

# LIÇÕES DE ANATOMIA

Manual de Esplancnologia

SANDRO CILINDRO DE SOUZA





# LIÇÕES DE ANATOMIA

Manual de Esplancnologia



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor

*Naomar Monteiro de Almeida Filho*

Vice-Reitor

*Francisco José Gomes Mesquita*



EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Diretora

*Flávia Goullart Mota Garcia Rosa*

Conselho Editorial

*Titulares*

*Ângelo Szaniecki Perret Serpa*

*Caiuby Alves da Costa*

*Charbel Ninõ El-Hani*

*Dante Eustachio Lucchesi Ramacciotti*

*Maria Vidal de Negreiros Camargo*

*José Teixeira Cavalcante Filho*

*Alberto Brum Novaes*

*Suplentes*

*Antônio Fernando Guerreiro de Freitas*

*Evelina de Carvalho Sá Hoisel*

*Cleise Furtado Mendes*

Apoio financeiro: FAPESB

**fapesb**   
Fundação de Amparo  
à Pesquisa do Estado da Bahia

Apoio cultural

Faculdades Adventistas da Bahia  
Universidade Federal da Bahia

Sandro Cilindro de Souza

# LIÇÕES DE ANATOMIA

Manual de Esplancnologia

Salvador  
Edufba  
2010

©2010, By Sandro Cilindro de Souza.  
Direitos de edição cedidos à EDUFBA.  
Feito o depósito legal.

Projeto Gráfico, Editoração Eletrônica e capa  
*Rodrigo Oyarzábal Schlabit*

Revisão  
*Magel Castilho de Carvalho*

Normalização  
*Normaci Correia dos Santos*

Digitação  
*Josiane Moitinho Araújo*

Imagens  
*Jessyga Tavares Soares*

Sistema de Bibliotecas– UFBA

---

Souza, Sandro Cilindro de.  
Lições de anatomia : manual de esplancnologia / Sandro Cilindro de  
Souza. - Salvador: EDUFBA, 2010.  
500 p.

ISBN 978-85-232-0686-4

1. Anatomia humana. 2. Visceras - Anatomia. I. Título.

CDD - 611

---



EDUFBA  
Rua Barão de Jeremoabo, s/n, *Campus* de Ondina,  
40170-115, Salvador-BA, Brasil  
Tel/fax: (71) 3283-6164  
[www.edufba.ufba.br](http://www.edufba.ufba.br) | [edufba@ufba.br](mailto:edufba@ufba.br)

## Agradecimentos

Meu reconhecimento a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a efetivação de *Lições de Anatomia*: a DEUS CRIADOR, arquiteto do corpo, a quem devo minha vida. Aos ensinamentos de JESUS CRISTO, referencial perene, meu ícone máximo. A *Arineide Tavares*, esposa querida, pela paciência constante. E a *Josiane Moitinho Araújo*, pela digitação primorosa.





# SUMÁRIO

PREFÁCIO .....	9
ASPECTOS HISTÓRICOS .....	11
CORAÇÃO .....	49
SISTEMA VASCULAR .....	93
SISTEMAS VASCULARES ESPECÍFICOS .....	123
APARELHO RESPIRATÓRIO .....	151
SISTEMA DIGESTÓRIO .....	199
TUBO DIGESTÓRIO .....	209
ÓRGÃOS ACESSÓRIOS DE SISTEMA DIGESTÓRIO .....	255
SISTEMA GENITURINÁRIO .....	285
APARELHO URINÁRIO .....	293
SISTEMA REPRODUTOR .....	331
APARELHO GENITAL MASCULINO .....	337
APARELHO GENITAL FEMININO .....	355
GLÂNDULAS ENDÓCRINAS .....	373

SISTEMA IMUNOLÓGICO .....	403
PELE .....	441
MAMAS .....	483
REFERÊNCIAS .....	497

## PREFÁCIO

O estudo do ser humano foi originalmente chamado de História Natural do Corpo (HNC). Era o registro de todas as informações sobre o organismo, incluindo morfologia, estrutura e funcionamento, que permitia ao cidadão comum aprender sem dificuldade. A HNC abrangia dados combinados de Anatomia e Fisiologia. Assim, a Anatomia se iniciou como abordagem holística.

Entretanto, os estudos de William Harvey (1578-1657) desencadearam um processo de cisão entre Anatomia e Fisiologia que dura até os nossos dias. Com a invenção do microscópio e o estabelecimento da histologia por Marcello Malpighi (1629-1694) e a descrição da célula por Robert Hooke (1635-1703) a estrutura da Anatomia como descrição da HNC foi abalada. A exploração do corpo se desviou para as pequenas partes; a tendência à divisão foi reforçada por concepções espiritualistas de filósofos como René Descartes (1596-1650). Desde então, a onda para a subdivisão e dissecação extrema se estabeleceu de modo autoproferativo.

A Anatomia moderna tem se esfacelado sob nome de diferentes especializações, como *Miologia*, *Osteologia*, *Esplancnologia*, *Neuroanatomia*, *Histologia* e *Embriologia*. Com a aquisição da ultramicroscopia a partir da década de 50, houve aumento dessa fragmentação. Desse modo, a Anatomia tem se reduzido a uma coleção de ramos de conhecimento e parece estar se desintegrando cada vez mais. A continuar esse caminho, a permanência da Anatomia como uma ciência que descreva plenamente o corpo pode tornar-se impossível.

*Anatomia* e *Histologia* estudam a forma sob diferentes aumentos e constituem, associadamente, a *Biomorfologia*. Muitas vezes uma estrutura biológica a ser analisada encontra-se no limite entre o macro e o microscópico; em outros casos, a concepção do visível requer a observação de minúcias que estão aquém da resolução do olho humano. Anatomia e Histologia necessitam de atuação conjunta para que possam oferecer uma ideia mais fidedigna do ser vivo.

A Biomorfologia, por seu turno, também não pode ser compreendida isoladamente. Resultado enfadonho, penoso e estéril é a tentativa de assimilar Anatomia como um fim em si mesmo. Biomorfologia e Fisiologia são abordagens distintas, porém complementares. Uma forma é sempre a imagem

plástica de determinada finalidade ou, de outro modo, a forma é a manifestação física de como determinado órgão funciona, é o funcionamento em repouso; já a Fisiologia é a morfologia na dinâmica de executar sua tarefa específica. Anatomia e Fisiologia são como corpo e alma, cara e coroa; Anatomia é a *aparência da essência*, e Fisiologia a *essência da aparência*. Removendo uma, a outra é anulada.

O objetivo principal desse trabalho é a fusão de saberes. Não pretendi esgotar cada tema discutido. Mediante a associação de informações obtidas dos principais tratados de Biomorfologia e Fisiologia usados pelo autor, bem como de conhecimentos adquiridos na prática do ensino, desejei produzir um texto novo, diferente e útil, e não uma mera reprodução de informações. Por conseguinte, *Lições de Anatomia* é um gesto de reavivamento do saber global; é um esforço de restabeler o trio original da HNC – *Anatomia, Histologia e Fisiologia* – como um meio de esclarecer nossa natureza e origem.

*Sandro Cilindro de Souza*

---

# ASPECTOS HISTÓRICOS

---

*É tão possível a um cirurgião que não conhece a Anatomia trabalhar no corpo de um homem sem erro quanto a um cego esculpir uma imagem perfeita.*

(Cláudio Galeno de Pérgamo)

A *Anatomia* é parte da Biologia que trata da forma e estrutura dos seres organizados. Dedicase ao estudo da aparência interna ou externa dos seres vivos, sobretudo através de métodos de corte e dissecação. Objetiva descobrir as causas que levam os órgãos a serem como são, e para tanto solicita ajuda de outras ciências como Embriologia, Biologia Evolutiva, Filogenia e Histologia.

Conforme seu campo de aplicação, a Anatomia se divide em *vegetal* e *animal*. A última divide-se em *descritiva* e *topográfica*. A Anatomia descritiva ocupa-se da descrição dos diversos aparelhos e subdivide-se em *Anatomia macroscópica* ou simplesmente *Anatomia*, a qual estuda a forma vista através do olho nu, e *Anatomia microscópica*, *Microanatomia* ou *Histologia*, que estuda a forma usando microscópio óptico ou eletrônico. A *Anatomia topográfica* estuda os sistemas contidos em cada região do corpo e as relações entre eles.

A Anatomia humana também pode ser classificada como *normal* quando analisa o organismo saudável, e como *patológica* ao interessar-se pelo ser vivo afetado ou processos mórbidos.

Sendo o mais antigo ramo da Medicina, a Anatomia é o conjunto de conhecimentos relacionados à saúde mais fortemente influenciado pela história. A começar pelo nome, derivado da palavra grega *anatomnein* – “cortar todo”, “cortar em pedaços”, “dissecar”, “desmembrar”. A palavra foi introduzida na nomenclatura científica pelo botânico Teofrasto (?-287a.C.), discípulo e sucessor de Aristóteles. O termo é inadequado no sentido de dissecação, porque esta representa apenas uma das técnicas de que a Anatomia se serve para a identificação de pormenores estruturais. Anatomia não é simples separação de partes do corpo inerte. Ocupa como ciência a posição exclusiva de estudar tanto o indivíduo vivo quanto o morto. Investiga a forma, estrutura e função de cada parte, esclarecendo a relação entre os diversos sistemas, em vez de dissecar exclusivamente. Por isso, *Biomorfologia* ou *Bioestrutura* seriam os melhores nomes para a ciência.

Nesta seção, abordaremos alguns dados históricos que podem explicar diversas características da Anatomia Humana atual.

---

## PERÍODOS DA ANATOMIA

---

A história da Anatomia remonta as mais antigas civilizações, onde rudimentares dissecações eram efetuadas para o entendimento da forma e função do corpo. As origens do estudo da Anatomia são obscuras e o seu desenvolvimento se fez de modo lento, ao longo dos seguintes períodos:

- **Primeiro período:** até a dissecação científica por Vesalius (1543);
- **Segundo período:** até o advento da fisiologia científica com William Harvey (1628);
- **Terceiro período:** até a demonstração da unidade da vida por Charles Darwin (1859);
- **Quarto período:** até os nossos dias.

---

## PRIMEIRO PERÍODO

---

### PRÉ-HISTÓRIA

O que se conhece sobre os humanos pré-históricos são conjecturas obtidas por meio de dedução lógica e a partir de informações extraídas de cavernas, de artefatos e de fósseis.

Na pré-história, possivelmente, se iniciou a ciência biológica mais antiga, uma espécie de anatomia comparada prática, baseada na simples observação das habilidades, limitações, forma e funcionamento de partes do corpo humano. O conhecimento era do tipo prático básico – informações necessárias para sobrevivência. Por meio de tentativas e erros, nossos antepassados foram descobrindo os órgãos vitais de suas presas e, usando comparações, identificavam paulatinamente as áreas vulneráveis de seus próprios corpos.

A decarnação de animais caçados foi uma fonte valiosa de informações anatômicas para os homens pré-históricos. Eles aprenderam que partes das vítimas poderiam ser usadas como alimento, utensílio ou vestimenta (por exemplo, que o couro servia como agasalho para sua pele escassa em pêlos). Os humanos também compreenderam que o sistema esquelético constituía um resistente arcabouço e que os músculos funcionavam para locomoção.

Desde cedo, os homens primitivos usaram as vantagens da rigidez óssea para a fabricação de ferramentas e armas. Eles sabiam que os seus próprios ossos poderiam fraturar e que a cura inadequada resultaria em maior ou menor debilidade. Notaram que um ferimento resultava em hemorragia e, se o sangramento fosse excessivo, a morte viria como consequência. Talvez eles também tenham percebido que um trauma craniano pudesse causar torpor em um animal. Obviamente, eles observavam diferenças anatômicas entre os sexos, embora não pudessem entender como a reprodução funcionava.

Inúmeros crânios trepanados que foram encontrados em sítios arqueológicos mostram sinais de reossificação, o que indica que muitos pacientes submetidos a este arriscado ato cirúrgico sobreviviam. A trepanação consistia na perfuração de um orifício na calvária, ou a remoção de uma porção de osso craniano. A trepanação era provavelmente usada como um ritual para afastar maus espíritos, ou para aliviar a pressão intracraniana em consequência de ferimentos na cabeça.

## CIVILIZAÇÕES ANTIGAS

Os primeiros relatos de estudos de Anatomia foram feitos por civilizações do antigo oriente médio. Os conhecimentos eram escassos e grosseiramente errôneos devido à influência do subjetivismo místico, o qual restringia a violação de cadáveres humanos. O conceito objetivo mais importante que nos é legado da ciência natural anterior a Hipócrates é o dos *Microcosmos*: “o homem, mundo pequeno, microcosmos” – disse Demócrito. Em sua constituição, a física do homem seria uma cópia abreviada do universo inteiro – o macrocosmo.

## MESOPOTÂMIA E EGITO

A *Mesopotâmia* é o nome dado à faixa de terra do Oriente Médio situada entre os rios Tigre e Eufrates, e atualmente forma grande parte do Iraque. Essa região é considerada como o berço da civilização, pois escavações arqueológicas e registros antigos demonstram que ela já era povoada antes de 4.000 a.C.

A maior parte das investigações das civilizações antigas representavam uma tentativa para descrever as forças básicas da vida. Alguns escritos cuneiformes da Mesopotâmia descreviam os órgãos do corpo que, segundo se pensava, continham a alma. O fígado, por exemplo, seria o “guardião da alma e dos sentimentos que nos fazem homens”. Esta era uma suposição lógica por causa do seu tamanho e de sua íntima associação com o sangue, que era considerado essencial para a vida.

No Egito, nenhuma tentativa conhecida era feita para realizar estudos anatômicos ou patológicos em cadáveres, já que embalsamar era um ritual religioso reservado para realeza e para os ricos a fim de prepará-los para uma vida pós-morte.

As técnicas egípcias de embalsamamento poderiam ter contribuído enormemente para a ciência anatômica se tivessem sido registradas. O embalsamamento teria propiciado cadáveres que poderiam ser dissecados, estudados e reestudados por longos períodos após a sua morte.

Aparentemente, os embalsamamentos não eram bem vistos pela população. Embalsamar era uma arte mística mais do que um ato técnico; como exigia uma certa mutilação do corpo do morto, era considerada um ato demoníaco; por isso, não raro, os embalsamadores eram perseguidos, apedrejados ou mortos. No entanto, os embalsamadores egípcios conseguiram aprender alguma coisa sobre Anatomia ao preparar as múmias. Foi estimado que mais de 70 milhões de corpos foram preservados dessa maneira.



Foram descobertos vários trabalhos escritos sobre a anatomia do Egito, mas nenhum deles influenciou as culturas que os sucederam. *Menes*, médico do rei durante a primeira dinastia egípcia, cerca de 3400 a.C. (até mesmo antes das pirâmides terem sido construídas), escreveu o que é considerado o primeiro manual em Anatomia. Escrituras posteriores (2300-1250 a.C.) tentaram uma sistematização do corpo iniciando pela cabeça e continuando no sentido descendente.

O mais antigo e completo registro de estudo da Anatomia humana conhecido está contido no *papiro Ebers*. Este papiro é também o mais antigo documento médico existente. Foi escrito em hierático, no Antigo Egito, em 1552 a.C. Atualmente, o papiro está em exibição na biblioteca da Universidade de Leipzig e foi batizado em homenagem ao egiptólogo alemão Georg Ebers, que os adquiriu em 1873. As 110 páginas do rolo contêm mais de 700 fórmulas mágicas e remédios populares para tratamento de diversos males, que vão desde unha encravada até mordida de crocodilo, e sortilégios para se livrar de pestilências como moscas, ratos e escorpiões. O papiro possui capítulos sobre doenças intestinais, helmintíases, oftalmologia, dermatologia, ginecologia, diagnóstico de gravidez, contracepção, odontologia e tratamento cirúrgico de abscessos, tumores, fraturas, queimaduras e dores de cabeça. O papiro também se refere a controle de natalidade e a doenças como *diabetes mellitus*, tracoma, filariose e artrite. O documento apresenta uma curta seção de psiquiatria, no qual descreve uma condição de grave desânimo que corresponde a nossa moderna definição de depressão. Na área de Anatomia, o papiro faz uma descrição precisa do sistema circulatório, mencionando a existência de vasos sanguíneos por todo o corpo e a função cardíaca como centro do suprimento sanguíneo. O documento sugere conhecimento de diversas outras vísceras, como baço, rins, ureteres e bexiga.

## ÍNDIA

Na Índia, *Susruta* (século VI a.C.), considerado o fundador da cirurgia plástica moderna, estimulava os médicos a estudarem o corpo humano por observação direta. Para burlar leis hinduístas, que permitiam a manipulação de cadáveres apenas para cremação, Susruta recomendava que um cadáver a ser estudado fosse inicialmente envolvido em um rolo de capim, colocado em uma jaula e jogado em um rio de águas calmas para permitir decomposição espontânea. Depois de sete dias, o corpo deveria ser resgatado e lavado com uma solução alcoólica feita de raízes de plantas para expor os tecidos mais profundos. Por este método, as vísceras poderiam ser descobertas sem uso de

instrumentos de corte, os quais eram proibidos pelas leis religiosas. Pelos seus estudos anatômicos, Susruta estabeleceu a teoria das *marmas*, descritos como pontos especiais no corpo onde traumas penetrantes poderiam causar lesões graves ou fatais.

## CHINA

Na antiga China, as teorias anatômicas também nasceram de especulação e dedução de pensamento em vez de observações diretas. Devido às doutrinas de *Confúcio* (551-479 a.C.), as disseções de cadáveres foram proibidas até o início do século XVIII. Até então, as ilustrações anatômicas se referiam apenas ao sistema vascular porque os chineses valorizavam a localização dos pulsos para o diagnóstico e estabelecimento do prognóstico de inúmeras doenças. Por sua relação com a acupuntura, os vasos e “canais”, reais ou imaginários, foram atentamente considerados pelos médicos chineses.

Como a cosmologia, o saber anatômico-fisiológico da antiga China ficou presidido pelo número cinco: cinco elementos básicos (ar, água, terra, fogo e madeira), cinco órgãos principais (coração, pulmão, rim, fígado e baço). A relação presente entre os órgãos é de amizade ou inimizade de acordo com seu papel na dinâmica do *Yin Yang*: o coração (fogo) tem seu inimigo, o rim (água) e seu amigo, o fígado (a madeira).

Até recentemente, o chinês manteve-se conservador em suas crenças e, por isso, as culturas ocidentais não foram muito influenciadas pelo saber da China. As maiores contribuições chinesas para a anatomia humana e para medicina ficaram praticamente restritas às técnicas de *acupuntura*.

A acupuntura é uma prática antiga que foi estabelecida para manter um equilíbrio entre o *yin* e o *yang*. Trezentos e sessenta e cinco pontos locais meridianos ou pontos vitais, correspondendo ao número de dias de um ano, foram identificados no corpo. Acreditava-se que as agulhas inseridas em locais especificados eliminavam humores prejudiciais e desobstruíam tecidos. A acupuntura ainda é praticada na China e passou a ser aceita por alguns médicos. Nas últimas décadas, o efeito analgésico do método tem sido documentado e usado eficientemente por anestesilogistas e fisioterapeutas.

## GRÉCIA

Na Grécia clássica, houve a maior contribuição ao desenvolvimento da Anatomia antiga. Os gregos encaravam a Anatomia de um modo mais racional que supersticioso ou religioso. Os conhecimentos de Anatomia derivavam

principalmente da prática de açougueirismo, de rituais de sacrifícios e de estudo de feridas de batalhas. Porém, as informações ainda eram limitadas porque as dissecações humanas eram raras devido a proibições determinadas por leis, tradições e preconceitos locais. Alcmeón, lutando contra estes obstáculos, realizou pesquisas anatômicas já no século VI a.C. (por isso muitos o consideram o “pai” da Anatomia). Entre 600 e 350 a.C., Empédocles, Anaxágoras, Esculápio e Aristóteles também se dedicaram a dissecações.

A genialidade dos filósofos gregos influenciou fortemente a cultura da época: os gregos simplesmente ficaram obcecados pela beleza física. Os jovens eram estimulados a ser atléticos e desenvolver as suas capacidades físicas até os 18 anos de idade, época em que eram encaminhados para as atividades intelectuais da ciência, retórica e filosofia. Esperava-se que durante o processo educacional o indivíduo recebesse orientação em todos os campos do conhecimento, e era natural que grandes e largos passos fossem dados nas ciências.

Talvez a primeira referência escrita sobre a anatomia das feridas ocorridas em batalhas seja aquela citada na *Iliada*, escrita por Homero, aproximadamente 800 a.C. Ele descreveu feridas claramente definidas – não o tipo que deveria ser encontrado em um campo de batalha. Isso levou à especulação que dissecações humanas já eram feitas durante este período e que as estruturas anatômicas já eram bem conhecidas. Vítimas de sacrifício humano podem ter servido como material para estudo e demonstração anatômica.

Dentre os estudiosos gregos, destacaram-se por suas contribuições Hipócrates, Aristóteles, Herófilo, Erasístrato e Galeno.

**Hipócrates.** Hipócrates foi bem disciplinado na popular *teoria humoral* de organização do corpo. Esta teoria reconhecia quatro humores no corpo, e cada um deles se associava com um órgão em particular: sangue com o fígado; cólera, ou bile amarela, com a vesícula biliar; fleuma com os pulmões; e melancolia, ou bile preta, com baço. Imaginava-se que uma pessoa com saúde teria um equilíbrio dos quatro humores. O conceito dos humores há muito tempo foi abandonado, mas dominou o pensamento médico durante mais de 2000 anos.

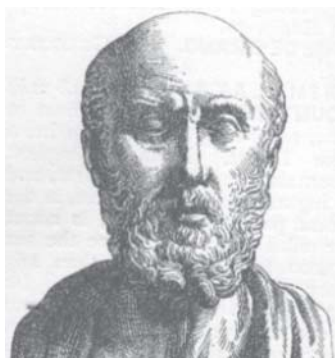
A visão hipocrática do sistema nervoso foi inovadora. Ficaram conhecidas as meninges e, na medula espinhal, se vê um prolongamento do cérebro. Os nervos foram confundidos com tendões e com os vasos. A alma foi considerada parte do corpo. Grosseiros erros anatômicos foram registrados, como, por exemplo, uma comunicação direta entre estômago e rim, entre a traqueia e as

vias urinárias. Tanto Hipócrates quanto Aristóteles imaginavam que o coração era a sede do intelecto.

Mais nomenativa que descritiva, a osteologia hipocrática foi relativamente satisfatória, sobretudo para a cabeça. A artrologia foi bastante precisa. Os músculos não foram bem distinguidos. Foram nomeados o estômago, o jejuno, o cólon, o reto, o peritônio, o mesentério, o baço, o rim, a bexiga urinária, os ureteres, a epiglote, a traqueia (mal distinguida do esôfago e dos brônquios). Aos pulmões foram atribuídos cinco lóbulos. O coração foi corretamente descrito.

Talvez, a maior contribuição de Hipócrates tenha sido o de atribuir causas naturais às doenças em lugar da desaprovação dos deuses. Sua aplicação lógica na Medicina foi o começo da Medicina de observação.

**Aristóteles.** O maior filósofo da sua época, Aristóteles (384-322 a.C.) não era médico. Ele estudava animais, lançando os fundamentos da Anatomia comparada moderna. Aristóteles escreveu o primeiro relato conhecido de embriologia, no qual descreveu o desenvolvimento do coração em um embrião da galinha. Denominou a aorta e diferenciou as artérias das veias.



**Figura 1** - Considerando naturais as causas das doenças, Hipócrates desvinculou a Medicina do misticismo.

**Fonte:** <<http://pt.wikisource.org/wiki/Autor:Hip%C3%B3crates>>

Dois de seus trabalhos, *De partibus animalium* (*Partes de Animais*) e *Historia animalium* (*História de Animais*) constituem notáveis investigações anatômicas. Estes trabalhos podem ter lhe feito afirmar que a mão é um dos três elemen-

tos, juntamente com o raciocínio e a fala, que diferem o homem como *animale nobile*. Assim como Hipócrates, o conhecimento de Aristóteles era comparativo, sendo obtidos a partir de dissecação de animais inferiores.

Aristóteles acreditava que os vasos sistêmicos intercomunicavam todo o corpo. Ele afirmou: “o cérebro... na grande maioria dos animais... tem um pequeno oco no centro”. Esta parece ser a primeira descrição das cavidades ventriculares encontradas no encéfalo.

Apesar de suas extraordinárias realizações, Aristóteles perpetuou algumas teorias erradas relativas à anatomia. Por exemplo, a doutrina dos humores constituía os limites do seu pensamento. Platão tinha descrito o cérebro como o “assento do sentimento e do pensamento”, mas Aristóteles discordou. Ele colocou a sede da inteligência no coração e comentou que a função do cérebro, banhado em líquido, era resfriar o sangue que tinha sido bombeado pelo coração mantendo assim a temperatura do corpo.

**Herófilo e Erasítrato.** A despeito do preconceito contra as dissecações, os gregos não se opunham a elas desde que fossem praticadas em suas colônias, especialmente na famosa cidade egípcia de Alexandria, onde uma escola de Medicina já existia há séculos (332 a.C.). Nessa cidade, dois anatomistas, Herófilo (350-280 a.C.) e Erasítrato (310-250 a.C.) estavam entre os pioneiros a dissecar corpos humanos.

Herófilo é considerado o “açougueiro de homens”, pois ele praticava vivissecação em criminosos da prisão real. Estima-se que ele esfolou vivos mais de 6000 seres humanos, muitas vezes em demonstrações públicas (“Sem dúvida, o melhor método para aprender”, escreveu Celsus, aprovando). Embora cruel, esse método dava à Anatomia uma base realmente concreta.

Herófilo analisou o olho, crânio e o cérebro, identificando o último como o centro do sistema nervoso e a sede da inteligência; descreveu as meninges, cerebelo e 4º ventrículo; distinguiu os nervos motores dos sensitivos; demonstrou que a aorta e artérias continham sangue e não ar; identificou e nomeou o duodeno; descreveu os vasos linfáticos do intestino. Após Herófilo, o estudo da Anatomia tornou-se mais descritivo do que especulativo.

Herófilo foi o primeiro a dissecar cadáveres com o propósito de caracterizar o percurso da doença – as primeiras necrópsias conhecidas – e foi talvez o primeiro cientista que estudou sistematicamente a Anatomia humana. Pouco se sabe sobre a sua vida e seus escritos; seus livros, *Sobre Anatomia* (de três volumes) e *Dos olhos*, foram destruídos juntamente com a Biblioteca de Alexandria. Além das descrições anatômicas, outra contribuição importante

de Herófilo e Erasístrato, deixada na Faculdade de Alexandria, foi um par de esqueletos completos montados. Esses esqueletos foram provavelmente os primeiros destinados para o estudo da osteologia. Estes ossos persistiram séculos, durante os quais serviram de referencial para gerações de médicos. A despeito das evidentes contribuições de Herófilo e Erasístrato, muitas delas foram eclipsadas pelos trabalhos de Galeno.

Erasístrato era um jovem contemporâneo de Herófilo. Ele interessava-se mais pelas funções do corpo do que pela estrutura e frequentemente é chamado o pai da Fisiologia. Erasístrato estudou especialmente o sistema nervoso e o circulatório. Embora alguns de seus escritos fossem cientificamente precisos, ele também teve noções primitivas e místicas. Por exemplo, ele acreditava que os músculos se contraíam porque eram distendidos pelos espíritos; que as veias tinham sangue e artérias continham ar – *a alma* (à qual ele denominou *spiritus vitalis*) – e suspeitou que os ramos terminais das artérias e veias eram ligados por tubos menores, que estavam fora dos limites da visibilidade. Erasístrato foi o primeiro a afirmar que as veias, à semelhança das artérias, faziam centro no coração, não no fígado; descreveu o coração e suas cavidades e válvulas; identificou e nomeou a valva tricúspide.

Herófilo e Erasístrato criam no cérebro como centro da alma. Herófilo resgatou os conceitos de Platão sobre os três componentes da função mental e os localizou nos ventrículos. Ele situou a alma no quarto ventrículo e o “espírito animal” (sistemas motor e intelectual) no próprio cérebro.

## IMPÉRIO ROMANO

Os documentos científicos que foram preservados do Império Romano são principalmente compilações de informações obtidas dos estudiosos gregos e egípcios. Informações anatômicas novas eram escassas, e em sua maior parte se referiam mais a disseções de animais do que de seres humanos. Dois anatomistas romanos importantes foram *Celsus* e *Galeno*.

**Celsus.** A maior parte do que se conhece sobre a escola médica da Alexandria baseia-se nas escrituras do enciclopedista romano *Cornelius Celsus* (30 a.C.”30 d.C.). Ele compilou estas informações em um trabalho de oito volumes chamado *De re Medicinae*. Contudo, Celsus teve influência apenas limitadas em seu próprio tempo, provavelmente por causa do uso do latim em lugar do grego. O enorme valor de sua contribuição não foi reconhecido até o Renascimento.

**Galeno.** O mais influente escritor médico de todos os tempos foi o grego *Cláudio Galeno de Pérgamo* (131-201 d.C.). Ele aperfeiçoou seus estudos anatômicos em Alexandria. Treinado em várias escolas médicas, Galeno foi influenciado pela biologia de Aristóteles e pela prática de Hipócrates. Ele compilou quase 500 documentos médicos (dos quais 83 foram preservados) desde obras antigas de outros autores, como também de seus próprios estudos pessoais, e perpetuou o conceito dos humores do corpo e deu explicações abalizadas sobre quase todas as funções do corpo. Trabalhando na península itálica, Galeno propagou seus ensinamentos usando a vasta influência do Império Romano. Suas observações anatômicas dominaram a ciência médica por 1400 anos, da era romana até a Renascença.

Como a dissecação humana era proscrita, Galeno não dissecava cadáveres humanos, mas humanizava por analogia, talvez a causa de seus erros anatômicos. Em seres humanos, Galeno aproveitava para fazer pesquisas observando feridas profundas ou estudando cadáveres indigentes encontrados fortuitamente.

Seus tratados nos oferecem descrições detalhadas de dissecações realizadas em macacos, porcos, cães e ursos. Foi o pioneiro da fisiologia experimental, demonstrando que o coração de um porco continuava batendo quando os nervos espinais eram seccionados, de forma que os impulsos nervosos poderiam não alcançar o coração; e mostrou que os guinchos de um porco cessavam quando o nervo laríngeo recorrente que inerva as cordas vocais era cortado. Galeno também amarrou o ureter em uma ovelha, provando que a urina era produzida no rim, não na bexiga urinária, como se afirmava erradamente. Além disso, constatou que as artérias continham sangue em lugar de ar e que estavam em comunicação com as veias por intermédio de uma substância cuja natureza não se revelava (hoje se sabe serem os capilares sanguíneos). O aparelho genital masculino e o feminino foram por ele descritos de maneira magistral.

Galeno demonstrou experimentalmente que o cérebro, e não o coração, era o sítio do movimento, sensação e inteligência. Apesar de não localizar exatamente as funções em regiões cerebrais específicas, parece que ele cria que essas funções estavam na própria substância cerebral em vez de nos ventrículos.

Galeno dedicou a maior parte de seus esforços para o estudo das mãos humanas. Em seu livro *De ossibus ad tirones* (*Sobre ossos para iniciantes*), usou uma nomenclatura anatômica que incluía termos como *epífise*, *apófise*, *falange*, *metacarpo* e *carpo*, embora tais palavras não tenham sido criadas por ele.

Aos 28 anos, Galeno se tornou cirurgião de gladiadores e propôs com sucesso novos tratamentos para lesões tendinosas e neurais. Ele reconheceu que ‘tendões são envolvidos por bainhas que os protegem de lesões por atrito contra ossos’. Também documentou a separação dos tendões flexores superficiais dos profundos. ‘O tendão superficial’, afirmou, ‘move a falange média, enquanto que o tendão profundo move não apenas a falange distal, mais também todo o dedo. Os tendões profundos, assim, são mais importante que os superficiais, pois se um tendão superficial for lesado, um tendão profundo intacto é suficiente para função plena do dedo.’ (SHIN; MEALS, 2005, p. 211, tradução minha)

No entanto, Galeno acreditava que os tendões eram a associação entre nervo e ligamento, uma vez que os tendões penetravam no músculo e terminavam como uma corda branca. Segundo Galeno, os músculos da mão e do antebraço eram argumentos irrefutáveis dos desígnios da Natureza e que o homem constituía o apogeu destes desígnios.

Galeno de certa forma previu os transplantes, notando que o coração continuava a bater quando retirado do corpo (nos sacrifícios).

Dos seus escritos, muitos se perderam, restando, entretanto, 59 publicações sobre Anatomia. Muito do que sabia e escreveu sobre ossos e articulações ele aprendeu em Roma, com seu mestre Marinus. A morfologia grega do corpo humano alcançou seu definitivo cume sistemático na obra de Galeno.

Dois princípios fundamentais regiam a ideia descritiva de Galeno: convicção de que a natureza faz sempre o mais adequado e confiança na capacidade da razão para conhecer como verdade essa adequação. Como por natureza o homem é, segundo Aristóteles, “um animal dotado de fala e razão”, a missão própria do sábio consistirá em descrever aquele corpo de modo mais específico que sua física, utilizando a razão. Daí a ordem das descrições anatômicas de Galeno e a especial estrutura do índice de suas grandes obras: antes de tudo, a mão e o braço, porque a mão é “instrumento dos instrumentos”, “o instrumento necessário para todas as artes”, o agente instrumental para o governo racional do mundo, que o homem entre todos os animais é o único a exercitar. Em continuação, o pé e a perna, porque os dois permitem a bipedestação e, portanto, a existência de uma mão anatômica e funcionalmente humana; em terceiro lugar a cobertura osteomuscular das três grandes cavidades do corpo: a abdominal, a torácica e a cefálica, com o adequado estudo dos órgãos que elas alojam; e por fim as veias, as artérias e os nervos, vias para a sustentação das partes do corpo e para a comunicação entre elas. Galeno, em suma, se



propôs a descrever o corpo do animal humano na plenitude de seu específico movimento vital.

Galeno também admitiu e demonstrou que as artérias contêm sangue e que estão em comunicação com as veias por intermédio de uma substância cuja natureza não se revelava (hoje se sabe serem os capilares sanguíneos). O aparelho genital masculino e o feminino foram por ele descritos de maneira magistral. Foi também o pioneiro da fisiologia experimental.

Quando em nosso século tenta-se fazer uma Anatomia funcional, de algum modo isso ressuscita a ordem descritiva de Galeno. Ele praticou o método da descrição particular com uma profunda convicção teleológica. O baço, por exemplo, está onde está, é como é porque assim convém aos fins da natureza humana e para esses fins serem mais bem cumpridos. Galeno distinguiu os nervos motores dos sensitivos e descreveu sete nervos cranianos. Depois de Galeno, os homens passaram a estudar mais nos livros do que na própria natureza.

O escolasticismo fez de Galeno e Aristóteles autoridades absolutas. A ditadura do dogma de Galeno reinou na Medicina por quinze séculos. A dialética metafísica dominava soberana sobre a exploração do corpo. Em algumas universidades européias, foi proibida a pesquisa, sendo punidos aqueles que discordassem dos ensinamentos de Galeno. Em 1559, por exemplo, o colégio real de Medicina de Henrique VIII quase liquidou um homem de Oxford que ousou duvidar da infalibilidade galênica. Embora os escritos de Galeno no começo do primeiro milênio tenham sido extraordinariamente importantes para a Anatomia e a Fisiologia, Galeno introduziu também numerosos erros que não foram corrigidos até a Renascença. Galeno já afirmava que um médico sem Anatomia era um arquiteto sem um plano.

## **IDADE MÉDIA**

A erupção do conhecimento a partir da cultura grega quase parou na idade média. A destruição da biblioteca de Alexandria extinguiu a maior fonte de conhecimento do mundo antigo. Porém, nem tudo se perdeu. A cultura islâmica preservou os escritos dos gregos e os traduziu para várias línguas árabes. Teólogos cristãos dos séculos IV e V, como Nemésio, bispo de Emésia, e Agostinho (354-430 d.C.), começaram a unificar os pensamentos de Aristóteles e de Platão dentro de um sistema que unia os conceitos gregos com a fé cristã.

Após a conquista árabe sobre Alexandria (642 d.C.) muitos textos gregos foram tomados, traduzidos e estudados. Desse modo, os conhecimentos mé-

dicos antigos foram preservados durante a Idade Média, embora pouca informação adicional tenha sido acrescentada ao que já se sabia. Sob o Islã, entretanto, o maior obstáculo ao progresso da Anatomia permaneceu sendo a proibição de dissecação de cadáveres.

O persa *Ibn Sina*, que ficou conhecido no ocidente como Avicena (980-1037 d.C.), organizou e sistematizou os conhecimentos de Aristóteles, Hipócrates e Galeno em um compêndio de Medicina, em uma obra monumental que ficou conhecida como *Canon*. Este foi publicado pela primeira vez somente em 1492 e é uma combinação de conhecimentos médicos islâmicos e gregos. O *Canon* foi o primeiro livro médico a indicar a reparação de tendões em uma época em que esse tratamento era erroneamente contraindicado.

A tradução do livro de Avicena e de outros escritores árabes, tais como *Hali Abbas* (?-970 d.C.), foi o principal conduto pelo qual o pensamento grego chegou aos países ocidentais nos séculos XI e XII.

Na Idade Média, a igreja cristã também se opunha à dissecação. Um decreto papal, que proibia o retorno à Europa dos Cruzados que haviam cremado os ossos de seus confrades mortos em batalha, foi zelosamente extrapolado para todo tipo de dissecação. A cirurgia cessou e passou a ser apenas motivo de retórica.

A tendenciosidade era um dos grandes problemas dos anatomistas da Idade Média. Nesta época, foi atribuída autoridade excessiva às teorias de Galeno, que incluía errôneas transposições ao homem de observações feitas em animais. Durante as dissecações, os médicos simplesmente liam os livros gregos e tentavam descrever o que viam do mesmo modo que os gregos acreditavam que deviam ser. Podiam ter verificado que os gregos estavam errados em diversos aspectos – por exemplo, que havia um buraco no coração –, mas insistiam em acreditar cegamente nos livros e não em seus próprios olhos. Esse fato, somado aos preconceitos éticos e religiosos que consideravam sacrílega a dissecação de cadáveres, retardavam o aparecimento de uma Anatomia científica.

Os primeiros representantes oficiais do cristianismo eram contra os médicos, pois eles interferiam no assunto da morte. Para os clérigos, a causa da doença era o pecado, e o seu tratamento era a oração, jejum e o arrependimento. Os santos dirigiam o corpo, que era considerado sagrado, e a dissecação era proscrita (os muçulmanos continuam com essa crença). As dissecações tinham de ser feitas em locais ocultos, repugnantes e escuros. Ademais, os homens encaravam o cadáver com temor supersticioso. Havia a crença na vida após a morte e inquietante dúvida sobre a ressurreição do corpo. Todo

este contexto sufocante tornava as disseções perigosas e escassas, o que atrasava surgimento de uma Anatomia baseada em evidências reais. Por isso, diz-se que a Anatomia estava morta e que a Medicina nasceu morta. Infelizmente, a religião distorcida oferecia meios valiosos para lançar sobre os ombros do homem auto-afirmativo o peso de Alguém mais importante do que ele. A igreja medieval oferecia esperança, consolo, orientação e humildade. Porém, ela atrapalhou a medicina durante quinze séculos.

Quando a primeira escola europeia de medicina foi fundada em 1235, na cidade italiana de Salerno, o conhecimento era obtido a partir de fontes árabes baseadas em Galeno e as disseções ainda eram restritas a animais. Isso continuou até o século XIV, quando as leis eclesiásticas começaram a ser relaxadas. Em 1303, a primeira necrópsia por ordem judicial foi executada em Bolonha, e disseções públicas anuais (geralmente realizadas em cadáveres de criminosos executados – “anatomia penal”) foram legalizadas em Veneza, Florença e Montpellier.

O clima geral do Renascimento favoreceu o progresso dos estudos anatômicos. A redescoberta de textos gregos conservados pelos islâmicos e a influência dos pensadores humanistas levaram a Santa Sé a ser mais condescendente com a dissecação de cadáveres. O edito de Frederico II, obrigando a escola de Nápoles a introduzir em seu currículo o treinamento prático de Anatomia (1240), foi decisivo para o desenvolvimento dessa ciência. Cerca de meio século mais tarde, surge o mais importante “restaurador da Anatomia da Idade Média”, Mondino De’Luzzi (1275-1326). Ele estudou na universidade de Bolonha, onde passou a lecionar em 1306 e produziu, em 1316, uma tese de quarenta pequenas páginas, denominada *Anothomia*. O trabalho é uma dissecação manual prática. Mondino conhecia os escritos de Galeno, Aristóteles e Avicena e retirou extensivamente informações de fontes árabes para sua tese. Ele realizou disseções pessoalmente. Seu método foi um modelo para gerações de médicos, anatomistas e pintores (como Leonardo da Vinci). Em climas quentes, como o da Itália, e na ausência de métodos para preservar o corpo, as disseções eram feitas às pressas em quatro dias. O primeiro dia incluía a dissecação do abdome, o segundo, do tórax, o terceiro, da cabeça e o quarto, das extremidades. A cabeça era sistematicamente estudada desde o couro cabeludo às porções profundas do cérebro até a base do crânio. Esse livro proporcionou uma grande retomada do estudo do corpo humano e todas as pesquisas de Anatomia que se seguiram foram fortemente baseadas no livro de Mondino.

Apesar das dissecações terem se disseminado durante o século XV, o progresso das ilustrações anatômicas era irrisório. As figuras eram toscas e, assim,

inúteis como ferramentas de ensino. Os desenhos mostravam precariamente a localização, limites, contornos e inserções musculares. As representações eram propositalmente vagas para perpetuar a hegemonia galênica. Além disso, não havia interesse, por parte dos médicos, do conhecimento de outras regiões do corpo além daquelas usadas para a prática da sangria, modalidade comum de tratamento na Idade Média.

A invenção da imprensa em torno de 1450 representou um dos mais monumentais avanços da história das civilizações. Por meio dela, muitos textos médicos puderam ser publicados, mas poucos traziam desenhos. O *De re anatômica*, de Celsus, redescoberto durante o Renascimento, foi o primeiro autor médico a ser publicado pela imprensa. Entre os primeiros livros de Anatomia a serem impressos estava o de Jacopo Berengario de Carpi, professor de cirurgia de Bolonha. O primeiro texto médico impresso ilustrado com algum significado foi *Ketam's fasciculus medicinae*. A versão italiana, publicada em Veneza em 1491, que traz como autor Johannes De Ketham, parece ter sido um plágio de um trabalho produzido em 1460 por um professor vienense de Medicina chamado Johannes von Kirchleim. *Ketam's fasciculus medicinae* foi o primeiro texto médico impresso a conter xilogravuras de dissecação e de prática médica, e incluía o *Anathomia*, de Mondino. A primeira figura de um esqueleto humano foi impressa em 1493 por Richard Helain, da cidade de Nurembergue.

## RENASCENÇA

O Renascimento caracterizou-se pelo desenvolvimento explosivo da arte, literatura e ciência, incluindo a Anatomia. Esta revolução foi introduzida nas grandes universidades européias estabelecidas em Bolonha, Salerno, Pádua, Montpellier e Paris. A primeira dissecação humana registrada nestes centros de ensino foi obra do cirurgião William de Saliceto (1215-1280) da Universidade de Bolonha.

O interesse dos artistas renascentistas pelo estudo da Anatomia ocorreu especialmente no norte da península itálica. A aquisição da perspectiva possibilitou uma representação tridimensional mais realista das estruturas do corpo humano. Os artistas eram, em sua maioria, anatomistas, aprendendo a forma do corpo humano com objetivo de aprimorar suas habilidades de composição. Em seu empenho para entender os movimentos do corpo humano, artistas do século XV e XVI buscaram intensamente estudar sua estrutura. A arte da renascença, não satisfeita em copiar a nudez grega, encorajava a dissecação anatômica para melhor reproduzir o corpo. Foram criados cursos que incluí-

am rotineiramente o estudo da morfologia humana, não somente para formas da superfície corpórea, mas também para as estruturas de suporte. Em nenhum outro lugar essa prática foi mais favorecida que na Toscana.

Além de geometria e perspectiva, as proporções humanas foram estudadas minuciosamente por pintores florentinos. A Academia de Arte da Florença foi a primeira a instituir obrigatoriamente o curso de Anatomia, no qual os estudantes copiavam observando diretamente cadáveres e esqueletos. Os mais ousados artistas realizavam dissecações pessoalmente, enquanto que a maioria participava de dissecações públicas realizadas por médicos; estas práticas eram acompanhadas por leitura e discussão de textos de Medicina.

O saber anatômico progredia de modo espetacular desde a segunda metade do século XV. Vários fatores contribuíram para isso: a fome de experiência pessoal que desde a baixa da Idade Média estava crescendo nas melhores mentes europeias; a ideia tão característica do Renascimento de que a contemplação do desnudo e o cultivo do saber anatômico devem ser para o artista “princípio e fundamento de tudo”. Nesse período, houve contribuições magníficas dos artistas que buscavam representações exatas do corpo. Dissecações foram feitas por Leonardo da Vinci, Albrecht Dürer (1471-1528), Michelângelo e Rafael (1483-1520).

Durante os séculos XIV a XVII, a Anatomia atingiu uma aceitação inigualável e foi incluída como componente obrigatório no currículo médico. Em muitos aspectos, a Anatomia passou a ter um papel teatral. Durante o século XVI, se iniciaram as primeiras dissecações públicas em *teatros anatômicos*. Estes ambientes foram fortemente frequentados até o século XVII. Como o interesse em dissecação crescia substancialmente, os artistas italianos fundaram a Sociedade Florentina de Médicos e Apotecários. O entusiasmo generalizado no estudo de cadáveres persistiu até o século XVII, quando as academias ficaram lotadas de esqueletos e textos ilustrados de Anatomia se tornaram amplamente disponíveis.

Alessandro Benedetti (1450–1512), professor prático de Anatomia em Pádua, em seu livro *Anatomiae sive historiae humani corporis, libri quinque* (1493), defendeu a necessidade de dissecações anatômicas para a formação de médicos e propôs a construção de teatros anatômicos permanentes como alternativa a teatros de madeira provisórios, comuns na época. Segundo Benedetti, o *teatro anatômico* (o nome provavelmente se refere ao espetáculo proporcionado pela demonstração pública das entranhas do defunto) deveria ser amplo e ventilado, com assentos dispostos em círculos, como os do coliseu romano, permitindo a acomodação de muitos expectadores sem incomodar

os movimentos do *Maestro* (cirurgião). Dois porteiros impediam a entrada de qualquer indivíduo sem permissão. Dois guardas coletavam dinheiro da plateia para a aquisição de instrumentos de dissecação. O cadáver era posto em uma mesa no centro do teatro, e os instrumentos em outra, próxima à primeira. O mais famoso teatro anatômico, o qual seguia as especificações de Benedetti, foi construído no século seguinte, em Pádua, por Gerolamo Fabrizio D'Acquapendente (1533-1619). Os ingressos de admissão para os teatros eram vendidos a preços exorbitantes, e as dissecações eram executadas por elegantes anatomistas e que também eram esplêndidos oradores. Os cadáveres eram, em geral, de prisioneiros executados, e as exibições eram marcadas durante o tempo frio por causa da natureza perecível dos cadáveres.

Os processos de conservação dos cadáveres eram precários, e o cheiro de cadáveres pútridos constituía um problema persistente. Os professores de Anatomia proferiam suas aulas de cátedras um pouco distante do local do corpo. A frase “Eu não devo tocá-lo com uma vara de 10 pés” provavelmente originou-se durante esse tempo em referência ao cheiro de um cadáver em decomposição.

Na Europa renascentista, a mão foi reverenciada como a mais perfeita criação de DEUS. O mais eloquente testemunho desta atitude foi ilustrado pela obra-prima de Rembrandt van Rinj denominada de *A lição de Anatomia do Dr Nicolaas Tulp* (1632). Neste quadro, o eminente cirurgião holandês que descreveu o defeito congênito da coluna conhecido como espinha bífida aberta, permanece rodeado por estudantes, dando uma aula sobre os músculos e tendões antebraquiais (figura 2).



**Figura 2** - Aula de Anatomia do Dr. Nicolaas Tulp.

**Fonte:** Shin e Meals (2005, p. 210)

**Leonardo da Vinci.** Leonardo da Vinci (1452-1519) foi o primeiro artista-pesquisador em Anatomia. Ele detalhou em seus esboços diversas estruturas do corpo humano, especialmente músculos, nervos e vasos sanguíneos.

A fina arte da ilustração começou com esse mestre do Renascimento. Suas disseções e dissertações sobre o corpo humano, observações sagazes e desenhos notavelmente precisos com toda a probabilidade inspiraram o restaurador da Anatomia, o jovem Andreas Vesalius (1514-1564), cuja grande obra foi publicada 24 anos após a morte de da Vinci.

Quando jovem, Leonardo participava regularmente de disseções de cadáveres e pretendia publicar um texto de Anatomia com o professor de Pavia Marcantonio della Torre. A morte prematura de della Torre na idade de 31 anos suspendeu os seus planos. Quando Leonardo morreu, suas notas e esboços se perderam e não foram descobertos por mais de 200 anos. O progresso da Anatomia teria sido antecipado por muitos anos se os cadernos de Leonardo estivessem acessíveis para o mundo na época de sua morte.

Frequentemente Leonardo usava o recurso de representar uma parte do corpo como se estivesse sendo vista de cima ou de baixo. Músculos foram representados em camadas, mostrando claramente suas inserções e forma. Leonardo foi o primeiro a usar desenhos de cortes de estruturas anatômicas. Infelizmente, suas numerosas figuras não foram publicadas até o início de século XIX e não receberam tanto reconhecimento quanto as de seu contemporâneo, Vesalius.

Leonardo começou fazendo medições de músculos e se tornou um exímio anatomista, chegando a realizar trinta necrópsias, mais de setecentos e cinquenta desenhos anatômicos e cento e vinte cadernos de apontamentos sobre Anatomia. Muitos dos seus achados foram confirmados pelos anatomistas que vieram depois.

Um dos esboços mais inovadores de Leonardo, denominado “desenho do coito”, mostra um casal cortado sagitalmente durante a cópula; estão de pé e vê-se o pênis profundamente inserido na vagina, com nervos vigorosos transmitindo impulsos para a medula espinhal do homem, seu coração bombeando o sêmen para fora do escroto por um longo tubo espinhal e o útero da mulher ligado ao mamilo. Em detalhe há um pênis cortado como uma linguiça mostrando corretamente as cavernas esponjosas inundadas de sangue durante a ereção. A outra ilustração em detalhe representa a genitália feminina, lembrando a robustez da entrada de uma catedral.

Em uma busca pessoal para a localização da alma, da Vinci fez importantes estudos no segmento craniofacial humano. Nesse campo, suas pesquisas podem ser divididas em três fases.

A primeira fase (1487-1489) se caracterizou por tentativas de representar graficamente informações contidas em livros já publicados na época (Avicena, Albertus Magnus, Mondino e o cirurgião francês Guy de Chauliac). Nesta fase, Leonardo tentava decifrar o funcionamento da visão e da perspectiva com propósitos artísticos. Ele começou esses estudos com um experimento em um sapo, constatando que a perfuração de medula vertebral do anfíbio logo abaixo do forame magno causava a morte instantânea do animal. Como Leonardo cria que a alma existia e era essencial à vida, ele concluiu que a mesma deveria se localizar no cérebro. Nessa primeira fase de seus estudos, usando representações bidimensionais similares às existentes no livro *Timaeus*, de Platão, Leonardo descreveu pela primeira vez o seio frontal. Satisfeito com seus achados, Leonardo partiu para localizar exatamente a alma no cérebro.

A segunda fase iniciou em 1489 e envolvia tentativas pessoais de localizar o *sensus commune*. A publicação, em 1493, da edição italiana do *Ketham's Fasciculus Medicinae* adicionou importantes dados para as explorações de Leonardo. Sua pesquisa enfocava a forma do olho e nervo óptico, e culminou com a obtenção de detalhados desenhos tridimensionais do crânio humano, graças ao uso pioneiro, por Leonardo, de técnicas de desenhos de transparência, ampliação e de porções de esqueleto cortados. Nessa fase, Leonardo descobriu o seio maxilar.

A terceira fase (1508-1514) envolveu investigações sobre os ventrículos cerebrais e órgãos fora do sistema nervoso. Leonardo aplicou seus conhecimentos de pintura e escultura para modelar a forma dos ventrículos cerebrais em um boi. Essa época assinalou o pináculo das habilidades de pesquisa de Leonardo. Usando dados obtidos em seus estudos prévios, ele sintetizou as informações descobertas para construir conceitos mais definitivos. Intrincadas representações gráficas mostrando o nervo e o quiasma ópticos, os nervos olfatórios e as relações da base do crânio com a face foram ilustradas em uma forma tridimensional. O conceito arquitetônico de mostrar partes distantes de uma mesma estrutura, desenhadas próximas uma das outras, foi usada pela primeira vez nessa fase das pesquisas de Leonardo.

Antes de sua morte, Leonardo começou um grande número de estudos anatômicos sobre diversos tópicos da vida humana. Em um dos mais interessantes deles, o artista representou com grande precisão um feto humano, envolvido por membranas amnióticas, corretamente acomodado em posição pélvica dentro do útero. Continuamente embalado pela ideia da existência de uma alma, ele comentou sobre esse trabalho:



Uma mesma alma governa estes dois corpos [mãe e feto]; e os desejos, temores e sofrimentos são comuns a estas criaturas [...]. (Cf. DEL MAESTRO, 1998, p. 883)

**Michelângelo.** Michelângelo Buonarroti (1475-1564) dedicou pelo menos doze anos de intenso estudo de Anatomia realizando disseções pessoais. A combinação do prolífero período de conhecimento da Renascença, de uma vida longa de interesse por Anatomia e de uma genialidade inimitável, fizeram de Michelângelo um dos gigantes do estudo da Anatomia de todos os tempos.

Michelângelo participava de dissecações públicas desde a sua juventude, possivelmente sob a tutela de Elia del Medigo, médico-filósofo, membro do Círculo de Lorenzo de Médicis, do qual Michelângelo fazia parte desde a adolescência. Neste ambiente, teve amplo acesso a textos médicos, disseções e necrópsias. Tendo se graduado aos 18 anos, Michelângelo começou a fazer suas próprias dissecações e exposições. Ele fabricava moldes de músculos e partes do corpo em várias posições para experimentar em seus desenhos e esculturas, resultando em suas magníficas obras. Esse talento é evidente em *O Juízo Final*, um dos painéis que decoram o teto da Capela de Sistina. Esta composição tem sido considerada como a mais perfeita e proporcional representação do corpo humano em suas mais variadas posições.

O desejo dos artistas de estudar pessoalmente Anatomia se tornou uma mania nos tempos de Michelângelo. Isso pressionou o clero a ser mais condescendente; a Igreja fazia objeções, mas começou a permitir dissecação de cadáveres de condenados. Posteriormente, a permissão para a dissecação sem distinções foi dada por um ex-estudante de Medicina de Bolonha, o Papa Sixtus IV (1471-1484). Entretanto, a população reteve preconceitos religiosos e não disponibilizava corpos; estes eram obtidos em geral através de furtos ou doações da Igreja.

Michelângelo começou suas disseções em 1492 em corpos que aguardavam enterro no mortuário do Monastério do Espírito Santo, após subornar o diretor do local, o frade Niccolo Bichiellini, com um crucifixo de madeira. Diz-se que certa feita Michelângelo dissecou o cadáver do jovem Corsini, cuja influente família procurou vingança posteriormente, aproveitando o caos que se seguiu à queda da República de Florença em 1530. Problemas como esse devem ter obrigado o artista a abandonar as disseções após quase uma década de empenhado trabalho. Seus interesses ressurgiram mais tarde, quando ele se estabeleceu como um pintor sacro, escultor e arquiteto. Aos

setenta anos, Michelângelo cogitou a possibilidade de publicar dois livros de Anatomia, um como autor, para artistas, e outro como co-autor, para estudantes de Medicina.

O interesse de Michelângelo em Anatomia está expresso na pintura de *O Juízo Final*. Ele representou destacadamente, ao lado esquerdo de JESUS, a figura de um discípulo obscuro, São Bartolomeu, o qual segura na mão esquerda uma pele dissecada em monobloco, e na direita um escalpelo. Essa representação era possivelmente uma mensagem subliminar. Na busca da bênção da Igreja para a dissecação, São Bartolomeu tinha sido adotado como padroeiro pelos açougueiros, anatomistas e artistas da Renascença.

O mestre Realdo Colombo foi um excepcional médico e anatomista. Tendo se graduado em Pádua em 1540, foi inicialmente nomeado assistente de Vesalius, sucedendo-o na cadeira de Anatomia em 1543. Nesta época, a Medicina estava sofrendo sua Renascença particular, impulsionada pelas pesquisas de Anatomia e pela competição entre diversas escolas de Medicina que estavam sendo fundadas na Itália. Uma delas era a de Pisa, para o qual o grã-duque da Toscana, Cosimo de' Médici, convidou Realdo para ensinar Anatomia. Após um ano em Pisa, Realdo foi convidado para ensinar na Escola Médica da Universidade de Roma, fundada pelo Papa Bonifácio VIII (1294-1303) no início do século XIV. Lá, Colombo dissecou uma grande quantidade de cadáveres e iniciou estudos na área de Fisiologia. Dominando a região, a corte papal se obstinara a atrair para Roma os melhores humanistas, artistas, intelectuais e médicos existentes. Entre os luminares que seguiram a Colombo em Roma, estavam Bartolomeo Eustachius (1520-1574), Andreas Cesalpino (1519-1603) e Marcello Malpighi (1629-1694).

No final de 1540, aos 65 anos de idade, Michelângelo trabalhava para o Papa em Roma e começou a ser afetado por crises de urolitíase. Procurou atendimento clínico com o profissional mais renomado da cidade, Realdo Colombo. Nessa associação, o médico identificou a oportunidade de ficar milionário com a publicação de um livro de Anatomia ilustrado por seu famoso paciente, o qual considerava como “o maior pintor do mundo”. Nessa ocasião, o livro *Fabrica*, de seu rival acadêmico e antigo mestre, Vesalius, já estava circulando. Se Michelângelo desenhou alguma coisa para Colombo, jamais se saberá. O livro de Colombo, batizado *De re anatômica*, foi publicado logo após a sua morte, em 1559, sem ilustrações, exceto as contidas na folha de capa.

O projeto pessoal de Michelângelo sobre Anatomia jamais foi consumado, talvez por sua incapacidade de escrever em decorrência de crises de uma su-

posta artrite gotosa. Antes de morrer, misteriosamente, ele queimou a maioria de seus esboços. Muito pouco de seus estudos anatômicos sobreviveram. Que revolução poderia ter ocorrido na história da Medicina se Michelângelo tivesse ilustrado o *De re anatômica*!

Michelângelo era familiarizado com a estrutura e função urinária do rim, usou imagens de urina em sua arte e poesia, sofreu de nefropatia e pode ter morrido de uremia devido a crises de gota. A agonia imposta pela doença na sua senilidade pode ter induzido o artista a usar a figura dos rins como alegoria para diversas representações dos seus desenhos no teto da Capela Sistina (figura 3).

---

## SEGUNDO PERÍODO

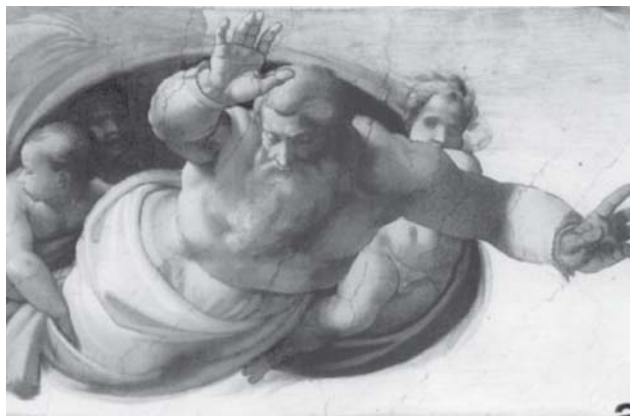
---

Talvez o grande anatomista de todos os tempos tenha sido Andreas Vesalius (1514-1564). Nascido em 31 de dezembro de 1514, em Bruxelas, Bélgica, como Andreas van Wesele, ficou conhecido como Andreae Versalii. Vindo de uma importante família de médicos da corte imperial, desde a infância demonstrava interesse pela Anatomia – ele frequentemente dissecava animais mortos. Seus estudos médicos começaram na Universidade de Louvain – Bélgica. Quando era estudante, encontrou fora dos muros de Louvain, perto da sua nativa Bruxelas, um patíbulo onde balançava um esqueleto completo, dissecado com ligamentos:

Enquanto andava [...] de repente vi um cadáver seco [...] os ossos inteiramente expostos, unidos apenas pelos ligamentos, apenas a origem e inserção dos músculos estavam preservadas [...]. No dia seguinte o levei para casa [...] e construí aquele esqueleto que está preservado em Louvain [...]. (Andreas Vesalius)

Aos 19 anos, Vesalius foi para Paris, onde se tornou pupilo de Jacques Dubois, que tutelou Vesalius na dissecação de cães, e de Johannes Günther, que tornou Vesalius seu assistente pessoal na dissecação de humanos. Dubois, mais conhecido pela latinização de seu nome, Jacobus Sylvius, é considerado o fundador da Anatomia francesa; seu nome está ligado a várias estruturas,

como o *aqueduto cerebral de Sylvius* e o *sulco lateral do cérebro de Sylvius*. Sob a influência de Dubois, o Rei Carlos IX mandou construir anfiteatros para uso de médicos, pagando pensões a esses para a manutenção de cursos públicos de dissecação. Dubois conhecia e valorizava mais os ensinamentos de Galeno do que a Anatomia verdadeira; reconhecia deficiências nos ensinamentos do mestre de Pérgamo, mas não tinha coragem de questioná-los. Passou involuntariamente a semente da contestação para Vesalius.



**Figura 3** - O manto do Criador, na pintura de Michelângelo “Separação da terra e água”, tem a forma de rim.

Fonte: Eknoyan (2000, p. 1192)

Em 1536, Vesalius voltou para Bruxelas para terminar seus estudos em Medicina, após concluir que seus professores franceses realmente não sabiam Anatomia humana; um ano mais tarde, aos 23 anos de idade, ele se dirigiu para o maior centro científico da Europa, a Universidade de Pádua, localizada na Sereníssima República de Veneza. Após expor aos oficiais desta República suas habilidades cirúrgicas, comprovando seu ímpeto inovador e sua didática espetacular, foi graduado em 5 de dezembro de 1537 como médico; no dia seguinte, foi nomeado pelo Senado como chefe do Departamento de Cirurgia e Anatomia de Pádua. Foi o primeiro a receber salário como professor de Anatomia.

As dissecações públicas de Vesalius no anfiteatro de Pádua eram lotadas por estudantes de Medicina, leigos, clérigos e anatomistas. Vesalius andava com um antigo livro de Galeno onde ele fazia nas margens da página anotações dos erros do autor. Ele também ensinou em Bolonha como professor convi-

dados. Sua primeira publicação foi um rascunho pessoal com esboços de veias, artérias e sistema nervoso denominado *Tabulae anatomicae sex*, publicado em 1538; esse foi o primeiro livro que contestou alguns conceitos de Galeno.

Vesalius foi o primeiro anatomista moderno a ter seus estudos baseados em observações próprias, e o primeiro professor a usar cadáveres em sala de aula. Palavras de Vesalius:

Eu não poderia fazer nada de mais útil do que produzir uma nova descrição do corpo humano, [a qual até então era] uma anatomia totalmente errada, uma vez que Galeno, a despeito de seus muitos escritos, muito pouco teve a oferecer sobre o assunto. Não vejo outro meio pelo qual eu poderia ter mostrado meus esforços aos meus alunos. (VESALIUS, 1953, p. 2 apud VASCONCELLOS; VASCONCELLOS, 2004, p. 7, tradução minha)

Como os achados de Vesalius desafiavam os de Galeno, surgiram muitas críticas e reprovações da comunidade científica, resultando em algumas animosidades, tais como as que surgiram de seus orientadores franceses. Sylvius chegou ao ponto de lhe dar o apelido de *Vesanus* (o louco). Posteriormente, entretanto, Vesalius reestabeleceu um relacionamento de respeito e afeto com seus antigos mestres.

Vesalius era um homem muito a frente de seu tempo. Nem seus alunos o compreendiam plenamente. Certa feita, em Pádua, seu discípulo mais chegado, Realdo Colombo, ridicularizou Vesalius, dizendo que ele não havia descrito importantes estruturas achadas por Galeno, como um suposto ducto gastro-esplênico. Vesalius o desafiou a identificar, em uma dissecação pública, o tal conduto; a plateia compareceu em massa para o desafio; naturalmente, Colombo nada identificou porque o canal nunca existiu.

Em 1543, aos 28 anos, Vesalius se mudou para a Basileia. Lá trabalhou intensamente, dissecando, escrevendo e desenhando por três anos, até a publicação de seu livro *De humani corporis fabrica liber septem* (*Sete livros sobre a estrutura do corpo humano*). Devido à metodologia científica empregada, bem como as correções propostas nos conhecimentos anatômicos previamente existentes, *A fabrica* tem sido considerado de grande valor por especialistas em história da Medicina. Descrita por Sir Williams Osler como “o maior livro já impresso, a partir do qual a moderna medicina se originou”, *De humanis corporis fabrica* é o referencial a partir do qual as contemporâneas ilustrações anatômicas se originaram (figura 4).

Uma característica marcante desse livro é que, nos seus desenhos, o cadáver dissecado é representado como se estivesse vivo e posando para fotografias. Pela primeira vez, foi possível ver as estruturas do corpo humano em ilustrações belas e exatas. Via-se os corpos esfolados e os músculos abrindo-se como pétalas de uma flor. Os capítulos retratam a genialidade de Vesalius. As ilustrações, em preto e branco, são excelente, com padrões técnicos e artísticos de alto nível, semelhantes aos das melhores ilustrações atuais. Vesalius também mostrou sua erudição ao usar o idioma hebraico e o árabe no texto de *A fabrica*.



Figura 4 - Frontispício de *De Humani corporis fabrica*.

Fonte: <[zttp://www.stanford.edu/class/history13/earlscyclab/body/body.html](http://www.stanford.edu/class/history13/earlscyclab/body/body.html)>

**Livros de *A fabrica*:** O primeiro volume abordava ossos e articulações. “Era necessário estudar antes a natureza dos ossos e cartilagens e depois analisar os ligamentos e músculos”, disse o mestre. No segundo livro, foram apresenta-

dos todos os ligamentos e músculos em uma série de ilustrações anatomicamente corretas. Os detalhes fornecidos são surpreendentes: a origem e inserção dos tendões, a morfologia e o movimento das articulações. O leitor vê e aprende sobre todos os músculos, desde aqueles próximos à pele e pálpebras até aqueles mais profundos.

O terceiro e quarto volumes abordam os vasos sanguíneos e o sistema nervoso, enquanto que os volumes restantes tratam das paredes e o conteúdo do abdome, tórax e o crânio. Com a publicação desse livro, a ciência médica entrou no período moderno.

Em *A fábrica*, são descritos e classificados os ossos do crânio como grandes, longos ou redondos. Pela primeira vez é descrito o *forame de Vesalius* no esfenoide. A presença da pré-maxila como uma peça isolada, como ocorre em cães, não foi aceito por Vesalius. A mandíbula é representada como um único osso, em vez de dois, contradizendo novamente o que já tinha sido estabelecido por Galeno; o disco de articulação de temporomandibular é ilustrado pela primeira vez. O osso hióide foi apresentado erroneamente, de um modo semelhante ao encontrado em cães.

As características gerais, funcionais e regionais das vértebras são bem reproduzidas. As costelas e escápula são representadas com erros e com figuras de má qualidade. Uma citação provocativa de Vesalius: “Não faltam costelas nos filhos de Adão; portanto, Eva deve ter saído de outro lugar”. (VESALIUS, 1953 apud VASCONCELLOS; VASCONCELLOS, 2004, p. 6, tradução minha) A clavícula e os ossos pélvicos foram precisamente ilustrados. O esterno foi o osso melhor desenhado, sendo sua divisão identificada em três peças ao invés de sete, como se acreditava.

Os ossos longos do braço e dos membros inferiores foram desenhados em uma proporção muito menor do que a real, mas os da mão foram com mais precisão. A identificação de um osso supranumerário na base do 5º metacarpal, e de medula óssea no carpo geraram controvérsias, uma vez que os ensinamentos de Galeno não identificaram estas estruturas. Um desenho mostra um osso pequeno e redondo, que foi denominado *osso de Vesalio*, se projetando no ângulo entre a eminência articular do 5º metatarso e o cuboide. A existência desse osso tem sido questionada.

Concernente à miologia, uma contribuição impressionante de Vesalius é que ele representa os músculos “cheios de vida”, como se estivessem contraídos, dando à representação um aspecto funcional.

O músculo reto abdominal é mostrado se alongando excessivamente sobre as costelas. Um músculo do pescoço, existente somente em símios, é mostrado

como se pertencesse à espécie humana. O músculo *choianoides* é descrito como o 7º músculo ocular; posteriormente, Casserius (Giulio Casserius Piacenza; 1561-1616) mostrou que este músculo é encontrado apenas em alguns animais. O músculo escaleno anterior está acima do serrátil anterior e adiante das costelas – outro aspecto da Anatomia comparada, agora relativamente a cães. Estas representações evidenciam a influência persistente do estudo da morfologia de animais sobre as concepções de Vesalius.

Todas as ilustrações presentes em *A fabrica* são de alta qualidade. No primeiro desenho do livro, por exemplo, um corpo está exposto frontalmente. No segundo, o lado de um corpo pode ser observado mostrando uma sequência de músculos dissecados. Neste mesmo quadro, podemos ver músculos superficiais e profundos *in situ*. Chama a atenção o fato de os desenhos serem feitos como se o corpo estivesse em movimento.

Os dois primeiros volumes do livro apresentam ideias inovadoras e desenhos de qualidade superior, provavelmente porque eles foram feitos por um especialista contratado por Vesalius, Johann Stephan von Kalkar (1499–1546), pintor pupilo de Titian. O artista enriqueceu todos os desenhos usando paisagens localizadas entre duas cidades vizinhas, Pádua e Albano, como pano de fundo.

A heresia e a blasfêmia persistiram como disfarces pomposos para oprimir a liberdade da palavra, a qual sempre escolhe assuntos que provocam implicitamente nos opressores um mal estar secreto. Aos 30 anos, após sete anos como professor de Pádua, Vesalius ficou tão nervoso pelos ataques implacáveis que recebia da Igreja e dos colegas que parou de dissecar e foi ser médico. Antes de sair de Pádua, queimou seus livros (uma ação impulsiva nunca compreendida) e rasgou alguns manuscritos não publicados. Ele foi trabalhar na corte do imperador romano Carlos V, de 1546 a 1556, ano em que o monarca abdicou. Servindo a Felipe II da Espanha, dissecou um nobre espanhol, que se moveu alarmantemente sob o bisturi. Vesalius foi denunciado por isso e, posteriormente, condenado à pena de morte pela Inquisição. A pena foi trocada pelo Rei por uma peregrinação expiatória para Jerusalém. O navio naufragou na volta e ele morreu de fome ou de alguma infecção na ilha grega de Zante, aos 50 anos.

Vesalius abordou a Anatomia diferentemente de seus predecessores, pois dissecava pessoalmente em vez de aprender ouvindo exposições de ensinamentos dogmatizados de Galeno, como era costume em sua época. Vesalius tem sido considerado pai da Anatomia moderna porque sua principal contribuição foi revolucionar o ensino e superar os ensinamentos galênicos arraigados havia séculos.



Ele mostrou que as teorias de Galeno eram baseadas exclusivamente em dissecações de animais. Apesar de alguns de seus conceitos terem sido errôneos, é inegável a contribuição de Vesalius para a Anatomia moderna. Se hoje ainda temos muitas dúvidas sobre a biomorfologia, pior seria se um gênio como Vesalius não tivesse existido. Sua grandeza e modernidade intelectual também repousam na sua recusa em interpretar filosoficamente as estruturas que observava; ele recomendava que as observações deveriam ser descritas com acurácia, sem interpretações.

Na única imagem disponível de Vesalius, ele aparece vestido de anatomista segurando um antebraço dissecado, desproporcionalmente grande, para enfatizar a importância da dissecação (figura 5). Vesalius também acreditava que a mão e o antebraço eram evidências dos desígnios da natureza, e não do acaso. Como ele disse: “a maravilhosa estrutura [o corpo humano] criada pelo Supremo Criador e Divino Artista, a Natureza”. (SHIN; MEALS, 2005, p. 214)



**Figura 5** - Andreas Vesalius.  
**Fonte:** Versalius (1543, p. 3)

Depois que Vesalius deixou Pádua, a cadeira de Anatomia foi ocupada por cinco eminentes anatomistas. O primeiro deles foi seu assistente Realdo Colombo. Vieram depois Gabriello Fallopius (1523-1562), famoso pelas trompas na pélvis feminina; Hieronymus Fabricius (1533-1619); Giulio Casserio

(1561-1616) e Adrian van der Spigelius (1578-1625). Após o último, Pádua foi gradativamente perdendo sua influência na área da Anatomia.

Nomes importantes seguiram ou foram contemporâneos de Vesalius. Em Bolonha, Jacopo Berengario de Carpi contribuiu para o conhecimento do apêndice e do timo. Giulio Aranzio estudou o coração e Constanzo Varoli descreveu o cérebro (*pons Varolii*). Em Roma, Bartolomeu Eustachio fez muitas descobertas. Sua fama, aliás póstuma, adveio de seus magníficos desenhos anatômicos; foi um dos primeiros a reproduzi-los em cobre ao invés de em madeira. Jacobus Sylvius, professor de Vesalius, fez alguns acréscimos ao

conhecimento de ossos da cabeça e à reforma da nomenclatura anatômica. Na Suíça, Felix Platter escreveu um magnífico trabalho sobre o olho. Na Inglaterra, Thomas Vicary publicou, em 1548, um pequeno livro, *Anatomie of the bodie of man (Anatomia do corpo humano)*, talvez o primeiro em língua inglesa.

---

### TERCEIRO PERÍODO

---

O estudo da Anatomia tinha se tornado bem estabelecido no final da Renascença. Diversos anatomistas eternizaram seus nomes criando uma série de epônimos, particularmente para estruturas do membro superior. No final do século XVIII, o interesse na Anatomia sofreu um arrefecimento. A atenção da maioria dos estudiosos se voltou para a o estudo da Patologia, Embriologia e Anatomia Comparada.

A nova Anatomia do Renascimento exigiu uma revisão da ciência. O médico inglês William Harvey (1578-1657), educado em Pádua, combinou a tradição anatômica italiana com a ciência experimental que nascia na Inglaterra. Em 1628, publicou *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus (Um estudo anatômico da movimentação do coração e do sangue em animais)*. O livro é um tratado de anátomo-fisiologia. Ao lado de problemas de dissecação e de descrição de órgãos isolados, o livro de Harvey estuda a mecânica da circulação do sangue, comparando o corpo humano a uma máquina hidráulica. O autor explica como o sangue é bombeado e rebombeado por um circuito endovascular, o qual inicia e termina no mesmo ponto, o coração. Ele mostrou que o pulso resulta do enchimento de artérias com san-

gue depois da sístole; que o ventrículo direito bombeia sangue para a circulação pulmonar, e o esquerdo, para a sistêmica.

Para mostrar que o sistema vascular é um trajeto circular, ele executou uma experiência: garroteou a parte distal do antebraço para que não passasse sangue arterial; a seguir, afrouxou o laço para permitir fluxo arterial distalmente sem deixar que o sangue venoso retornasse. Durante os momentos em que a amarradura estivera mais apertada, as veias do antebraço apresentavam aspecto normal, mas depois do afrouxamento elas começam a se intumescer, mostrando que o sangue passava em sentido distal pelas artérias e retornavam proximalmente pelas veias. Ele também demonstrou a ação das válvulas das veias usando o antebraço como modelo experimental.

A importância do trabalho de Harvey não pôde ser sobrepujada. Os princípios de fisiologia que ele estabeleceu levaram a uma compreensão da pressão sanguínea (primeiramente medida em um cavalo em 1733 pelo clérigo Stephen Habes) e mais tarde o uso clínico de cateterização cardíaca por Werner Forssman, Andreas Cournand e Dickenson Richards, e a prática da cirurgia do coração por Robert Grass, Elliot Cutler, Charles Hufnagel, Alfred Blalock e muitos outros. Harvey passou o resto de sua vida buscando identificar os capilares e, embora não os tivesse visto, previu sua existência. Quatro anos após a morte de Harvey, em 1657, Marcello Malpighi conseguiu ver pela primeira vez os capilares sanguíneos em um preparado de pulmão de rã. Juntos, os trabalhos de Vesalius e Harvey promoveram bases intelectuais para muitos avanços na Anatomia Humana, Fisiologia, Clínica e Cirurgia que se seguiram durante o milênio.

Como Vesalius, Harvey foi criticado severamente por sua ruptura com a filosofia Galênica. A controvérsia sobre a circulação do sangue perdurou durante 20 anos, até que outros anatomistas finalmente repetissem as experiências de Harvey e concordassem com suas descobertas.

Anton von Leeuwenhock (1632-1723) era um ótico holandês e polidor de lentes que aperfeiçoou o microscópio, alcançando uma ampliação de 270 vezes. Suas muitas contribuições incluíram o desenvolvimento de técnicas para examinar tecidos e descrição de células sanguíneas, músculo esquelético e a lente do olho. Embora fosse o primeiro a descrever os espermatozoides com precisão, Leeuwenhock não entendeu o papel deles na fertilização. De certo modo, ele pensou que um espermatozoide contivesse um ser humano em miniatura e o chamou de *homúnculo*.

A melhora do microscópio acrescentou uma dimensão inteiramente nova para a Anatomia e conseqüentemente conduziu às explicações das funções

básicas do corpo. A microscopia ajudou Marcello Malpighi a provar a teoria de Harvey, sobre a circulação do sangue, e também a descobrir a estrutura mais íntima dos pulmões, baço e rins. Gasparo Aselli pôs em evidência os vasos linfáticos com o uso do microscópio. Introduzia-se, assim, o estudo microscópico da Anatomia.

Muitos outros indivíduos fizeram contribuições significantes à Anatomia durante este período de 200 anos. Em 1672, o anatomista holandês Regnier de Graaf descreveu os ovários do sistema genital feminino; e, em 1775, Lazzaro Spallanzani mostrou que o óvulo e os espermatozóides eram necessários para a concepção. Francis Glisson (1597-1677) descreveu o fígado, o estômago e os intestinos, e sugeriu que os impulsos nervosos causavam o esvaziamento da vesícula biliar. Thomas Wharton (1638- 1686) e Niels Stensen (1638-1686) separadamente contribuíram para o conhecimento das glândulas salivares e linfonodos no interior do pescoço e nas regiões faciais. Em 1664, Thomas Willis publicou um resumo do que era até então conhecido sobre o sistema nervoso.

Os ensinamentos de Giovanni Battista Morgagni (1682-1771) reergueram a fama da Escola de Pádua após anos de decadência. Ele foi o primeiro a unir os conhecimentos de Anatomia com os de clínica: apresentava sintomas e achados anatômicos e fazia uma correlação lógica entre ambos. Ao longo de seus sessenta anos de ensino, é virtualmente impossível listar todas as suas descobertas nas áreas de morfologia e patologia; ventrículo e cartilagens cuneiformes da laringe, seio uretral, lobo piramidal da tireóide e colunas verticais do reto são algumas contribuições de Morgagni para a Anatomia.

O estudo do ser humano foi originalmente chamado de história natural do corpo (HNC). Era o registro de todas as informações sobre o organismo, incluindo morfologia, estrutura e funcionamento, que permitia ao leigo aprender sem dificuldade. A HNC incluía a Anatomia e a Fisiologia em senso largo. Assim, a Anatomia se iniciou como abordagem holística. Entretanto, os estudos de Harvey desencadearam um processo de separação entre Anatomia e Fisiologia que dura até os nossos dias; esta começou a se especializar na análise de estruturas moles e aquela no estudo das estruturas duras. O conceito de *água corpórea*, o elo de ligação entre partes moles e rígidas, que confere aos seres vivos características especiais (elasticidade, flexibilidade, maciez, “deslizabilidade” e umidade), foi eliminado de ambos os campos. Após esse período, a Anatomia tornou-se uma ciência segmentada que estuda apenas estruturas desidratadas.

Galeno, Mondino, da Vinci, Sylvius e Vesalius figuram entre os pioneiros que exploraram o corpo sob a ótica do todo. Este era o estilo original da

Anatomia. Porém, com a invenção do microscópio e o estabelecimento da histologia por Malpighi e a descrição da célula por Robert Hooke (1635-1703), a estrutura da Anatomia como descrição da HNC foi abalada. A exploração do corpo se desviou para as pequenas partes. A tendência à divisão foi reforçada pelas concepções espiritualistas de filósofos como René Descartes (1596-1650). Desde então, a onda para a subdivisão e dissecação extremas se estabeleceu de modo autoproliferativo.

O terceiro período da história da Anatomia, especialmente no século que sucedeu à fase de Harvey, se tornou a idade heróica da anatomia microscópica e da embriologia. Esse período se caracterizou pela fundação de sociedades científicas e filosóficas, publicações de textos, atlas, construção de museus e escolas de Anatomia.

A exploração macroscópica do corpo humano foi concluída ao longo do século XIX. Hermann Braus combinou a descrição helenística e funcional de Galeno com a renascentista e arquitetônica de Vesalius de maneira reflexiva e metódica.

Os anatomistas gravaram seus nomes em nós com o mesmo amor com que os namorados gravam os seus em árvores. Nós abrigamos as criptas de Lieberkühn no envoltório dos intestinos, o círculo de Willis (junção das artérias na base de crânio), ao forame de Winslow, a fossa de Rolando, a bainha de Schwann, e o fundo-de-saco de Douglas. Esse egoísmo exuberante fez de nós gloriosos panteões ambulantes para os maiores médicos dos últimos cinco séculos.

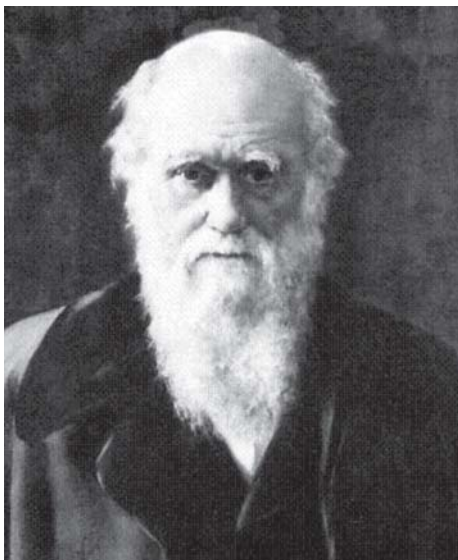
---

## QUARTO PERÍODO

---

A teoria evolucionista deu início a esse período, que teve como mentor Charles Darwin (1809-1882, figura 6). A Anatomia Humana começou a enfocar a comparação entre a forma de animais e plantas.

A proposta de Darwin para a origem das espécies constituiu uma das maiores generalizações na história da Biologia. Aristóteles e Harvey pressentiram essa generalização. Os paleontologistas e os estudiosos de Anatomia comparada chegaram a colher dados que a apontavam. Mas foi preciso a inteligência e o espírito de síntese de Darwin para que se concluísse que os seres vivos estavam ligados por traços de hereditariedade.



**Figura 6** - Charles Darwin.

**Fonte:** <<http://www.fogcityjournal.com/wordpress/2009/02/10/darwins-200th-birthday-his-theory-of-evolution-still-controversial/>>

Em sua obra *Origem das espécies* (1859), Darwin não chegou a abordar diretamente a provável origem do homem a partir de mamíferos inferiores, apesar de defender firmemente essa posição. Sua teoria chegou a ser acusada de imoral pelos defensores da fé, por afirmar que o homem descende do macaco. O bispo Wilberforce ironizou Thomas Henry Huxley (um professor defensor de Darwin) ao perguntar: “Sr. Huxley, eu gostaria de saber: é pelo lado de seu avô ou de sua avó que o senhor descende dos macacos?”

A despeito de suas contradições e lacunas de conhecimento, a teoria de Darwin foi absorvida por conveniência pelos os opositores da fé cristã, e acabou mais ou menos aceita entre eles antes do fim do século XIX. Isso de alguma forma uniu a Anatomia humana com a dos animais e dos vegetais. Os mamíferos inferiores então passaram a ser campo fértil para o estudo dos processos vitais do homem. Desde Darwin, a concepção de uma origem comum e de semelhanças morfológicas entre os seres vivos têm sido usada dogmaticamente por evolucionistas para explicar a origem de nossa espécie.

A história da Anatomia e da cirurgia sempre andaram juntas, especialmente a partir do século XVIII. JF Fulton (1899-1960) relata em sua biografia de Harvey Cushing (1869-1939) que este morreu com um texto de

Vesalius na mão. O “século dos cirurgiões” (XIX) caracterizou-se pela supremacia destes profissionais na prática da Medicina, os quais tornaram a cirurgia e a Anatomia inseparáveis. Surpreendentes procedimentos invasivos eram praticados com destemor e sem anestesia, tendo a Anatomia como diretriz exclusiva. Uma eloquente representação dessa fase foi vivida por um cirurgião intinerante americano, Efraim Mackdowell (? -1830), o qual realizou uma heróica laparotomia para extirpação de um tumor ovariano gigante, em uma paciente acordada, usando a Anatomia como única fonte de conhecimento científico.

## AVANÇOS RECENTES

Durante séculos, a dissecação fora perigosa. Atualmente, pode ser realizada com segurança graças aos recursos disponíveis de assepsia e preparo do cadáver. No século XX, a linha de investigação se fez no sentido de estudar no vivo em vez de no cadáver apenas.

Nikolai Ivanovich Pirogov (1810-1881) publicou em 1852 o seu *Atlas de topographical anatomy*, o qual mostrava cortes de partes do corpo de cadáveres congelados. Pela primeira vez, relacionamentos espaciais puderam ser preservados e ensinados no estudo anatômico. Os estudos de Pirogov serviram de base para o entendimento das informações obtidas a partir de modernos recursos de tomografia computadorizada (TC, introduzida em 1975) e ressonância nuclear magnética (RNM, introduzida em 1977).

A dissecação continua sendo o método de estudo mais importante para a Anatomia. Portanto, estudos radiológicos constituem métodos auxiliares valiosos, sobretudo no vivo. Através da *radioscopia* ou *fluoroscopia* é possível observar os órgãos internos em movimento; já as radiografias simples fixam os aspectos mais variados das estruturas superficiais e profundas. Uma das contribuições mais importantes dos estudos radiológicos é a demonstração, no ser vivo, do tamanho, forma, localização e função dos diversos órgãos. No passado, a Anatomia funcional baseava-se fundamentalmente no estudo das relações de estruturas no cadáver e no exame da superfície corporal no ser vivo. As funções relativas da parede torácica e do diafragma na respiração, o mecanismo da deglutição e a alteração do tamanho e da forma do coração durante

o ciclo cardíaco são todos problemas para cuja elucidação os raios-x têm contribuído.

A Anatomia macroscópica foi, de certo modo, relegada a um segundo plano durante os anos sessenta e setenta do século XX, e parecia ter mantido sua importância essencial apenas para as especialidades cirúrgicas. Entretanto, novas técnicas de diagnóstico por imagens tornaram-se clinicamente disponíveis na segunda meta-de do século XX: endoscopia, TC, RMN e ultrassonografia. Estas técnicas abriram novas visões e permitiram identificação mais detalhada de estruturas vivas. Entretanto, a interpretação de estruturas normais e alteradas patologicamente em imagens inéditas do corpo humano, com todas essas técnicas, demanda conhecimento preciso de Anatomia. Em anos recentes, isso levou ao renascimento e a um considerável aumento na significância da macroscopia para a formação dos estudantes de todas as áreas de saúde. Um trabalho clínico bem sucedido, sem um conhecimento fundamentado em Anatomia topográfica e seccional, não é, assim, mais possível. Essa é a razão por que se recomenda um estudo contínuo da Anatomia macroscópica humana.

Uma inovação que ganhou impulso no início do século XX foi a implementação da *nomina anatomica*, isto é, a simplificação e padronização da nomenclatura anatômica preexistente. Por causa da proliferação da literatura científica no final do século XIX, mais de trinta mil termos anatômicos estavam registrados, muitos dos quais referentes a uma mesma estrutura. Em 1895, em uma tentativa de reduzir a confusão, a Sociedade Anatômica Alemã compilou uma lista de cerca de 500 termos chamada de *Basle Nomina Anatomica*. Os termos desta lista foram aprovados universalmente para uso nas salas de aula e nas publicações.

Outras conferências sobre a nomenclatura foram realizadas ao longo dos séculos nos Congressos Internacionais de Anatomia. No Sétimo Congresso, na cidade de Nova York, em 1960, resolveu-se eliminar todos os epônimos (estruturas com nomes de cientistas) e substituí-los por termos descritivos. Estruturas como o ducto de Stensen e o ducto de Wharton, por exemplo, são agora chamadas de ductos parotídeo e submandibular, respectivamente. Como os epônimos estão enraizados, porém, será extremamente difícil eliminar todos eles. Mas, pelo menos, há uma tendência para a simplificação.

O desenvolvimento de imagens de vídeo tem facilitado a visualização de informações dinâmicas. Apesar de essas tecnologias serem hoje amplamente disponíveis, elas estão ganhando espaço como meios de comunicar determinados tipos de informação. Diversas revistas médicas possuem *websites* que permitem a seus assinantes acessar imagens de vídeo.



A aquisição de computadores pessoais tem gerado programas de aprendizado interativo, onde o interessado pode testar seus níveis de conhecimento. Muito destes programas trazem estudos radiológicos e imagens digitais de espécimes de cadáveres. Faculdades de Medicina por todo o mundo têm usado esses recursos como complemento ou substituto de dissecações. Atualmente já está disponível uma versão digital em CD-ROM da obra original de Vesalius *De humani corporis fabrica*.

A Internet tem causado acesso quase ilimitado a qualquer tipo de informação. Sua influência tem sido comparada a da invenção da imprensa na difusão do conhecimento. Um *website* notável no campo da morfologia é o *Visible Human Project*, o qual proporciona a visualização de imagens tridimensionais de todo o corpo. Criada em 1986 pela National Library of Medicine, o *site* disponibiliza imagens de TC, RMN e de secções de 0,3 a 1 mm de cadáveres de ambos os sexos.

Nos últimos vinte anos, o uso de informações morfológicas no entendimento de anomalias tem tornado a

Anatomia menos descritiva e mais clínica. O entendimento das causas, manifestações e tratamentos de múltiplas patologias depende de conhecimentos de estruturas que podem estar envolvidas. Os sinais e sintomas resultam não apenas de alterações no órgão afetado, mas também dos efeitos e da disseminação de doenças sobre estruturas adjacentes. É por isso que o estudante da área de saúde precisa saber algo sobre a organização do corpo. Os detalhes podem ser aprendidos. Mas isso tem pelo menos duas desvantagens. Em primeiro lugar, é extremamente monótono e, depois, pode-se induzir a uma sensação de falsa segurança: há grande variação entre as pessoas, assim como na mesma pessoa, do nascimento à morte. É necessário, então, fazer uma escolha: reconhecer que algumas informações são importantes e outras não, traçando-se uma linha entre o que é *necessário conhecer* e o que é *bom conhecer*; “isso interessa ao profissional iniciante que trabalha em hospital?” ou “isso ajuda a compreender um assunto relevante?”, devem ser perguntas respondidas por todo o autor que se propõe a escrever sobre Anatomia; se a resposta a essas perguntas for não, o tópico pode ser omitido. Nesse contexto, os volumosos tratados de Anatomia não têm perdido o seu valor, mas assumido novas funções, servindo como fonte constante de consulta quando dados mais minuciosos forem necessários para o entendimento de processos mórbidos. Assim, fica claro que o estudante não precisa se preocupar excessivamente com detalhes. Esse processo simplificado de aplicação das ciências morfológicas facilita a aprendizagem por ser um grande estímulo ao estudante.

---

## O FUTURO

---

Novos avanços continuarão a mudar o modo como anatomistas visualizam o corpo humano. *Tomografia por emissão de positrons* representa uma promissora modalidade onde radiações emitidas pelo encéfalo são transformadas em imagens em tempo real; essa tecnologia auxilia o estudo de processos químicos do cérebro normal ou doente de um modo previamente impossível: em indivíduos vivos e acordados. *Projeções holográficas*, que usam deflexões de raios *laser* para produzir imagens tridimensionais, podem no futuro ser úteis no estudo mais acurado de relações espaciais de estruturas corpóreas adjacentes; atualmente, têm sido usadas para estudo da dinâmica dos batimentos cardíacos. *MRI angiográfica* é um estudo que proporciona imagens detalhadas de vasos sanguíneos sem a necessidade de manobras cirúrgicas; no momento tem sido usado para estudo inicial de malformações vasculares de artérias intracranianas; no futuro poderá ser útil para o estudo em tempo real de pequenos vasos sanguíneos.

Na história da Anatomia, sempre foi um esforço desidratar o cadáver. Assim, o corpo tem sido avaliado observando-se estruturas rígidas, que correspondem a menos de 30% de sua massa real. Isso conduz a erro grave de estudar uma estrutura seca e encolhida como se fosse normal. O fato é que os conhecimentos anatômicos convencionais não diferem grandemente da descrição de uma múmia. Se um dia for possível fixar a água no corpo, se iniciará o estudo de um cadáver fresco e aromático, onde se pode visualizar o todo, mais próximo do real, com órgãos, tecidos e células saturadas de seu principal componente, a água.

Tem se considerado difícil a revitalização da Anatomia como um saber que aborda o corpo como um conjunto interativo. Ela tem se fragmentado em subdivisões: Geral, Neuroanatomia, Histologia e Embriologia. Com a ênfase no estudo da micro e ultra estruturas a partir da década de 1950, houve intensificação desta especialização. Assim, a Anatomia hoje está enfraquecida e ameaçada em sua existência, pois tem se resumido a mero ajuntamento de conhecimentos estanques; parece estar se desintegrando em uma tendência praticamente irreversível.

---

# C O R A Ç Ã O

---

*Mestre, qual o grande mandamento da Lei? Respondeu-lhe Jesus: amarás ao Senhor teu Deus de todo o teu CORAÇÃO, de toda tua alma e de todo teu entendimento [...] e amarás o teu próximo como a ti mesmo [...].*  
(São Mateus, 22:36-40)

O coração é um órgão torácico composto de músculo estriado involuntário. Por se situar aproximadamente no meio do corpo e ser responsável pelo impulsionamento do sangue para todo o organismo, é considerado o núcleo topográfico e funcional do sistema circulatório. A chave para o entendimento da natureza do órgão pode ser conseguida comparando-o a um propulsor hidráulico, formado de um par de bombas musculares valvuladas, arrumadas em série. Sua principal ação é impulsionar sangue de modo contínuo e unidirecional, ofertando oxigênio e nutrientes e removendo produtos finais do metabolismo acumulados nos tecidos.

Para facilitar o estudo do sistema cardiovascular, as células podem ser consideradas unidades de composição e estrutura análogas aos elementos de um sistema de engenharia. O coração é representado como uma bomba aspirante-premente, as artérias são tubos elásticos semelhantes a mangueiras de borracha, uma analogia que se aplica às arteríolas, vênulas, capilares e anastomoses arteríolo-venulares.

---

## DESENVOLVIMENTO

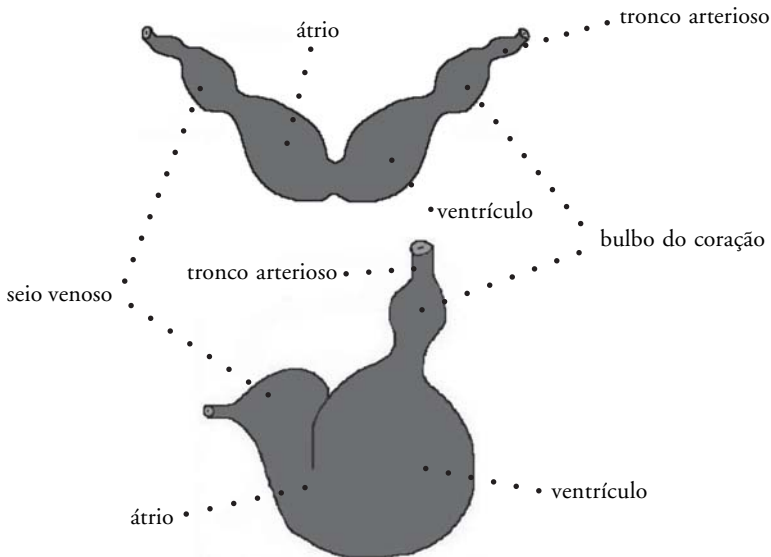
---

Ortodoxamente, as teorias darwinianas afirmam que os mamíferos se originaram dos répteis. Mas isso não tem sido ratificado à luz da evidência atual. Não

existem dados paleontológicos diretos que indiquem uma evolução do coração saindo de formas iniciais mais simples, e a comparação dos arranjos no grupo dos vertebrados é a única fonte de informação. A anatomia comparada tem revelado que a morfologia do coração deriva de seu próprio crescimento intra-uterino, a partir do desenvolvimento da forma inicial básica de um tubo dobrado.

O coração fetal é um tubo que precocemente desenvolve sulcos que demarcam, de trás para frente, (1) um *seio venoso* coletor para as veias principais, (2) um *átrio* pulsátil de paredes finas, (3) um *ventrículo muscular* de paredes grossas e (5) um *bulbo do coração* muscular e elástico, a partir do qual comecem as artérias cardíacas. À medida que aumenta, o tubo se torna maior que seu envolvimento pericárdico, desenvolvendo uma dobra sinuosa, de modo que sua extremidade caudal, recebendo sangue venoso, fica atrás de sua extremidade cefálica com suas artérias emergentes. O seio venoso é posteriormente absorvido no átrio e o bulbo se torna incorporado no ventrículo como o *infundíbulo*, de modo que no coração completamente desenvolvido, os átrios e as grandes veias se situam posterior aos ventrículos e às raízes das grandes artérias (figuras 7 e 8).

O tecido limitante entre a única cavidade atrial primitiva e o único ventrículo cresce como um *coxim endocárdico* dorsal e outro ventral que se fundem na linha mediana, dividindo assim o óstio atrioventricular comum em *óstio direito* ou *tricúspide* e *esquerdo* ou *mitral*.



Figuras 7 e 8 - Dobramento do tubo primitivo para sua forma definitiva.

**Divisão atrial.** A divisão do átrio primitivo em dois começa com o crescimento de um septo, o *septum primum*, para baixo a partir da parede superior do átrio primitivo comum, para se unir com os Coxins Endocárdicos. Entretanto, antes que a fusão se complete, aparece um orifício na parte superior desse septo denominado *foramen secundum*.

Uma segunda membrana, o *septum secundum*, se desenvolve à direita do *septum primum*, mas aquele nunca se completa. O *septum secundum* possui uma margem inferior livre que, entretanto, se estende para baixo o suficiente para se sobrepor ao *foramen secundum* e, por essa razão, fechá-lo.

Os dois defeitos de sobreposição no septo formam o *forame oval*, semelhante a uma válvula que desvia o sangue do lado direito do coração para o esquerdo no feto. Após o nascimento, este forame se fecha deixando apenas a *fossa oval* como resquício.

O *seio venoso primitivo* é absorvido no átrio direito de modo que as veias cavas drenam para o seio e se abrem separadamente neste átrio. A parte com parede lisa do átrio adulto representa a contribuição do seio venoso, e a parte pectinada representa a porção derivada do átrio primitivo. Similarmente, o átrio esquerdo adulto tem uma origem dupla. O tronco venoso pulmonar simples original que entra no átrio esquerdo torna-se assimilado por ele e doa a parte com parede lisa desta câmara para as veias pulmonares que entram com quatro orifícios separados. A parte trabeculada do átrio esquerdo definitivo é o restante da parede do átrio original.

**Divisão ventricular.** A divisão ventricular é iniciada por crescimento de um *septo interventricular* carnudo a partir do ápice do coração em direção aos Coxins Endocárdicos. O septo pára antes do ventrículo se dividir completamente e, assim, ele tem uma margem superior livre, formando um *forame interventricular* temporário. Ao mesmo tempo, o tronco arterioso simples é dividido em aorta e tronco pulmonar por um *septo espiral* (por essa razão a relação espiral entre estes dois vasos), que cresce caudalmente, em direção ao ventrículo e se funde precisamente com a margem superior do septo interventricular. Este contribui com uma pequena parte membranácea do septo, que completa a separação do ventrículo de tal modo que o sangue do lado esquerdo do septo flui para a aorta e no lado direito para o tronco pulmonar.

## A N A T O M I A

---

### ORGANIZAÇÃO GLOBAL

O coração possui uma organização espiralada complicada e não obrigatoriamente relacionada com os planos cardinais. Por esta razão, termos como *esquerdo* e *direito*, *ápice* e *base*, *superfície*, *face* e *margem* não são fiéis à anatomia do coração. Diversos exemplos podem ser dados: (1) muito do chamado *coração direito* de fato forma a maior parte da face ventral, com seu trato eferente subindo para a esquerda até terminar no lado esquerdo do trato eferente do ventrículo esquerdo; (2) o chamado *coração esquerdo*, exceto por uma faixa do lado esquerdo incluindo o ápice, é amplamente dorsal e, na face ventral, é recoberto pelas câmaras direitas; (3) o átrio direito não está apenas à direita, mas à frente e abaixo do átrio esquerdo, e também um pouco à frente do ventrículo esquerdo; (4) o átrio esquerdo forma a maior parte da face posterior e da base do coração, enquanto o ventrículo esquerdo é apenas proeminente inferiormente ao longo da margem esquerda e do ápice; (5) os átrios estão essencialmente à direita e atrás de seus ventrículos. Essas disposições gerais são de grande importância no planejamento ou na interpretação de exames de imagem como radiografias, tomografias, angiocardiógramas e ecocardiogramas.

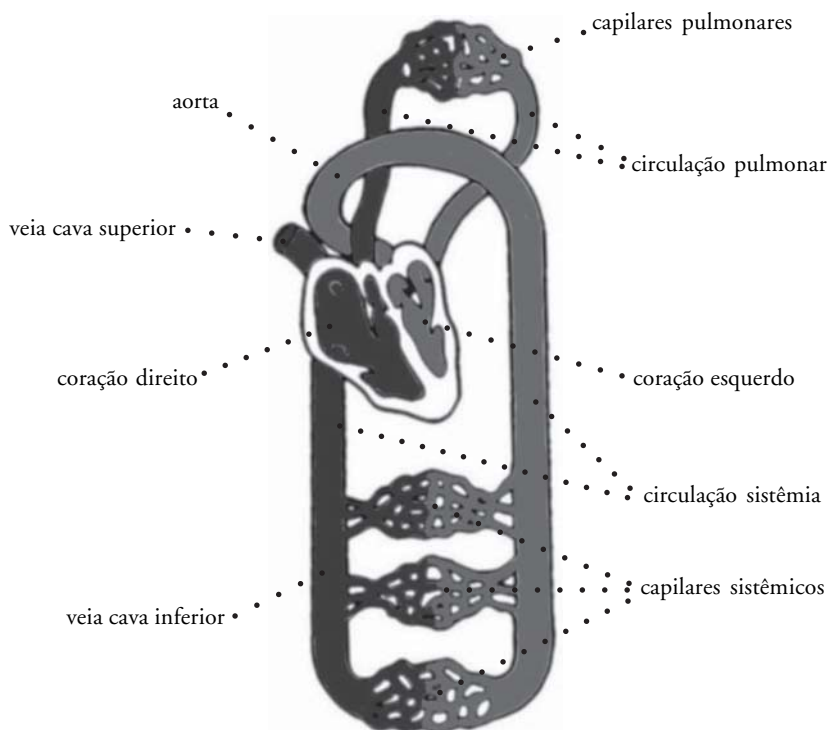
Outra fonte de confusão é o estudo de corações removidos do corpo, com a subsequente dificuldade de relacionar os detalhes para com o coração *in situ*. A descrição cardíaca deve levar em conta tais dificuldades para evitar concepções errôneas baseadas em preciosismos posicionais.

O coração está situado obliquamente no tórax. Os *septos interatrial* e *interventricular* estão em linha, mas inclinados para frente e para a esquerda em aproximadamente 45° com o plano sagital.

### CORAÇÃO DIREITO E ESQUERDO

O *coração direito* consiste na *câmara atrial direita*, que recebe o sangue das *veias cava*s e o da maior parte da circulação coronária (figura 8). Esse sangue atravessa o *óstio atrioventricular direito*, com sua *valva atrioventricular* ou *tricúspide* para o *trato ventricular aferente direito*, cuja contração fecha a valva tricúspide e, com pressão crescente, ejeta sangue através do *trato eferente ventricular direito*, formado pela junção do *infundíbulo* ou *cone arterioso* com a *valva pulmonar*.

O *coração esquerdo* consiste na *câmara atrial esquerda*, que recebe todos os influxos venosos pulmonares e algum coronário, se contrai para completar o enchimento do *ventrículo esquerdo* através do *óstio atrioventricular* com sua *valva atrioventricular* ou *mitral* (figura 9). A valva é a entrada para o *trato ventricular aferente esquerdo*, cuja contração eleva rapidamente sua pressão, fechando a valva. Isso é acompanhado imediatamente pela abertura da valva da aorta e ejeção ao longo do *trato ventricular eferente esquerdo* (*vestíbulo + valva aórtica*) para os seios da aorta e dali para toda a árvore arterial sistêmica, incluindo os vasos coronários.



**Figura 9** - Lados esquerdo e direito do coração e circulações arterial (vermelho) e venosa (azul).

## ASPECTOS EXTERNOS

### ANATOMIA TOPOGRÁFICA

Um bom guia para o tamanho e posição de seu próprio coração é determinado colocando-se a mão direita fechada com a face palmar para baixo, ime-

diatamente inferior à junção manúbrio-esternal. Observe que o coração é aproximadamente do tamanho do punho da pessoa, fica atrás do corpo do esterno anteriormente a T<sub>5</sub>-T<sub>8</sub> e se projeta especialmente sobre o lado esquerdo. O *ápice* do coração corresponde ao batimento apical, que é geralmente visível e palpável ínfero-medial ao mamilo esquerdo, no 5º espaço intercostal, na linha médio-clavicular, aproximadamente a 9 cm da linha mediana, em um adulto do sexo masculino de tamanho médio.

A projeção da parte anterior do sulco coronário é uma linha oblíqua que une as extremidades esternais da terceira cartilagem costal esquerda à 6ª cartilagem costal direita. Essa linha separa as áreas do átrio e do ventrículo.

**Área cardíaca.** A secção longitudinal do coração pode ser representada pela *área cardíaca*. Esta zona é uma região na parede torácica anterior limitada por dois pontos superiores a 1 cm da borda lateral do esterno na altura das 2<sup>as</sup> cartilagens costais, e dois inferiores, sendo o direito a 1 cm lateralmente ao esterno na 6ª cartilagem costal, e o esquerdo na linha médio-clavicular a 9 cm do plano mediano, no 5º espaço intercostal esquerdo (figura 10).

A margem esquerda da área cardíaca é formada pelo ventrículo esquerdo, a margem direita pela câmara atrial direita, a margem inferior pelo ventrículo direito e a ponta pelo ápice do ventrículo esquerdo.

Como a área cardíaca delinea os limites superficiais do coração, sintomas e agressões nessa região são fortemente sugestivos de acometimento do órgão.

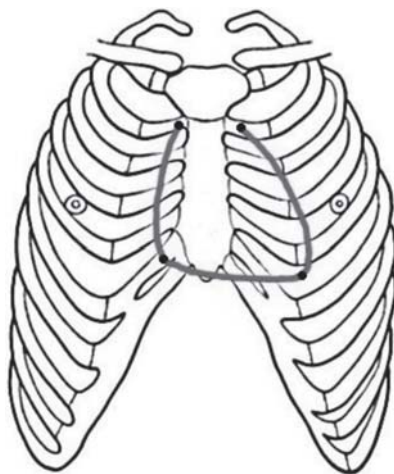


Figura 10 - Área cardíaca.



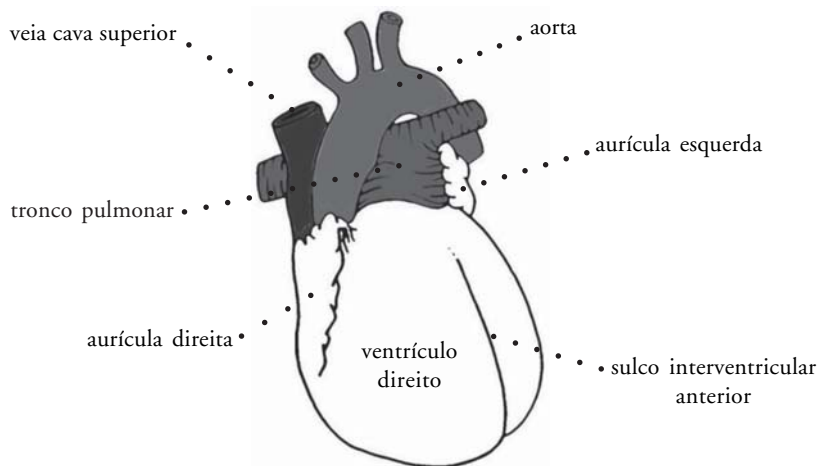
**Posição das valvas.** Todas as valvas são retroesternais e próximas à linha mediana. A mais alta é a pulmonar, situada no nível da 3ª cartilagem costal esquerda, depois a aórtica no 3º espaço intercostal direito, a mitral na 4ª cartilagem costal esquerda e, finalmente, a valva tricúspide no 4º espaço intercostal direito. Essas posições podem ser facilmente lembradas com o método mnemônico *PAMT 3344*.

## CARACTERES EXTERNOS GERAIS

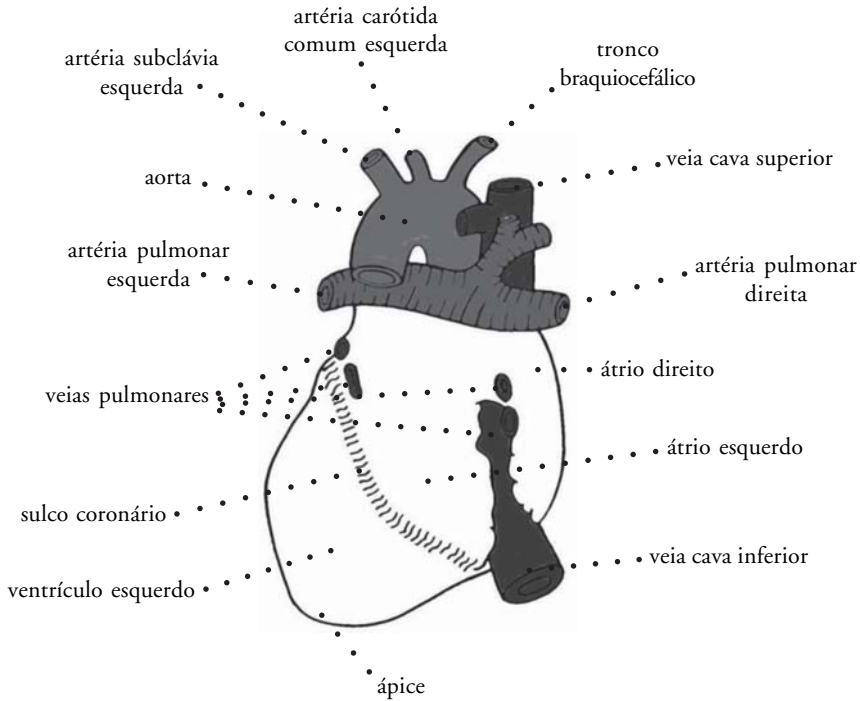
O coração ocupa o *mediastino médio*, entre os pulmões e as pleuras, encerrado no *pericárdio*, atrás do esterno, costelas e cartilagens costais esquerdas adjacentes, com 1/3 situando-se à direita da linha mediana.

O coração adulto mede cerca de 12 cm x 9 cm x 6 cm, pesando aproximadamente 0,5% do peso corpóreo, o que corresponde a 280 a 340 gramas, no sexo masculino, e 230 a 280 gramas, no sexo feminino.

O coração é um órgão fibromuscular cavitário com forma similar a um cone truncado, com uma *base* voltada dorsalmente e para a direita, um *ápice* direcionado anteriormente e para a esquerda. Apresenta as *faces anterior* ou *estemocostal*, *diafragmática* ou *inferior* e *laterais* ou *pulmonares*. Os limites do coração são sua *margens superior*, *inferior* ou *borda aguda* e *margem esquerda* ou *borda obtusa* (figuras 11 e 12).



Figuras 11 e 12 - Aspectos externos do coração.



Figuras 11 e 12 - Aspectos externos do coração.

O *ápice* do coração é a ponta do ventrículo esquerdo, direcionado para baixo-frente-esquerda. Está localizado mais comumente atrás do quinto espaço intercostal esquerdo, na linha médio-clavicular. Os contornos direito e esquerdo da sombra do coração em uma radiografia pósterio-anterior de tórax são as margens direita e esquerda do radiologista.

**Sulcos.** Entre os átrios e os ventrículos está uma depressão linear oblíqua, o *sulco coronário* ou *atrioventricular* contendo os troncos coronários principais.

Os ventrículos são separados pelo *septo interventricular*, cujas inserções murais correspondem aos *sulcos interventriculares anterior* e *posterior* (*inferior* ou *diafragmático*). O primeiro sulco, na face esternocostal, está próximo e quase paralelo à margem obtusa do ventrículo esquerdo, mas o último, que está na face diafragmática, está mais próximo da margem aguda. Os sulcos interventriculares estendem-se desde o sulco coronário até a *incisura do ápice do coração* na margem aguda, um pouco à direita do ápice do coração.

A *base* corresponde à face posterior do coração e é formada principalmente pelo átrio esquerdo e parcialmente pela parte posterior do átrio direito. Próximo ao seu meio há um raso e vertical *sulco interatrial* separando os átrios. O local onde os sulcos coronários, interatrial e interventricular posterior se encontram é a *cruz do coração*.

## CÂMARAS CARDÍACAS

Cada câmara é dividida em dois setores funcional e anatomicamente identificáveis. O primeiro é a *parte vascular*, não contrátil, contínua com os grandes vasos cardíacos correspondentes e, assim, de paredes internas lisas. A segunda é a *parte muscular*, contrátil, de paredes internas enrugadas pela projeção intraluminal de faixas miocárdicas espessas, os *músculos pectinados* ou as *trabeculações cárneas*.

Nas *câmaras atriais*, a parte vascular provém do antigo *seio venoso embrionário*. No adulto, a parte vascular dos átrios coincide com a terminação das veias cardíacas, isto é, das cavas no átrio direito e das pulmonares no esquerdo. A parte vascular é o início das câmaras atriais e corresponde a seu *trato aferente* ou de *influxo*, pois é nele que o sangue chega para encher o maior do volume dos átrios. A parte muscular é a zona de saída do sangue, isto é, o *trato eferente* ou de *efluxo*. Marcado internamente pelos *músculos pectinados*, o trato eferente dos átrios corresponde ao *átrio propriamente dito*, que é, por sua vez, uma dilatação sacular entre o seio venoso e o óstio atrioventricular correspondente. A extremidade anterior de cada átrio se adelgaça constituindo uma pequena bolsa muscular em forma de orelha de cachorro, a *aurícula*, reduzida de volume em relação ao seio venoso ipsilateral.

Os *músculos pectinados* ou *pectíneos* são cristas musculares paralelas que se entrelaçam para formar uma rede na superfície interna dos átrios e aurículas.

Nos *ventrículos*, a parte muscular é a inicial e, portanto, seu *trato aferente*, de recepção sanguínea. Forma o maior volume das câmaras ventriculares e é marcado internamente pelas *trabeculações cárneas*. Esta superfície luminal trabeculada reduz a velocidade de influxo sanguíneo durante a diástole; sua contração e interdigitação podem aumentar a eficiência volumétrica do esvaziamento ventricular. A parte vascular, menor, é o *trato eferente*, ejetivo de sangue, correspondendo ao afunilamento das cavidades ventriculares em torno do início da artéria cardíaca homolateral, ou seja, da raiz da artéria pulmonar no ventrículo direito, formando o *infundíbulo*, e da aorta no ventrículo esquerdo, formando o *vestíbulo aórtico*. As paredes lisas do trato eferente aumentam a velocidade de ejeção.

## COMPLEXO VALVAR ATRIOVENTRICULAR

É indesejável descrever as valvas atrioventriculares como estruturas isoladas, visto que formam um *sistema antirrefluxo* funcionalmente integrado (figura 13). Esse *complexo valvar atrioventricular*, um para cada ventrículo, compreende: (1) um *óstio atrioventricular* e seu anel associado, quase vertical, formando um ângulo de 45° com o plano sagital, de modo que sua face ventricular olha para frente-esquerda-baixo, em direção ao ápice cardíaco, (2) *folíolos, válvulas* ou *cúspides das valvas*, lâminas fibrosas finas e resistentes, revestidas por endocárdio e fixadas à circunferência da valva ao nível do esqueleto cardíaco, (3) *cordas tendíneas*, feixes colágenos reluzentes de fibras brancas que unem os músculos papilares entre si, às valvas ou à parede ventricular e (4) *músculos papilares*, que são trabeculações cárneas contínuas, na base, com a parede ventricular e que apresentam, em seus ápices, as cordas tendíneas. Os principais músculos papilares, em ambos os ventrículos, são um *anterior*, maior, e outro *posterior*.

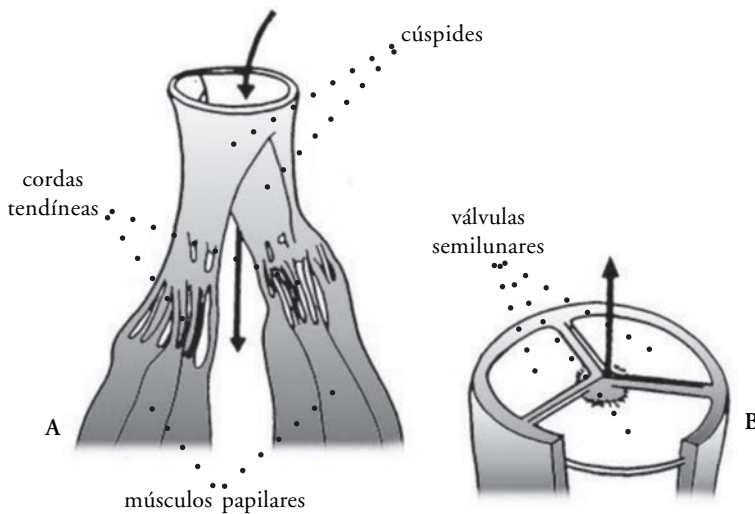


Figura 13 - Complexo valvar (A) atrioventricular e (B) arterioventricular.

**Valvas atrioventriculares.** Cada *valva atrioventricular* – *tricúspide* e *mitral* – é uma duplicação do endocárdio que envolve uma lâmina fibrosa de colágeno, contínua, na sua face ventricular, com as cordas tendíneas e basilarmente com o anel. O tecido valvar é uma cortina contínua que se origina no anel, descendo para o ventrículo com indentações marginais. As indentações mais pro-

fundas e largas formam as *comissuras valvares*, que separam os folíolos. Na cúspide posterior, tanto no ventrículo esquerdo quanto no ventrículo direito, existem indentações menores ou *fendas* entre os folhetos principais, dividindo a válvula em porções menores, os *festões*, no passado chamados de *válvulas acessórias*.

**Valvas arterioventriculares.** As *valvas arterioventriculares* ou *semilunares* – *aórtica* e *pulmonar* – são pregas de endocárdio com uma lâmina colágena interposta mais espessa que nas valvas atrioventriculares. Cada uma tem três *válvulas semilunares*, semelhantes a xícaras, presas por bases convexas em um espessamento fibroso trilunar em forma de diadema, na saída do trato ventricular eferente correspondente, formando o anel da valva. As bordas livres das valvas se projetam em direção ao vaso. Central em cada margem livre da válvula está um espessamento localizado de colágeno, o *nódulo de Arantios*; de cada lado de um nódulo, o colágeno é delgado nas *lúnulas* estreitas e translúcidas. Opostos às válvulas semilunares, a parede arterial apresenta três *seios de Valsalva*, cujas paredes são mais finas do que em qualquer outra parte da artéria. A face superior de cada válvula, profundamente côncava, é o limite inferior de cada seio.

## CÂMARA ATRIAL DIREITA

**Átrio direito.** O *septo interatrial* é oblíquo. Assim, o *átrio direito*, uma câmara grosseiramente quadrangular, está anterior e à direita do esquerdo. A *aurícula* projeta-se para a esquerda a partir da parte anterior mais alta do átrio direito, sobrepondo-se ao lado direito da parte ascendente da aorta.

A parede posterior da aurícula direita, que corresponde ao septo interatrial, apresenta na sua parte inferior, logo acima do óstio da veia cava inferior, a depressão elíptica da *fossa oval*.

Os *músculos pectinados* estendem-se antero-lateralmente da crista terminal e inclinam-se em direção ao óstio atrioventricular.

Na parte anteroinferior do átrio direito, está o grande *óstio atrioventricular* oval; sua margem é a linha de inserção da *valva atrioventricular direita*.

**Triângulo de Koch.** Essa área é uma zona triangular na parte inferior da parede septal da câmara atrial direita, entre a base da cúspide septal da valva tricúspide, o óstio coronário e o *tendão subendocárdico de Todaro*. Esse último é uma corda curva, colagenosa, redonda e palpável a partir do lado direito do

esqueleto cardíaco até a extremidade esquerda do óstio da veia cava inferior. O triângulo é um marco de importância cirúrgica, indicando o local onde se localiza o nodo atrioventricular e o início do feixe atrioventricular.

*Sinus venarum.* Também denominado *seio das veias cavas*, o *sinus venarum* é a parte posterior da câmara atrial direita, onde as veias cavas terminam. O seio tem paredes internas lisas e é derivado do seio venoso embrionário. Por dentro do átrio, o seio das veias cavas é limitado à direita pela *crista terminal*, uma crista muscular lisa que corresponde externamente ao *sulco terminal*. Anterior ao *sinus venarum*, portanto dele separado pelo sulco terminal, está o *átrio propriamente dito*, uma parte enrugada derivada do próprio átrio embrionário e contínua, anteriormente, com a aurícula. Por conseguinte, o átrio e a aurícula são separados do seio das veias cavas pela crista terminal, principalmente na parede lateral da base cardíaca. No embrião, o sulco terminal marca a junção do átrio com o seio venoso. Superiormente, a crista terminal acomoda o *nó sinoatrial*; seu restante contém o trajeto do *trato internodal posterior*.

Abrem-se no interior do *sinus venarum* os seguintes vasos: (1) a *veia cava superior*, que retorna o sangue da região superior do corpo, desemboca no átrio direito súpero-posteriormente em um óstio avalvulado, (2) a *veia cava inferior*, maior do que a cava superior, retorna o sangue da parte inferior do corpo para a parte mais inferior do átrio próximo de seu septo em um óstio com a *válvula de Eustáquio*, rudimentar, (3) o *seio coronário*, que retorna a maior parte do sangue do próprio coração, abrindo-se entre o óstio da veia cava inferior e o óstio atrioventricular, protegido por uma delgada *válvula semicircular do seio coronário* ou *válvula de Thebésio*, a qual impede a regurgitação de sangue para dentro do seio durante a contração do átrio, e (4) os *forames das veias cardíacas mínimas*, que drenam uma pequena porção do sangue intramiocárdico diretamente para o *sinus venarum*.

## VENTRÍCULO DIREITO (VD)

O VD estende-se a partir do óstio da valva tricúspide até quase o ápice do coração. Daí então sobe para a esquerda como o *cone arterioso* ou *infundíbulo*, alcançando o óstio pulmonar em um trajeto que forma ângulo obtuso no ápice do VD.

O *septo interventricular* é a parede esquerda e posterior do VD, que se salienta em direção a esta câmara, de modo que, em secções através do eixo do coração, o contorno do VD é crescentiforme. A parede do VD é 3 a 5 mm, mais fina do que a do esquerdo, em uma razão de aproximadamente 1 para 3.

As faces internas dos *tratos aferente e eferente* do VD estão em completo contraste, a transição entre os dois sendo, superiormente, a *crista supraventricular* e, anteroinferiormente, próximo do ápice do VD, a *trabécula septomarginal*. A crista supraventricular, um arco muscular maciço entre os óstios atrioventricular direito e pulmonar, é oblíqua, curvando-se para frente e direita desde o septo interventricular até a parede antero-lateral do VD.

O *trato aferente* possui paredes enrugadas pelas *trabéculas cárneas*, que são cristas, colunas, faixas ou protruções musculares irregulares, cobertas por endocárdio, que se projetam na cavidade. O *trato eferente, cone arterioso* ou *infundíbulo*, com paredes lisas, sobe para a esquerda e posteriormente para o óstio do tronco pulmonar. Sua persistência como o canal eferente direito é atribuível ao apoio que ele fornece para a valva do tronco pulmonar durante a diástole, pois sua parede muscular retém o tono contrátil durante toda a diástole do ventrículo, suportando assim as cúspides valvares.

Os *folíolos* da *valva atrioventricular direita*, geralmente em número de três, daí o nome *tricúspide*, são *anterior, posterior e septal*, correspondendo aos setores homônimos do óstio atrioventricular.

Os *músculos papilares* principais compreendem os maiores, *anterior e posterior*, e o *músculo do cone*, menor. O músculo papilar anterior se origina da parede esternocostal próximo ao ápice e se funde com a trabécula septomarginal, suas cordas tendíneas se inserindo nas cúspides anterior e posterior. O músculo posterior origina-se do miocárdio ventrículo-septal, também próximo ao ápice, com suas cordas indo para as cúspides posterior e septal. O pequeno músculo papilar do cone se origina da parede septal abaixo da crista supraventricular e se insere, via cordas tendíneas, nas cúspides anterior e septal.

A *trabécula septomarginal*, uma faixa muscular curvada desde a parte inferior do septo interventricular até a base do músculo papilar anterior, forma o limite inferior do trato aferente do VD e contém uma continuação do ramo direito do fascículo atrioventricular do tecido condutor. Seu nome alternativo, *faixa moderadora*, registra uma antiga ideia de que ela impediria a distensão excessiva do ventrículo.

A *valva do tronco pulmonar*, a valva eferente do VD, eleva-se acima do infundíbulo, está um pouco isolada das outras três valvas e é ântero-superior a elas. Possui três folíolos, dois *anteriores (direito e esquerdo)* e um *posterior*.

## CÂMARA ATRIAL ESQUERDA

Embora menor em volume do que a direita, a câmara atrial esquerda possui paredes mais espessas, de 3 mm em média; é grosseiramente cuboide e

estende-se atrás do átrio direito, separado dele pelo septo interatrial. As quatro *veias pulmonares* abrem-se na suas faces posterolaterais superiores, duas de cada lado, com óstios lisos, ovais e avalvulados.

**Átrio esquerdo.** Menor que o direito, o átrio esquerdo se encontra à esquerda, junto ao tronco pulmonar. Algumas vezes, o átrio esquerdo é tão reduzido que se restringe apenas à sua aurícula.

A *aurícula esquerda*, mais longa, estreita e indenteda que a direita, curva-se para frente à esquerda do tronco pulmonar, sobrepondo-se a sua raiz. Os *músculos pectinados*, poucos e menores do que no átrio direito, estão confinados à aurícula esquerda.

**Seio venoso pulmonar.** A cavidade principal da câmara atrial esquerda é formada pela fusão das partes terminais das veias pulmonares, ou seja, pelo seio venoso pulmonar.

## VENTRÍCULO ESQUERDO (VE)

Em contraste com o VD, a construção do VE atende a sua função como uma bomba poderosa para sustentar o fluxo pulsátil nas artérias sistêmicas de alta pressão. Mais longo e estreito que o VD, seu eixo se dirige para frente-esquerda. Em secção transversal em ângulo reto com seu eixo, sua cavidade é oval com as paredes de 8 a 12 mm de espessura, ou seja, três vezes mais espessas do que no VD.

Como o VD, o VE possui um *óstio e trato eferentes* contínuos com o *óstio e trato aferentes*, com complexos valvulares anexos. O óstio atrioventricular esquerdo, com sua valva mitral, recebe o sangue proveniente do átrio durante a diástole, com o influxo sendo direcionado para o ápice do coração. Após o fechamento da valva mitral e durante toda a fase de ejeção da sístole, o sangue é expelido do ápice através do óstio da aorta, definindo o vetor de efluxo. Ao contrário do que ocorre no VD, os vetores de influxo e efluxo são agudamente angulados e próximos um do outro.

A parede antero-direita do VE é o *septo interventricular*, espesso e muscular. Em direção ao óstio da aorta, o septo torna-se a delgada e colagenosa *parte membranácea do septo*, uma área arredondada abaixo e parcialmente confluyente com os suportes fibrosos das cúspides anterior e posterior direita da valva aórtica.

As *trabéculas cárneas* são maiores e mais intrincadas do que no VD, formando um labirinto muito denso.



A valva mitral é dividida em (1) *cúspide anterior, aórtica, septal, maior* ou *ântero-medial* e (2) *cúspide posterior, ventricular, mural, menor* ou *póstero-lateral*.

O *músculo papilar anterior* origina-se do miocárdio mural esternocostal; o *posterior*, da região diafragmática. As cordas tendíneas originam-se da ponta e do terço apical de cada músculo, divergem e são inseridas em ambas as cúspides da valva mitral.

O *trato eferente* do VE, ou *vestíbulo da aorta*, é liso e se localiza logo abaixo da valva aórtica, cujas margens se inserem na raiz da aorta. Embora mais forte, a *valva da aorta* assemelha-se à valva do tronco pulmonar, consistindo em um complexo anel fibroso com três válvulas semilunares inseridas em três dilatações da parede da aorta, os *seios da aorta*, um correspondente para cada cúspide.

Os *seios da aorta* são mais proeminentes que os do tronco pulmonar. O limite superior de cada seio alcança consideravelmente além do nível da margem livre da válvula e é uma bem definida *crista supraválvula*. No nível médio do seio, sua parede é aproximadamente a metade da espessura da parede supraválvula da aorta e menos do que um quarto da crista supraválvula. Nesse nível médio, o diâmetro luminal da raiz da aorta é quase o dobro daquele do início da parte ascendente da aorta.

Os termos para os nomes das válvulas aórticas são baseados nas posições no adulto: *anterior, posterior esquerda e posterior direita*. Mas uma terminologia clínica muito difundida liga as válvulas às origens das artérias coronárias. Assim, a *anterior* é a *coronária direita*, a *posterior esquerda* é a *coronária esquerda* e a *posterior direita* a *não coronária*.

## PERICÁRDIO

O pericárdio é a membrana que reveste externamente o miocárdio e as raízes dos grandes vasos. Embora seja uma única estrutura, o pericárdio é comumente descrito como *fibroso e seroso*.

O pericárdio contém o coração e as partes justacardíacas de seus grandes vasos. Está situado posterior ao corpo do esterno e às cartilagens costais da 2<sup>a</sup> à 6<sup>a</sup> e anterior às vértebras T<sub>5</sub>-T<sub>8</sub>.

**Pericárdio fibroso.** Também denominado de *saco fibroso*, o *pericárdio fibroso* constitui a camada mais externa do pericárdio. Forma uma resistente bolsa retroesternal cônica, cujo ápice é fundido com a túnica adventícia dos grandes vasos e a base com o centro tendíneo do diafragma. Anteriormente, o

saco fibroso está preso ao esterno, e posteriormente, à coluna vertebral através dos *ligamentos esternopericárdicos* e *pericardicovertebrais*, respectivamente. Por essas conexões, o pericárdio está seguramente ancorado e mantém a posição torácica do coração e evita a superdistensão do órgão.

**Pericárdio seroso.** O pericárdio seroso é um revestimento contínuo, invaginado e fechado que fica aderido ao saco fibroso, externamente, e a superfície cardíaca, internamente. A parte que reveste a face interna do saco fibroso é a *lâmina parietal* do pericárdio seroso, a qual se reflete em torno das bases dos grandes vasos e se continua com a parte do pericárdio seroso que reveste a superfície externa do coração denominada *lâmina visceral* ou *epicárdio*. Entre o epicárdio e a lâmina parietal existe a *cavidade pericárdica*, um espaço virtual preenchido por uma película de líquido aquoso que torna a superfície externa cardíaca lisa e escorregadia, logrando movimentos livres de atrito durante a sístole e a diástole.

**Seios pericárdicos, mesocárdios e hilo cardíaco.** Na face anterior do coração, o epicárdio não sofre reflexões para o pericárdio parietal, de modo que a cavidade pericárdica torna-se um espaço virtual contínuo. Na base do coração, entretanto, a reflexão do epicárdio arruma-se como dois tubos serosos, a aorta e o tronco pulmonar incluídos em um – o *mesocárdio arterial* –, e as veias cavas e pulmonares no outro – o *mesocárdio venoso*.

Na face posterior do coração, porém, a configuração das reflexões epicardioparietais ocorrem a partir dos mesocárdios ao longo dos limites dos *seios oblíquo* e *transverso*, fazendo com que a cavidade pericárdica dorsal seja interrompida. O seio oblíquo é um recesso em forma de J invertido, situado entre o átrio esquerdo, na frente, o esôfago, atrás, a veia cava inferior, abaixo, e as veias pulmonares, acima. O seio transverso é uma comunicação virtual entre os lados direito e esquerdo da cavidade pericárdica anterior contínua, ao longo de um intervalo onde os mesocárdios arterial e venoso são separados; o seio transverso situa-se acima do seio oblíquo, entre a veia cava superior e o átrio esquerdo, atrás, e o tronco pulmonar e a aorta, na frente.

A presença dos mesocárdios atesta que o coração possui o seu próprio hilo. Entretanto, este não é tão organizado quanto o hilo do pulmão, no qual os vasos e nervos estão concentrado em um local restrito e são englobados por um único envoltório seroso, e não por dois, como nos mesocárdios. Ademais, no hilo cardíaco, os vasos estão muito espalhados pela base do coração e os nervos penetram difusamente no órgão, pela frente e por trás do arco da aorta.

## COMPLEXO ESTIMULANTE

O complexo estimulante do coração (CEC) é responsável pela origem, ritmicidade e transmissão do *impulso cardíaco*, o qual é uma onda despolarizante que coordena as contrações miocárdicas. O CEC é formado sucessivamente pelo *nodo sinoatrial (NSA)*, *feixes internodais*, *nodo átrio-ventricular (NAV)*, *feixes atrioventriculares direito e esquerdo (FAV, feixes de His)* e *fibras condutoras terminais de Purkinje* (figura 14). Cada componente corresponde a acúmulos subendocárdicos de fibras miocárdicas especializadas, em locais estratégicos, que fazem com que a despolarização ocorra de cima para baixo, inicialmente nos átrios e depois nos ventrículos. À medida que o impulso vai descendo, as partes vizinhas do coração vão se contraindo sincronicamente.

### NSA

Cada ciclo começa pela geração espontânea de um potencial de ação no nodo sinoatrial (NSA), que se localiza na parte mais alta do coração, no topo da crista terminal. O nodo é alongado, estendendo-se para a direita a partir do sulco entre a aurícula direita e a face antero-lateral da terminação da veia cava superior, continuando póstero-inferiormente na parte superior da crista terminal.

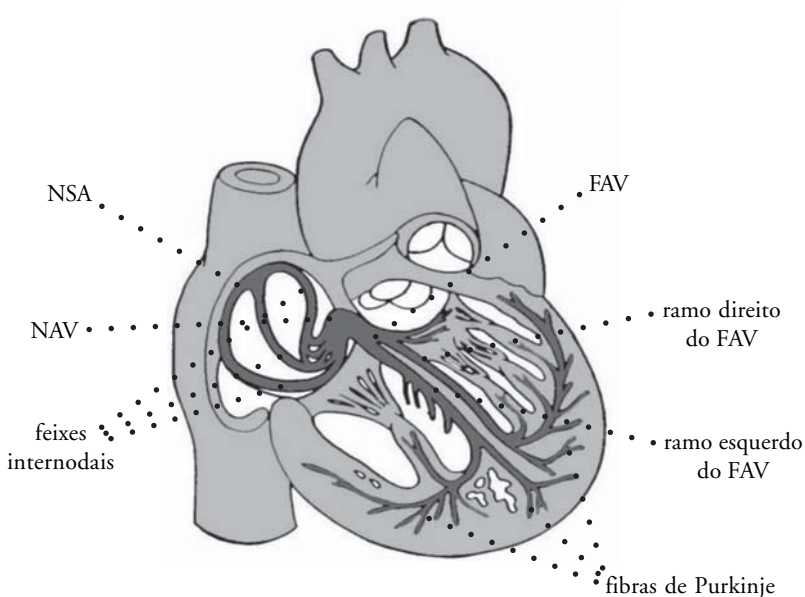


Figura 14 - Complexo estimulante do coração.

O NSA tem a forma de um tacape, com uma cabeça, corpo e cauda, e mede cerca de 2 cm de comprimento, 1 mm de espessura e 3 mm de largura. Uma característica marcante do NSA é sua artéria, o *ramo do NSA*, de calibre desproporcionalmente grande e com túnica externa espessa. Essa túnica cumpre uma função sensorial, respondendo à pressão e à pulsação da aorta, como parte de um *mecanismo de retroalimentação* que estabiliza o ritmo apropriado do NSA.

Durante o repouso, NSA pulsa ritmicamente de 60 a 100 vezes por minuto, determinando a frequência dos batimentos cardíacos.

## NAV

O nodo átrio-ventricular (NAV) é oval, com dimensões de 3 mm na vertical de 1 mm na transversal. Seu longo eixo é antero-posterior, com cerca de 8 mm de extensão. O NAV está localizado sob o endocárdio no triângulo de *Koch*, atrás da inserção basilar da cúspide septal da valva tricúspide, 1 cm acima e à esquerda do óstio do seio coronário e envolvido pelo tendão de *Todaro*.

## FEIXES INTERNODAIS

Há duas hipóteses que descrevem o caminho que o impulso cardíaco gerado no NSA se propaga para o NAV, localizado mais abaixo, junto ao septo interatrial. A mais tradicional, usada nos ensinamentos dos textos fisiológicos, reza que a atividade sinoatrial excita diretamente os miócitos do átrio, com difusão radial por meio dos nexos intercelulares para ambos os átrios, a excitação eventualmente alcançando o NAV. Portanto, o impulso se propagaria pelo próprio músculo atrial, não havendo feixes miocárdios específicos entre o NSA e o NAV.

A segunda hipótese, mais recente e aceita, admite a existência de rotas especializadas, os *tratos internodais anterior, médio e posterior*, que unem em leque os NSA e NAV ao longo da parte posterior do átrio direito, de modo que o impulso chegaria mais rapidamente ao NAV do que poderia se tivesse viajado pelo miocárdio comum: a velocidade de condução no músculo atrial é em torno de 0,3 m/s e de 1 m/s nos feixes internodais. O impulso passaria para a câmara atrial esquerda por uma bifurcação do trato internodal anterior, o *fascículo de Bachmann*, que atravessaria o septo interatrial e se distribuiria para o miócitos atriais esquerdos.

## FAV

O NAV capta o impulso e o conduz mais distalmente através de um fascículo muito delicado de cardiomiócitos, o *feixe atrioventricular* (FAV), o qual é embainhado por uma tênue camada de tecido conjuntivo. O FAV se dirige para a parte superior fibrosa do septo interventricular, passando neste local pelo esqueleto cardíaco. Na borda superior muscular do septo interventricular, o FAV se divide em *FAV's direito e esquerdo*. Estes feixes transitam na superfície interna do coração, logo abaixo do endocárdio, entre este e o miocárdio.

**FAV direito.** O FAV direito é um feixe roliço que se estende para baixo na face ventricular direita do septo interventricular muscular. Cruza a parte inferior do ventrículo na *faixa moderadora*, próximo ao ápice do VD, para penetrar no músculo papilar anterior direito.

**FAV esquerdo.** O FAV esquerdo é um conjunto maior e menos definido de fibras condutoras localizado no lado esquerdo do septo interventricular muscular. O FAV esquerdo é mal delimitado, porque numerosos e finos fascículos, separadamente embainhados, deixam a margem esquerda do FAV-mãe ao longo de seu curso pelo septo membranáceo. Esses fascículos formam uma lâmina achatada que se arqueia sobre o septo interventricular muscular. A lâmina diverge apicalmente através da face esquerda do septo interventricular, e logo se separa em lâminas anterior e posterior para os músculos papilares correspondentes. Finos ramos deixam as lâminas, formando redes subendocárdicas, que primeiro circundam os músculos papilares e, então, curvam-se para trás subendocardicamente para todas as partes do ventrículo.

**Faixas ventriculares esquerdas.** Existem estruturas que possuem um curso livre através da cavidade do ventrículo, unindo-se terminalmente com os músculos papilares ou a pontos das paredes do VE. São as *faixas ventriculares esquerdas*, algumas vezes confundidas com as falsas cordas tendíneas. Elas ocorrem em aproximadamente 50% dos corações humanos. Essas faixas de tecido fibromuscular contêm miócitos de Purkinje. Seu papel na condução do impulso cardíaco não é conhecido.

## FIBRAS DE PURKINJE

Os FAV's gradativamente se dividem nas finas fibras de Purkinje que se ramificam e, finalmente, fazem íntimo contato com o tecido muscular, levando o impulso a todas as células musculares dos ventrículos.

Os ramos principais do FAV são isolados do miocárdio adjacente por bainhas de tecido conectivo, com os contatos funcionais entre os miócitos de Purkinje e o miocárdio ventricular, tornando-se numerosos somente nos retículos terminais subendocárdicos. Por esta razão, os músculos papilares se contraem primeiro, seguidos por uma onda de excitação e contração que viaja do ápice do ventrículo até o trato e óstio eferentes basilares. Porque a rede de Purkinje é subendocárdica, a excitação ventricular prossegue da face endocárdica para a face epicárdica. Pouco se sabe a respeito do desenvolvimento dos miócitos de Purkinje nas paredes ventriculares. Mesmo seu grau de penetração é incerto.

### VASCULARIZAÇÃO DO CEC

O *ramo do NSA* é distribuído amplamente para ambos os átrios, principalmente para o direito. Esse ramo arterial geralmente se origina da coronária direita, passa para trás no sulco entre a aurícula direita e a aorta, se ramifica em torno da base da veia cava superior e envia um grande ramo que cruza o NSA para a crista terminal.

A maior artéria septal posterior, geralmente a primeira, é proveniente da coronária direita na cruz do coração; essa *grande artéria septal posterior* supre o NAV em 80% dos corações.

Respectivamente, as coronárias direita e esquerda suprem o NSA em 55 e 45% dos casos, e o NAV, em 90% e 10%.

### INERVAÇÃO

O ciclo cardíaco é harmonizado no ritmo, força e débito por meio de um suprimento nervoso extrínseco, operando sobre o tecido nodal, vasos coronários e diretamente sobre o miocárdio. Esse suprimento é autônomo, eferente e aferente, formado de *fibras parassimpáticas* e *simpáticas*. Aproximando-se do coração, esses nervos se misturam e formam uma rede neural, o *plexo cardíaco*, que emite ramos que descem na frente e atrás do arco da aorta e se distribuem para os vasos coronários e túnicas cardíacas, especialmente para o miocárdio.

### FIBRAS PARASSIMPÁTICAS

Estas fibras nervosas autônomas alcançam o coração através de ramos do *nervo vago*. As fibras pré-ganglionares do vago prosseguem a partir de suas origens no bulbo. Os axônios pré-ganglionares do nervo saem nos ramos

cardíacos para alcançarem o *plexo cardíaco* sem interrupção. Os nervos parassimpáticos terminam principalmente nos NSA e NAV.

## FIBRAS SIMPÁTICAS

As fibras simpáticas alcançam o coração através de ramos do *tronco simpático*. Os neurônios pré-ganglionares simpáticos estão localizados na coluna cinzenta lateral da medula espinal do tórax, nos seis segmentos superiores. As fibras pré-ganglionares provenientes destas fontes terminam nos gânglios cervicais e no terceiro e quarto gânglios simpáticos torácicos, a partir dos quais os *nervos cardíacos* bilaterais de fibras pós-ganglionares prosseguem para o coração. Os nervos simpáticos, ao contrário dos vagais, se distribuem para todas as partes do coração, com forte preferência para o músculo ventricular.

## VASCULARIZAÇÃO CARDÍACA

Cerca de 1/3 de todas as mortes no mundo ocidental é consequência de coronariopatias, e quase todas as pessoas idosas têm algum tipo de distúrbio da circulação arterial coronariana. Por essa razão, nunca é demais enfatizar a anatomia e a fisiologia da circulação coronariana.

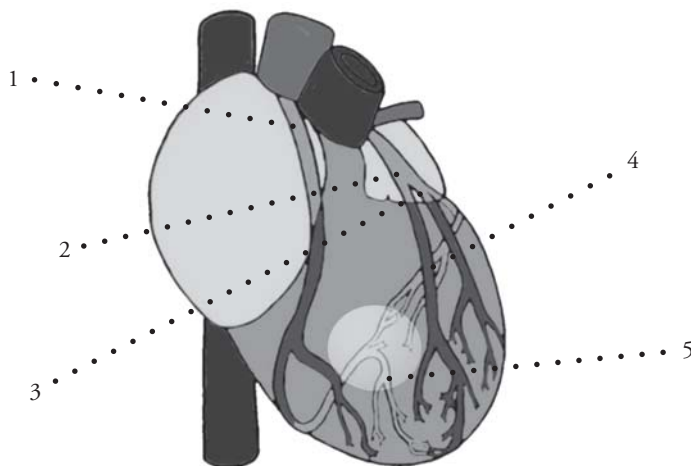
## ARTÉRIAS CORONÁRIAS

Devido à grande espessura e demanda energética do miocárdio, a nutrição não se dá por passagem direta de oxigênio e nutrientes das câmaras cardíacas para o músculo. O sangue é conduzido à profundidade da parede cardíaca por canais vasculares denominados *artérias e veias coronárias*, os quais são conhecidos em conjunto como *vasos coronários* (figuras 15 e 16).

O miocárdio exige um grande suprimento de sangue recém-oxigenado, que é fornecido pelas artérias coronárias direita e esquerda, originadas da aorta ascendente imediatamente acima da valva aórtica. O sangue que flui por esses vasos é distribuído para o coração por ramos que passam pela superfície externa do órgão, entre o epicárdio e o miocárdio. Em seguida, o sangue é levado para artérias de menor calibre e arteríolas, que penetram no miocárdio, se reduzem de diâmetro até formar capilares. Estes se insinuam entre as fibras miocárdicas. A partir dos capilares, oxigênio e nutrientes, são ofertados para as células musculares por difusão.

As artérias coronárias, como indicado por seus nomes, formam uma *coroa invertida*, com um círculo anastomótico no sulco atrioventricular unido por alças marginais e interventriculares que se interceptam no ápice do coração, embora o

grau de anastomose seja insignificante. As artérias principais e os ramos mais importantes são subepicárdicos, mas aqueles nos sulcos atrioventriculares e interventriculares estão muitas vezes profundamente localizados no miocárdio.



**Figura 15** - Artérias coronárias, *dominância direita*. 1: coronária direita, 2 coronária esquerda, 3: ramo circunflexo, 4: ramo interventricular anterior, 5: ramo interventricular posterior; círculo claro: *cruz do coração*.

**Coronária direita.** Originando-se a partir do seio anterior da aorta, a artéria coronária *direita* passa à direita entre a aurícula direita e o tronco pulmonar. Alcançando o sulco atrioventricular, desce verticalmente nesse, na margem direita do coração, em seguida curva-se em torno dela continuando na parte posterior do sulco coronário até a cruz do coração. Em cerca de 60% dos casos, a artéria alcança a cruz e termina um pouco à esquerda dela por meio de uma anastomose variável com o ramo circunflexo da artéria coronária esquerda. Em uma minoria, a artéria coronária direita termina próximo da margem direita do coração (cerca de 10%) ou entre essa e a cruz do coração (cerca de 10%). Mais frequentemente (cerca de 20%), ela pode alcançar a margem esquerda, substituindo parte da artéria circunflexa.

**Coronária esquerda.** O tronco inicial da coronária esquerda está entre o seu óstio no seio posterior esquerdo da aorta e seus primeiros ramos, terminando próximo à borda inferior da aurícula esquerda. A coronária esquerda varia de comprimento, indo de uns poucos milímetros até uns poucos centí-



metros. O tronco se situa entre o tronco pulmonar e a aurícula esquerda, emergindo no sulco atrioventricular, no qual ele se curva para a esquerda. Alcançando o sulco coronário, a coronária esquerda se divide em dois ou três ramos principais, com seu ramo *interventricular anterior*, descendente, sendo sua continuação; esse desce para frente-esquerda, no sulco interventricular anterior, alcança o ápice, curva-se em torno dele no sulco interventricular posterior para encontrar os ramúsculos terminais do ramo coronário direito correspondente.

O *ramo circunflexo* da artéria coronária esquerda, de diâmetro comparável à artéria interventricular anterior, curva-se para a esquerda no sulco atrioventricular, continua em torno da margem esquerda do coração na parte posterior do sulco e termina à esquerda da cruz, mas algumas vezes continua como uma artéria interventricular posterior. Proximalmente, a aurícula esquerda se justapõe a ele.

**Dominância.** Os detalhes da distribuição sanguínea coronária requerem um conceito de suprimento total do coração, uma vez que os territórios de irrigação (quadro 1) podem variar de um indivíduo a outro.

As variações afetam principalmente a face diafragmática dos ventrículos, configurando a dominância do suprimento pela artéria coronária direita ou esquerda. O termo dominância é questionável, visto que a artéria esquerda quase sempre supre maior volume de tecido. Em 90% dos indivíduos, a artéria coronária direita atinge a cruz do coração e fornece os ramos para o NAV e para o terço ínfero-basal do septo interventricular. Esse padrão é denominado *distribuição dominante direita*. Em 10% dos casos, um ramo da coronária esquerda atinge a cruz do coração e dá origem ao ramo descendente posterior e ao ramo do NAV. Esse padrão é o *dominante esquerdo* e a pequena coronária direita irriga apenas o ventrículo direito.

No *padrão balanceado*, os ramos de ambas correm no sulco ou próximo desse. Cada câmara atrial é vascularizada especialmente pela coronária homônima.

TERRITÓRIO CORONÁRIO	
coronária direita	coronária esquerda
átrios, VD ântero-posterior (>), septo IV posterior, VE posterior, NSA, NAV e FAV	átrios, VD médio-anterior, septo IV anterior (>), VE anterior (>) e FAV's

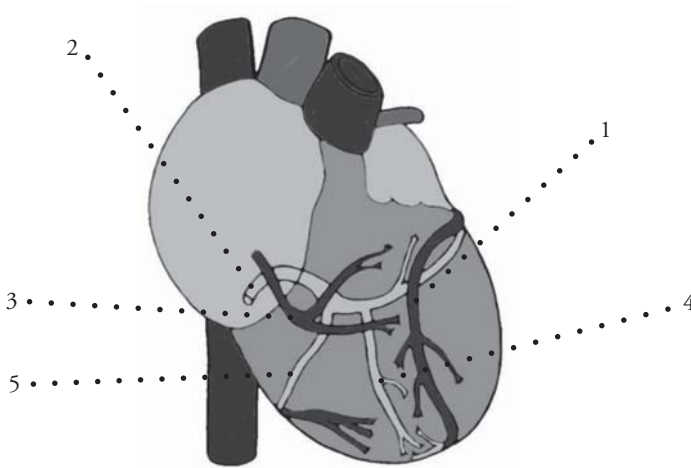
Quadro 1 - Território coronário.

## VEIAS CORONÁRIAS

As veias coronárias (figura 16) diferenciam-se das demais do corpo porque são as únicas veias que começam e terminam em um mesmo órgão, no caso, o coração. Além disso, o sangue flui através delas durante a sístole.

As veias coronárias podem ser agrupadas como: (1) *seio coronário* e suas tributárias, retornando para o átrio direito o sangue de quase todo o coração, exceto da região anterior do VD e de pequenas partes variáveis de ambos os átrios e VE; (2) as *veias cardíacas anteriores*, que drenam a parte anterior do VD e a região em torno da margem direita do coração, terminam no átrio direito, perto do sulco coronário; (3) as *veias cardíacas mínimas de Thebésio*, saindo diretamente do miocárdio e desembocando, após um curto trajeto intramural, nas câmaras direitas e, em uma extensão menor, no átrio esquerdo e no VE.

Cerca de 2/3 da drenagem venosa do coração são realizadas pelo seio coronário. O resto do sangue drena por meio das veias cardíacas anteriores e mínimas diretamente para a cavidade do coração.



**Figura 16** - Veias coronárias. 1: veia cardíaca magna, 2: seio coronário, 3: veia cardíaca anterior, 4: veia cardíaca média, 5: veia cardíaca parva.

---

## MICROANATOMIA

---

O coração é formado de (1) uma parede externa, flexível e elástica, constituída pela justaposição de suas três túnicas, o *endocárdio* interno, o *miocárdio*

médio e o *pericárdio* externo, e de (2) outra rígida, inextensível, no centro do órgão, o *esqueleto cardíaco*.

## TÚNICAS CARDÍACAS

### ENDOCÁRDIO

O endocárdio é a camada que reveste a superfície luminal do coração, isto é, a que está em contato com o sangue. O endocárdio equivale ao endotélio dos vasos, sendo, assim, um epitélio simples pavimentoso que se continua com o epitélio dos grandes vasos cardíacos. Unindo o miocárdio ao endocárdio está uma *camada subendocárdica* conjuntiva, onde correm os ramos do CEC.

### MIOCÁRDIO

**Cardiomiócitos.** O miocárdio é composto de feixes de células com um único núcleo central, os *cardiomiócitos*, os quais podem se dividir em dois ou mais ramos nas suas extremidades, que estão em contato com outras células, dando ao miocárdio uma aparência de uma treliça de cilindros que se ramificam e se anastomosam.

Por serem bem mais longos que calibrosos, os cardiomiócitos assumem o aspecto de uma fina corda, daí serem também denominados de  *fibras cardíacas* . Os tratos de miócitos, que variam de poucas centenas a muitos milhares, são divididos em fascículos pelo *perimísio*, assim como também no músculo esquelético. Os feixes de cardiomiócitos envolvem as cavidades cardíacas de modo complexo e espiralado, a maioria se originando e inserindo no esqueleto cardíaco.

Os cardiomiócitos têm no seu citoplasma miofibrilas típicas formadas de filamentos de actina e de miosina, quase idênticos aos encontrados no músculo esquelético; esses filamentos situam-se lado a lado e deslizam uns sobre os outros durante a contração, do mesmo modo que ocorre no músculo esquelético. Em conjunto, as miofibrilas de todos os cardiomiócitos conferem ao miocárdio o seu aspecto estriado peculiar.

Os *discos intercalados* são estriações transversais bem evidentes situadas nas extremidades dos miócitos, que configuram regiões especiais do sarcolema e do citoplasma subjacente nas junções entre os miócitos. Nos discos, os miócitos estão ancorados um ao outro por meio de largas faixas de desmosomas que se alternam com *junções comunicantes abertas*, estes últimos sendo o meio pelo

qual os miócitos cardíacos são acoplados eletricamente. A resistência elétrica através do disco intercalar é de somente 1/400 da resistência da membrana externa da fibra cardíaca, graças a presença das junções. Por esta razão, a excitação e a contração espalham-se rapidamente ao longo dos tratos das células interligadas, e o coração comporta-se eletricamente como um *sinclício*, que permitem a difusão intensa de íons.

Mitocôndrias grandes e numerosas estão intercaladas entre as aglomerações de miofilamentos citoplasmáticos. Glicogênio, mioglobina e enzimas oxidantes estão presentes em grandes quantidades nos cardiomiócitos. Estas características, como aquelas do músculo esquelético de contração lenta, refletem a alta demanda de oxigênio e o constante dispêndio de energia do músculo cardíaco, assim como a riqueza do leito vascular do miocárdio e o conseqüente fluxo sanguíneo. Os miócitos cardíacos possuem um ritmo espontâneo de contração e relaxamento, mesmo quando isolados.

Axônios amielínicos pós-ganglionares, simpáticos e parassimpáticos, permeiam os septos de tecido conectivo do coração e terminam próximos dos miócitos individuais, mas não entram em contato com eles.

Existem três tipos principais de fibras miocárdicas: as *atriais*, as *ventriculares* e as *condutoras*. As duas primeiras são cardiomiócitos gerais e se contraem muito semelhante ao músculo esquelético, excetuando-se a duração da contração, que é bem maior.

**Fibras condutoras.** As fibras condutoras são cardiomiócitos especiais, que se encurtam fracamente porque têm poucas fibrilas contráteis. Ao contrário, exibem ritmicidade e alta velocidade de condução.

Três tipos principais de miócitos condutores formam o CEC: os *nodais*, *transicionais* e os de *Purkinje*. Os miócitos nodais, responsáveis por atividades de marcapassos, são células mononucleadas, arredondadas, cilíndricas ou poligonais, 3 a 5 vezes mais finas que as fibras musculares atriais circunvizinhas. Possuem poucas miofibrilas, orientadas ao acaso, e ausência de um sistema sarcotubular regular. As fibras nodais conectam-se com as fibras musculares atriais, de modo que qualquer potencial de ação originado no NSA se propaga imediatamente para a parede muscular atrial.

Os miócitos transicionais são mais estreitos do que os miócitos cardíacos gerais, mas possuem o mesmo tipo de aparelho contrátil.

As células de Purkinje são miócitos grandes, porém, em comparação com os cardiomiócitos comuns, são células mais largas e curtas e com zonas comunicantes maiores. Eles contêm poucas miofibrilas, abundantes

mitocôndrias, glicogênio e sistema sarcotubular, todas características relacionadas com a condução rápida nas fibras de Purkinje (3 metros/segundo contra 0,6 metros/segundo no miocárdio).

A maioria dos miócitos nodais está confinada ao centro do NSA, onde são circundados por miócitos transicionais que os separam de miócitos gerais. Os miócitos nodais são poucos no NAV; aqui, a população principal é de miócitos transicionais distribuídos de modo irregular, mas que se arrumam progressivamente para formar a parte proximal do FAV, interpondo-se como vias de conexão entre os miócitos nodais e os de Purkinje; os miócitos transicionais são responsáveis pelo retardamento da condução atrioventricular, pois são células condutoras lentas de impulsos cardíacos.

As faces externas do NAV são envolvidas por miócitos de Purkinje, os quais convergem distalmente para formar a parte distal do FAV e, a partir daí, seus ramos direito e esquerdo. As extremidades terminais das fibras de Purkinje penetram no 1/3 subendocárdico da massa muscular e, em seguida, tornam-se contínuas com as fibras musculares cardíacas. Ao contrário dos miócitos transicionais, as células de Purkinje são condutoras rápidas.

## PERICÁRDIO

O pericárdio fibroso é formado de tecido colágeno denso; o pericárdio seroso, por um *mesotélio*, ou seja, uma camada única de células achatadas que se apóiam sobre uma camada areolar subserosa, que se funde com o pericárdio fibroso, externamente, e com o tecido miocárdico intersticial, internamente. Sobre a face externa do miocárdio, o pericárdio seroso recebe o nome de *pericárdio visceral* ou *epicárdio*, o qual contém gordura em grande quantidade. Os principais vasos e nervos do coração estão imersos nessa *gordura subepicárdica*.

## ESQUELETO FIBROSO

O esqueleto fibroso é uma massa complexa, contínua e deformável de tecido fibroso grosso, localizado na altura do sulco coronário, na base dos ventrículos, formado pela fusão do tecido conjuntivo denso da parte membranácea do septo interventricular com os trígono fibrosos e anéis das quatro valvas cardíacas. Não contém fibras miocárdicas contráteis, mas é atravessado pelo FAV. O esqueleto tem estrutura de uma verdadeira aponeurose, com fibras colágenas calibrosas orientadas em todas as direções, em alguns locais podendo existir cartilagem fibrosa.

As valvas cardíacas são constituídas de duas a três *válvulas*, cada uma delas formada por um centro de tecido conjuntivo denso que se insere no esqueleto cardíaco, revestido em ambas as faces por endocárdio.

---

## FISILOGIA

---

A principal realização do coração é o *bombeamento de sangue*, mas o órgão também funciona como uma *glândula fraca* que atua no controle da quantidade de líquido no plasma, e como *reservatório sanguíneo*.

### FUNÇÃO HORMONAL

Os átrios cardíacos contêm células específicas que, quando distendidas em consequência da expansão do volume plasmático, secretam o *peptídeo natriurético atrial*, o qual inibe a reabsorção renal e, assim, aumenta a excreção de sódio e de água pelos túbulos renais. Essa descarga hidrossalina ajuda a fazer o volume sanguíneo retornar ao normal. Desse modo, o coração pode reduzir, embora fracamente em relação aos rins, a sobrecarga de volume sanguíneo que chega aos ventrículos.

### RESERVA SANGUÍNEA

Durante a diástole, o enchimento ventricular dilata o volume de cada ventrículo para aproximadamente 120 ml. Esse volume é chamado de *volume diastólico final*. À medida que os ventrículos se esvaziam durante a sístole, o volume diminui para cerca de 70 ml, o que é chamado de *débito sistólico*. O volume restante em cada ventrículo, de 50 ml, é chamado de *volume sistólico final*. A fração do volume diastólico final que é ejetada é chamada *fração de ejeção* – normalmente é igual a 60%.

Quando ocorre redução da volemia e, conseqüentemente, do retorno venoso para as câmaras atriais, o coração pode se contrair com maior intensidade para incrementar a fração de ejeção e, assim, se esvaziar mais plenamente. Isso injeta na circulação pulmonar ou sistêmica quantidades adicionais de sangue previamente armazenado como volume diastólico final. Caso contrário, ou seja, se o retorno venoso cresce, o sangue excedente é retido sob a

forma de um volume diastólico final aumentado. Dessa forma, o débito sistólico pode ser ajustado conforme as necessidades volêmicas, para mais quando o retorno venoso diminui, ou para menos, quando o retorno venoso aumenta.

## BOMBEAMENTO SANGUÍNEO

O coração humano é um par de bombas musculares valvuladas combinadas em um único órgão. Mas, enquanto sua estrutura fibromuscular e os tecidos condutores são estruturalmente entrelaçados, cada bomba (assim chamadas de coração direito e esquerdo) é fisiologicamente separada.

Na *estrutura quadricameral* do coração (quatro câmaras), dois átrios recebem o sangue venoso como reservatórios fracamente contráteis para o enchimento final dos ventrículos, e os dois ventrículos fornecem uma poderosa contração expulsiva, forçando o sangue para dentro dos troncos arteriais principais.

O trato eferente do VD descarrega no tronco pulmonar e, conseqüentemente, no leito vascular pulmonar, de baixa resistência. Muitas características estruturais do coração direito, incluindo a geometria global, vetores de influxo e efluxo, a menor espessura da parede miocárdica e a construção e os comprimentos relativos da valva atrioventricular direita, todas estão de acordo com os gradientes mais baixos de pressão do ventrículo direito em relação ao esquerdo.

O vasto leito vascular sistêmico apresenta alta resistência periférica que, com as grandes demandas metabólicas, especialmente as do encéfalo, explica a organização estrutural do coração esquerdo – sua geometria, vetores de fluxo, parâmetros das valvas mitral e aórtica e a espessura do miocárdio ventricular local. A fase de ejeção do ventrículo esquerdo é mais curta, mas suas flutuações de pressão são muito maiores.

## MORFOLOGIA E SITUAÇÃO CARDÍACA

A posição ocupada pelo coração é decisiva para sua *performance*. Localizado próximo ao centro do tórax, equidistante das extremidades, pode bombear equanimemente sangue para todos os segmentos corpóreos.

No mediastino, o coração está muito próximo aos pulmões, na verdade em contato com eles. Isso permite uma circulação pulmonar fácil, curta e de fluxo rápido, o que otimiza a hematose. A localização mediastínica também faz com que o coração seja protegido mecanicamente pelo esqueleto resistente e elástico da caixa torácica e da coluna vertebral.

O eixo de ejeção do coração dirige-se cranialmente, orientando a saída de sangue, através de seu vaso de maior fluxo, a aorta, preferencialmente para cima, em direção à estrutura humana mais sensível a deficiências circulatórias, o encéfalo.

O coração não tem bordas, ângulos ou pontas. Possui contornos arredondados e suaves que permitem o encaixe em estruturas vizinhas, sem causar-lhes danos durante seus movimentos incessantes.

## TÚNICAS CARDÍACAS

O bombeamento depende da contratilidade cardíaca e esta, por seu turno, é originada, mantida e controlada pela estrutura anatômica do coração.

O miocárdio é a túnica mais espessa e importante. Seus feixes de miócitos se contraem usando o centro rígido, o esqueleto fibroso cardíaco, como ponto de apoio. Essa contração reduz as dimensões das câmaras e causa a ejeção de sangue no sentido do ciclo cardíaco.

O pericárdio e o endocárdio potencializam o desempenho do miocárdio. O endocárdio oferece uma superfície interna polida que propicia um fluxo com mínima resistência. O sangue intracavitário permanece fluido graças ao endocárdio, pois este evita a ativação da cascata da coagulação e a formação de trombos intracardíacos.

## CEC

**Autoexcitação.** A contração do coração dos vertebrados é miogênica, originando-se nos cardiomiócitos, com as influências neurais simplesmente adaptando o ritmo intrínseco às demandas funcionais. Todos os miócitos do coração têm a propriedade intrínseca de *autoexcitação*, ou seja, têm uma rítmica e autônoma despolarização e repolarização das suas membranas celulares. A condução das ondas de despolarização ocorre por meio de junções comunicantes para os miócitos adjacentes e é seguida de excitação-contração de seus complexos de actomiosina.

O ritmo de despolarização e repolarização é mais lento no miocárdio ventricular, intermediário, no atrial, e mais rápido nos miócitos do NSA. O último domina aqueles de ritmo mais lento e, no coração normal, é o local para a iniciação rítmica dos ciclos cardíacos. De modo contrário, a velocidade de condução é lenta nos miócitos nodais, intermediária nos cardiomiócitos gerais e mais rápida nos miócitos de Purkinje.

O NSA funciona como marcapasso porque ele tem uma autoexcitação mais exacerbada, ou seja, ele se descarrega e se recarrega mais precocemente do que qualquer parte do miocárdio. O NSA emite novo impulso antes que o



NAV ou as fibras de Purkinje possam alcançar seus limiares para sua autoexcitação. O novo impulso do NSA, novamente, descarrega o NAV e as fibras de Purkinje. Esse processo continua indefinidamente, com o NSA sempre excitando esses outros tecidos potencialmente autoexcitatórios, antes que possa ocorrer a sua autoexcitação.

**Platô de excitação.** Após o pico inicial do impulso cardíaco, o sarcolema permanece despolarizado por cerca de 0,2 segundos no músculo atrial e cerca de 0,3 segundos no músculo ventricular; a seguir, ocorre por abrupta repolarização. Essa despolarização prolongada tanto dos átrios quanto nos ventrículos é devido à existência de um *platô de despolarização*. A presença desse platô no potencial de ação faz com que a contração muscular dure quinze vezes mais no músculo cardíaco que no músculo esquelético.

**Velocidade de condução.** Considerando a velocidade de condução nas partes mais rápidas do CEC, a lentidão da condução do impulso cardíaco dos átrios aos ventrículos é imensa. O retardo de condução do impulso cardíaco ao longo do NAV e do FAV é de 0,13 segundos. Além desse, o retardo inicial da condução de 0,03 segundos, do NSA para o NAV, perfaz um retardo total de 0,16 segundos, antes que o sinal excitatório alcance o músculo contrátil ventricular.

A causa da condução extremamente lenta nas fibras do NAV e da parte inicial do FAV é a presença de células transicionais, bem menores que as das fibras musculares atriais normais e possuidoras de um número diminuto de junções abertas na via de condução, de modo que há grande resistência à condução de íons excitatórios de uma célula para outra.

A velocidade de condução do sinal excitatório nas fibras atriais e ventriculares é de cerca de 0,3 a 0,5 metros/segundos, ou de cerca de 1/250 da velocidade nas fibras nervosas calibrosas, e de cerca de 1/10 da velocidade nas fibras musculares esqueléticas.

As células de Purkinje são fibras muito grossas, até mesmo mais que as fibras musculares ventriculares normais, e conduzem potenciais de ação com velocidade de 1,5 a 4,0 metros/segundos, que é cerca de seis vezes a do músculo ventricular normal e 150 vezes a de algumas fibras do NAV. Isso permite a condução imediata do impulso cardíaco para todo o músculo ventricular. Acredita-se que a transmissão rápida dos potenciais de ação pelas fibras de Purkinje seja provocada pela alta permeabilidade das junções abertas nos seus discos intercalares.

Uma vez que o impulso atinja as extremidades das fibras de Purkinje, ele é transmitido através da massa muscular ventricular pelas próprias fibras musculares ventriculares. A velocidade de transmissão é, agora, de somente 0,3 a 0,5 metros/segundos, um sexto da velocidade nas fibras de Purkinje. No entanto, isso é rápido o suficiente para que todo o ventrículo se contraia simultaneamente, evitando que grande parte da massa miocárdica se encurte antes que o restante, e, assim, reduza o efeito global do bombeamento.

O miocárdio enrola-se em torno do coração como uma dupla espiral com septos fibrosos entre as camadas enroladas. Por conseguinte, o impulso cardíaco não trafega de modo direto em direção à superfície externa do coração, mas, ao contrário, enrola-se em direção à superfície, ao longo da direção dessas espirais. Em virtude disso, a condução da superfície endocárdica para a epicárdica do ventrículo requer outros 0,03 segundos, aproximadamente igual ao tempo necessário para a condução por toda a porção ventricular do sistema de Purkinje. Desse modo, o tempo total para a condução do impulso cardíaco, desde os ramos do FAV até a última fibra muscular ventricular é de 0,06 segundos.

## ESQUELETO FIBROSO

O miocárdio funciona como um grande *sincício*, onde um estímulo aplicado a qualquer parte dele resulta na contração de todo o músculo.

Dois territórios sinciciais são descritos: o *proximal* ou *atrial* e o *distal* ou *ventricular*, cujos limites correspondem aos das câmaras homônimas. Estes sincícios são separados eletricamente pelo esqueleto cardíaco. Esta estrutura está presente no centro do coração, onde forma a parte superior do septo interventricular e os limites dos óstios atrioventriculares.

As principais funções atribuídas ao esqueleto cardíaco têm sido as seguintes: (1) impedimento de curto-circuitos miocárdicos, ou seja, o esqueleto cardíaco faz com que o impulso de despolarização se propague apenas no sentido proximal-distal, sem refluir às câmaras atriais; isto faz com que a sístole atrial ocorra imediatamente antes da ventricular; (2) formação de um núcleo firme e resistente no coração, proporcionando um ponto imóvel de fixação mecânica para as fibras miocárdicas ventriculares e atriais; (3) manutenção da posição do coração dentro do pericárdio e (4) estabelecimento de uma base estável, mas deformável, para as inserções dos cernes fibrosos valvulares.

## CICLO CARDÍACO

Os eventos cardíacos que ocorrem do início de cada batimento até o início do próximo são chamados de *ciclo cardíaco*. Os eventos do ciclo são efetuados nas duas metades do coração por movimentos miocárdicos sincronizados de contração ou *sístole*, e de relaxamento ou *diástole*.

O ciclo cardíaco tem normalmente o seguinte sentido: *ventrículo esquerdo* (VE) - *aorta* - *artérias sistêmicas* - *arteríolas* - *capilares* - *vênulas* - *veias* - *veias cavas* - *átrio direito* - *ventrículo direito* (VD) - *tronco pulmonar* - *artérias pulmonares* - *arteríolas* - *capilares* - *vênulas* - *veias pulmonares* - *átrio esquerdo* - *ventrículo esquerdo* - *novo ciclo*. Em cada ciclo, o lado direito do coração impulsiona para os pulmões sangue rico em dióxido de carbono oriundo dos tecidos, enquanto que o lado esquerdo bombeia o sangue oxigenado dos pulmões em direção aos tecidos, para consumo por praticamente todas as células do corpo.

Cada ciclo inicia-se pela geração espontânea de um potencial de ação, no NSA. Existe um retardo de mais de 1/10 segundo durante a passagem do impulso dos átrios para os ventrículos. Isso permite que os átrios contraíam-se antes dos ventrículos, bombeando sangue para os ventrículos antes do início da sístole.

**Bomba de escorva.** O sangue flui continuamente das veias cardíacas para os átrios. Cerca de 75% do sangue flue diretamente dos átrios para os ventrículos antes de qualquer contração atrial. A contração atrial causa, assim, somente um enchimento adicional de aproximadamente 25% nos ventrículos. Portanto, os átrios funcionam como *bombas de escorva*, ou seja, trabalham como uma “espoleta” para aumentar a “explosão” do bombeamento ventricular. Entretanto, o coração pode continuar a operar na maioria das condições sem esse adicional de 25% porque, normalmente, tem a capacidade de bombear 300 a 400% mais sangue do que é necessário para o corpo.

**Atuação das câmaras cardíacas.** O ciclo cardíaco é possível graças à divisão do coração, em duas hemibombas, uma à direita e outra à esquerda, separadas pelo *septo interventricular-interatrial* contínuo, de modo que geralmente não há passagem de sangue de um lado para outro. Por sua vez, cada lado tem uma câmara atrial proximal e um ventrículo distal.

A maior parte dos átrios é uma continuação direta de grandes veias. Por isso são cavidades de baixa pressão e paredes finas, funcionando especialmente como grandes reservatórios, impedindo que excesso de sangue chegue aos

ventrículos. A ação propulsora nos átrios é secundária, pois eles apresentam apenas uma pequena parte contrátil, as aurículas. A maior parte do sangue flui por aspiração ventricular, após a abertura das valvas atrioventriculares.

Os ventrículos são responsáveis pelo movimento de sangue através do sistema circulatório, pois neles se encontra a principal massa de tecido muscular. O VD desenvolve pressão média de 1/7 da desenvolvida pelo VE e apresenta uma área de secção transversa aproximadamente duas vezes menor. Isso ocorre pela diferença do comprimento dos vasos que saem dos ventrículos. O território de irrigação do ventrículo direito é suprido por uma circulação de vasos curtos, iniciada pela artéria pulmonar. O VE é responsável pelo bombeamento de sangue para o *sistema aórtico*, um conjunto vascular bem mais longo e, assim, mais resistente. Isto exige uma maior força de contração e, assim, maior volume miocárdico.

**Períodos do ciclo cardíaco.** Durante a sístole ventricular, grande quantidade de sangue se acumula nos átrios, devido ao fechamento das valvas atrioventriculares. Portanto, tão logo termina a sístole e as pressões ventriculares caem para seus baixos valores diastólicos, as pressões moderadamente aumentadas nos átrios promovem imediatamente a abertura das valvas atrioventriculares, permitindo o fluxo rápido de sangue para os ventrículos. Isso é chamado de *período de enchimento rápido dos ventrículos*. Esse período dura cerca do primeiro terço da diástole. Durante o terço médio da diástole, somente pequena quantidade de sangue flui, normalmente, para os ventrículos; esse sangue é o que continua a desaguar das veias para os átrios, passando dos átrios diretamente para os ventrículos. Durante o último terço da diástole, os átrios se contraem e dão o impulso adicional ao influxo de sangue para os ventrículos.

Imediatamente após o início da contração ventricular, a pressão ventricular eleva-se abruptamente causando o fechamento das valvas atrioventriculares. Então, é necessário mais 0,02 a 0,03 segundo para que o ventrículo gere pressão suficiente para abrir as válvulas aórtica e pulmonar contra a pressão nas artérias aorta e pulmonar. Portanto, durante esse período, do ciclo cardíaco, a contração está ocorrendo nos ventrículos, porém sem esvaziamento. Esse período é chamado de *período de contração isovolumétrica*, significando que a tensão aumenta no músculo, mas não ocorre encurtamento dos cardiomiócitos. Quando a pressão do VE aumenta  $\geq 80$  mm Hg, e a pressão do VD  $\geq 8$  mm Hg, as pressões ventriculares forçam a abertura das valvas semilunares; imediatamente, o sangue começa a sair dos ventrículos.

Ao final da sístole, subitamente começa o relaxamento ventricular, permitindo que as pressões intraventriculares diminuam rapidamente. As pressões elevadas nas grandes artérias distendidas empurram, imediatamente, o sangue de volta para os ventrículos, o que força o fechamento abrupto das válvulas aórtica e pulmonar. Durante 0,03 a 0,06 segundo, o músculo ventricular continua a relaxar, muito embora o volume ventricular não se altere, produzindo o *período de relaxamento isovolumétrico*. Durante esse período, as pressões intraventriculares retornam rapidamente a seus baixos valores diastólicos. Então, as valvas atrioventriculares abrem-se para começar um novo ciclo cardíaco.

**Pré e pós-carga.** O grau de tensão do miocárdio quando ele começa a se contrair é chamado *pré-carga* e corresponde à carga contra a qual o músculo exerce sua força contrátil. A *pré-carga* equivale à pressão diastólica final ventricular. A *pós-carga* do ventrículo é a pressão existente na luz da artéria que se origina do ventrículo e que deve ser suplantada para que ocorra ejeção de sangue pelos ventrículos.

## SISTEMA ANTIRREFLUXO

O sistema antirrefluxo cardíaco resulta de uma interação harmoniosa do miocárdio, dos tecidos condutores e da coesão mecânica fornecida pelo esqueleto fibroelástico do coração. Todas as partes mudam substancialmente de posição, formato, angulação e dimensões durante um ciclo cardíaco, com a condição *in vivo* sendo o resultado contínuo da atividade miocárdica equilibrada contra as mudanças internas na pressão e no fluxo sanguíneo.

**Atuação das valvas.** Todos os detalhes da anatomia valvar são funcionalmente importantes no mecanismo antirrefluxo. Durante a diástole, a valva fechada da aorta suporta uma coluna aórtica de sangue em alta pressão. Cada seio e sua válvula formam uma câmara hemisférica. Os três nódulos de Arântios são justapostos, e as margens e as partes lunares das válvulas adjacentes são firmemente apostas em suas faces ventriculares.

A orientação das válvulas é responsável pelo fluxo unidirecional do sangue. Os movimentos dos folíolos valvares são passivos. As válvulas são posicionadas com a borda proximal fixa e a distal móvel. Isto possibilita que, na sístole, o aumento da pressão intraventricular empurre os folhetos atrioventriculares para cima, fazendo com que eles se sobreponham e, assim, vedem o óstio atrioventricular. Simultaneamente, os folhetos das valvas semilunares são le-

vados para cima e para fora, sendo afastados uns dos outros, o que abre os óstios ventrículos-arteriais. Estes fenômenos obrigam o sangue a sair dos ventrículos durante a sístole, sem *refluxo*, ou seja, sem retorno para os átrios. Efeitos opostos ocorrem durante a diástole.

As valvas atrioventriculares impedem o retorno do sangue dos ventrículos para os átrios durante a sístole, e as valvas semilunares impedem o retorno do sangue da aorta e artéria pulmonar para os ventrículos, durante a diástole. Todas essas valvas fecham-se e abrem-se passivamente, isto é, fecham-se quando um gradiente retrógrado de pressão empurra o sangue de volta, e abrem-se quando um gradiente de pressão, dirigido para diante, força o sangue para frente. Os folhetos delgados das valvas atrioventriculares necessitam de um fluxo retrógrado muito pequeno para se fechar, enquanto as válvulas semilunares, bem mais espessas, necessitam de um fluxo retrógrado mais forte e rápido.

A parede fibrosa dos seios, mais próxima do vestíbulo da aorta, é quase inextensível. Mas, nas partes superiores dos seios, no nível das junções valvulares, a parede é fibroelástica. Sob a pressão de ejeção do VE, o raio aqui aumenta aproximadamente 16%. Por essa razão, as comissuras se afastam e se dobram para cima independentemente, tornando o orifício completamente aberto e triangular. Mas as válvulas não se achatam contra as paredes do seio, mesmo na pressão sistólica máxima.

Durante a ejeção, a maior parte do sangue penetra na parte ascendente da aorta, mas um pouco penetra nos seios, formando *vórtices* que ajudam a manter a posição triangular das cúspides durante a sístole ventricular e iniciam sua aproximação à medida que a sístole termina. O firme e completo fechamento acontece com a queda rápida da pressão ventricular na diástole. As estreitas comissuras, os nódulos agregados e a valva tornam a assumir sua forma trirradiada.

Aproximadamente 5% do sangue ejetado regurgitam através de uma valva com seios normais, enquanto 20% regurgitam através de uma valva sem eles. Os seios normais da aorta também podem favorecer um fluxo não turbulento no interior das artérias não coronárias. Eventos semelhantes ocorrem na valva pulmonar, embora mais vagarosamente, com os perfis de pressão sendo menos extremos e a estrutura valvular menos substancial.

Durante a diástole ventricular, os folhetos atrioventriculares abertos assumem uma configuração de funil. Isso é causado por redemoinhos de fluxo sanguíneo que se formam atrás dos folhetos e sobre as bordas livres das válvulas. O enchimento passivo do ventrículo prossegue à medida que o sangue atrial flui para o ápice, direcionado pela valva afunilada pendente.

As válvulas semilunares funcionam de modo diferente das valvas atrioventriculares. Primeiro, as altas pressões diastólicas provocam o fechamento abrupto das valvas semilunares, quando comparadas com o fechamento bem mais suave das válvulas atrioventriculares na sístole. Segundo, em razão de seus orifícios menores, a velocidade de ejeção do sangue pelas valvas semilunares é maior. Terceiro, devido ao rápido fechamento e à rápida ejeção, as bordas das válvulas aórtica e pulmonar estão sujeitas a desgaste mecânico mais intenso. Finalmente, as válvulas atrioventriculares são sustentadas pelas cordas tendíneas, o que não ocorre com as válvulas semilunares. É óbvio, pela anatomia das válvulas aórtica e pulmonar, que elas são bem adaptadas para resistir a estresses físicos extras.

**Atuação dos músculos papilares.** Por si só, as valvas atrioventriculares não conseguem suportar toda a carga da sístole sem se inverter. Por isso, são reforçadas pelos músculos papilares e cordas tendíneas. Estas se prendem por um lado nas valvas e por outro nos músculos papilares. Os músculos papilares, ao se contraírem juntamente com o miocárdio, diminuem a cavidade ventricular, estreitam os orifícios atrioventriculares e tracionam as válvulas para baixo, impedindo a inversão destas e o consequente refluxo sanguíneo (figura 17). Se a corda tendínea é rompida, ou se um dos músculos papilares fica paralisado, a valva se abaúla muito, e vaza profusamente, ocasionando regurgitação de sangue para os átrios durante a sístole e, frequentemente, sobrecarga e incapacidade do coração de bombear toda a quantidade desse sangue refluído.

As valvas arterioventriculares compensam funcionalmente a ausência de cordalhas tendíneas e músculos papilares, pela presença de folhetos valvulares mais grossos.

Ambos os óstios atrioventriculares sofrem grandes mudanças na forma, posição e área durante um ciclo de contração. A valva mitral, por exemplo, reduz 40% do seu diâmetro durante a sístole.

## DÉBITO CARDÍACO

O débito cardíaco (DC) é a expressão matemática do bombeamento de sangue. É o produto da frequência cardíaca pelo volume sistólico. O DC define a capacidade com que o coração bombeia o sangue em um minuto.

$$DC = VS \times FC$$

DC: débito cardíaco

FC: número de batimentos cardíacos em um minuto;

VS: quantidade de sangue expelido pelos ventrículos em cada sístole.

O débito cardíaco varia conforme as demandas energéticas. Em um adulto em repouso, o DC está em torno dos *5 litros/minuto*. Em atividades leves seu valor aumenta para cerca de *7,5 litros/minuto*. Durante atividades intensas, o DC pode chegar até *20 litros/minuto*.

**Regulação do DC.** Os mecanismos principais de controle do DC são (1) regulação cardíaca intrínseca do bombeamento, em resposta às variações no volume de sangue que flui para o coração segundo o *mecanismo de Frank-Starling*, e (2) controle da frequência da força do bombeamento pelo sistema nervoso autônomo.

O mecanismo de Frank-Starling significa que, quanto mais o músculo é distendido durante seu enchimento, maior a força de contração e maior a quantidade de sangue bombeada para a aorta. Ou seja, dentro dos limites fisiológicos, o coração bombeia todo o sangue que chega a ele, sem permitir o represamento excessivo de sangue nas veias.

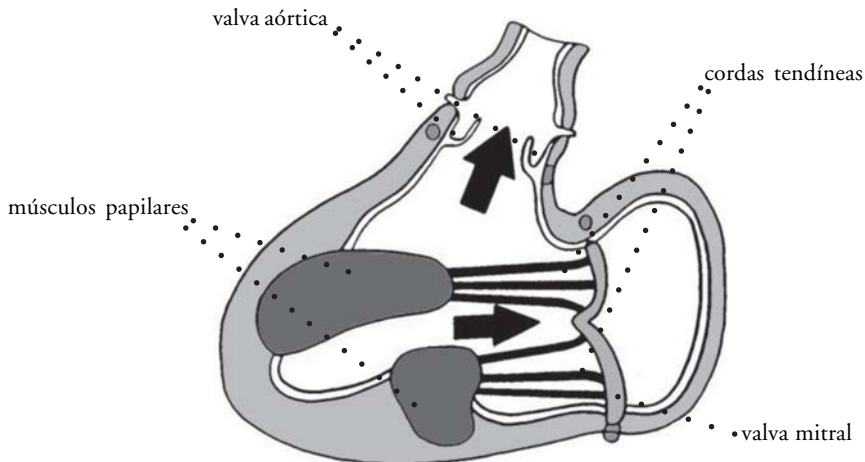


Figura 17 - Sistema antirefluxo.



O mecanismo de Frank-Starling (Cf GUYTON; HALL, 2002) é explicado pelo grau de aposição do complexo actomiosina. Quando uma quantidade extra de sangue flui para os ventrículos, o coração fica mais cheio, levando o miocárdio a uma maior distensão. Isso faz com que o músculo se contraia com mais força, visto que os filamentos de actina e miosina são trazidos até um grau de interdigitação mais próximo do ótimo para a geração de força. Portanto, o ventrículo automaticamente bombeia sangue adicional para as artérias.

Quanto maior o volume de enchimento ventricular, maior a pressão de ejeção do sangue dos ventrículos, alcançando seu valor máximo com volumes ventriculares de até 170 ml. À medida que o volume aumenta a partir daqui, a pressão sistólica começa a diminuir, visto que, nesses grandes volumes, os filamentos de actina e miosina ficam muito afastados uns dos outros.

A distensão da parede atrial direita causa um maior estiramento do NSA, o que dispara o ritmo de descarga desse nodo, aumentando a frequência cardíaca em até 15%. Além disso, o átrio direito distendido inicia um reflexo nervoso, o *reflexo de Bainbridge*, que sobe para o centro vasomotor do bulbo e volta ao coração pelos nervos simpáticos e vagos, aumentando também a frequência cardíaca. O aumento da frequência também ajuda a aumentar a quantidade de sangue bombeada a cada minuto, embora sua contribuição seja muito menor que a do mecanismo de Frank-Starling.

## INERVAÇÃO

**Parassimpática.** A suplência parassimpática é *cardio-inibidora*, pois desencadeia *bradycardia*, isto é, redução da FC. A estimulação vagal intensa pode diminuir a força de contração cardíaca em cerca de 30%.

As fibras vagais estão distribuídas, principalmente para os átrios, e menos para os os ventrículos. A estimulação dos nervos parassimpáticos faz com que a acetilcolina seja liberada nas terminações vagais. Esse neurotransmissor diminui a frequência rítmica do NSA e a excitabilidade das fibras juncionais entre a musculatura atrial e o NAV, o que lentifica a transmissão do impulso cardíaco para os ventrículos. Isso explica o efeito da estimulação vagal, que diminui principalmente a frequência cardíaca, em vez de reduzir a força de contração cardíaca.

**Simpática.** A inervação simpática é *cardioaceleradora*, pois sua estimulação resulta em *taquicardia* (aumento da FC) e aumento da contratilidade. As fibras simpáticas estimulam continuamente os cardiomiócitos, em baixa

frequência, o que mantém o bombeamento em cerca de 30% acima do que ocorreria sem a estimulação simpática.

A estimulação simpática provoca efeitos opostos aos da estimulação vagal sobre o coração. Ela aumenta a frequência de descarga do NSA, a velocidade de condução e a excitabilidade em todas as regiões do coração e aumenta muito a força de contração de toda a musculatura cardíaca.

Terminações para a dor do músculo cardíaco, e os impulsos de dor são conduzidos pelas fibras nervosas aferentes sensoriais simpáticas para o sistema nervoso central.

Em cirurgias cardíacas, embora o cirurgião não consiga reconectar os nervos simpáticos ou parassimpáticos, devido ao grande número e pequena espessura dessas estruturas, o coração funciona relativamente bem. Então se pode questionar sobre a importância do que dizem os tratados de fisiologia. Assim, o músculo cardíaco possui ritmicidade inerente: sua inervação não determina, mas apenas modula essa ritmicidade.

## PERFUSÃO MIOCÁRDICA

O fluxo sanguíneo cardíaco é aproximadamente *225 ml/minuto*, o maior de todo o corpo, considerando o diâmetro dos vasos coronários. Isto representa cerca de 5 % do DC.

**Enchimento coronariano.** Thebesio (1708) parece ter começado uma teoria de que as válvulas da aorta obstruíam os óstios coronários quando completamente abertas durante a sístole. Mas os óstios estão nas margens das cúspides ou acima destas em 90% dos casos. Além do mais, mesmo no auge da sístole, as válvulas semilunares não se achatam, mas sim se ajustam às paredes de seus seios.

A redução do fluxo coronariano que ocorre durante a sístole não pode ser justificada por motivos valvares, mas sim pela natureza contrátil do miocárdio ventricular. O fluxo sanguíneo coronário é máximo durante a diástole. Quando o miocárdio se contrai, os vasos coronários são estreitados e o fluxo sanguíneo é impedido. Aí está a razão pela qual as aberturas dos vasos coronarianos ficam fora, e não dentro, do miocárdio. É por isso que os óstios das artérias se originam nos pequenos sáculos formados pelos seios de *Valsava* da aorta ascendente.

Durante a diástole, com os folhetos fechados, a retração elástica da parede aórtica produz uma propulsão útil, forçando a passagem do sangue contido nos seios da aorta para os vasos coronários.

**Regulação do fluxo coronariano.** O fluxo pela circulação coronária é regulado quase inteiramente por um mecanismo automático de vasodilatação local arterial e arteriolar em resposta às necessidades nutritivas do músculo cardíaco. Quando o coração necessita de mais sangue, como durante exercícios físicos, o fluxo coronariano pode aumentar até quatro vezes dos níveis basais.

Mesmo em repouso, 70% do oxigênio do sangue arterial coronário são removidos à medida que fluem pelo músculo cardíaco. Com pouco oxigênio restante, não é possível suprir muito mais oxigênio para a musculatura cardíaca, a menos que o fluxo sanguíneo coronário aumente. Felizmente, isso ocorre quase em proporção direta ao consumo metabólico de oxigênio pelo coração. A diminuição da oxigenemia nos capilares cardíacos faz com que substâncias vasodilatadoras sejam liberadas pelos cardiomiócitos, resultando em dilatação das arteríolas.

A substância com maior propensão vasodilatadora é a *adenosina*. Em presença de concentrações muito baixas de oxigênio nas células musculares, grande proporção do Adenosina Trisfato (ATP) das células degrada-se gerando monofosfato de adenosina, os quais são degradados adicionalmente liberando adenosina nos líquidos teciduais do músculo cardíaco. Depois que a adenosina causa vasodilatação, grande parte dela é reabsorvida pelas células cardíacas para ser reciclada em novo ATP. Outros compostos vasodilatadores locais para as coronárias incluem fosfato de adenosina, íons potássio, íons hidrogênio, dióxido de carbono, bradicinina e prostaglandinas.

Outra teoria para explicar a vasodilatação das artérias coronárias é a seguinte: na deficiência de oxigênio no miocárdio não é somente o próprio músculo cardíaco que sofre com a hipoxemia local, mas também as paredes musculares das arteríolas. Isso leva a uma vasodilatação local devido à falta de energia necessária para manter os próprios vasos coronários contraídos contra a alta pressão arterial.

Efeitos neurais também atuam na circulação coronariana para regular o fluxo sanguíneo local. A distribuição das fibras nervosas parassimpáticas para o sistema coronário ventricular é tão escassa que a estimulação parassimpática exerce apenas ligeiro efeito direto na dilatação das artérias coronárias. Existe inervação simpática muito mais extensa nos vasos coronários. A estimulação simpática pode causar ligeira constrição ou, mais raramente, dilatação coronária global. No entanto, os fatores metabólicos – especialmente o consumo miocárdico de oxigênio – são os principais controladores do fluxo sanguíneo do miocárdio.

Sempre que os efeitos diretos da estimulação nervosa alteram o fluxo sanguíneo coronário em sentido desfavorável, o controle metabólico geralmente sobrepuja os efeitos nervosos coronários diretos dentro de segundos.

**Circulação colateral.** Embora anastomoses ocorram entre as terminações das artérias coronárias, estas são geralmente ineficientes, de modo que a circulação arterial do coração é considerada como terminal. Isto significa que obstruções em uma dessas artérias resultam em cessação completa de fluxo sanguíneo, levando a morte da área do miocárdio irrigado – um *infarto do miocárdio*. As anastomoses coronarianas se tornam mais efetivas em condições patológicas que obstruem lentamente o fluxo coronariano, nas quais há tempo suficiente para abertura ou desenvolvimento de circulação colateral.

As veias coronárias apresentam anastomoses em todos os níveis do coração, especialmente no ápice, mas em uma escala que excede aquela das artérias e que resulta em um verdadeiro plexo venoso. Infelizmente, esse fato não tem importância clínica reconhecida em termos de evitar isquemia miocárdica diante de obstruções críticas das artérias coronarianas.

**Drenagem venosa.** O sangue é drenado do coração, sucessivamente, por vênulas e veias. Aproximadamente 2/3 da drenagem são realizados pelo *seio coronário*, um amplo conduto situado na parte posterior do sulco coronário e coberto por fibras musculares do átrio esquerdo. Este vaso termina no átrio direito no óstio coronário. A maioria das veias cardíacas acompanha o trajeto das artérias e desembocam no seio coronário. O resto do sangue é drenado por meio de pequenas veias, as *veias cardíacas anteriores e mínimas*, diretamente para a cavidade do coração.

## EFICIÊNCIA CARDÍACA

O miocárdio é a camada diretamente responsável pela função bombeadora, com atividade intensa e ininterrupta. Por isso, esse é o tecido que mais consome energia no corpo. Essa energia é derivada, principalmente, do metabolismo dos ácidos graxos e, em menor grau, de lactato e glicose.

O coração é capaz de bombear até 4 vezes mais sangue por minuto do que seria necessário durante o repouso – isto é, a pessoa normal tem reserva cardíaca de 400%.

Durante a contração do miocárdio, a maior parte da energia química é convertida em calor, e uma pequena parcela em trabalho. A proporção en-

tre a produção de trabalho e o gasto total de energia química é chamada de *eficiência do coração*. A eficiência máxima do coração normal é de aproximadamente 25%.

As características anatomofisiológicas conferem um notável desempenho ao coração, possibilitando que ele efetue adequadamente seu árduo trabalho com uma massa e um volume muscular proporcionalmente reduzidos, a despeito de um aproveitamento energético de apenas 25%. O órgão consegue suprir todo o corpo humano, uma estrutura cerca de duzentas vezes mais pesada!



---

# SISTEMA VASCULAR

---

[...] porque isto é o Meu SANGUE, o SANGUE da nova aliança,  
derramado em favor de muitos, para remissão de pecados.

(São Mateus 26:28)

Uma rede de canais existe dentro do ser humano atendendo às suas cem trilhões de células. Um contínuo suprimento de carboidratos, oxigênio, aminoácidos, eletrólitos, lipídios, colesterol e hormônios é sintetizado pelas células, sendo distribuídos a todo o organismo no interior das *hemáceas* ou livres no plasma. A fim de garantir um transporte barato, o corpo dissolve estas substâncias vitais em um líquido complexo denominado *sangue*. A mesma rede de tubos retira catabólitos, gases de descarga e produtos químicos imprestáveis, resultantes do metabolismo tissular.

A maior função do sistema vascular ocorre na *microcirculação*, por meio do transporte de nutrientes para os tecidos e a remoção dos produtos de excreção celular. As *arteríolas* controlam o fluxo sanguíneo para cada tecido, e, por seu turno, as condições locais controlam o diâmetro das arteríolas. Portanto, cada tecido controla seu próprio fluxo sanguíneo em função de suas necessidades individuais.

Sangue e vasos auxiliam-se mutuamente. Noventa e sete por cento do oxigênio transportado dos pulmões para os tecidos estão combinados com a *hemoglobina* dos eritrócitos. Os 3% restantes encontram-se dissolvido no plasma. Isso permite que os condutos sanguíneos conttenham uma quantidade reduzida de líquido levando em conta as necessidades energéticas sistêmicas. Teoricamente, pode-se carregar oxigênio suficiente dissolvido no

plasma dispensando os glóbulos vermelhos. Mas para tal precisar-se-ia de mais de 290 litros de plasma em um corpo com a forma de medusa, com quatro membros flexíveis e uma cabeça pegajosa. Ainda assim, o oxigênio só seria suficiente para 2,5 segundos; um espirro muito forte seria provavelmente fatal. Felizmente, a complexa molécula da hemoglobina permite que vinte vezes mais oxigênio seja transportado pelo sangue. Com isso, cinco ou seis litros desse fluido multiuso são suficientes para todas as estruturas espalhadas pelo corpo.

Cem mil quilômetros de vasos sanguíneos se conectam a cada célula viva. “Rodovias vasculares” se estreitam formando “estradas de mão única”. Em seguida, formam “ciclovias”, então “trilhas”, até que finalmente os glóbulos vermelhos saem de soslaio e avançam lentamente por um vaso capilar da espessura de um fio de cabelo. Em um local tão estreito, as hemáceas são despojadas de seu oxigênio, sendo carregadas com dióxido de carbono e ureia.

A distância entre qualquer célula e um capilar não é superior a um fio de cabelo, o que evita acúmulo de resíduos tóxicos, responsáveis pelos mesmos efeitos negativos da experiência com o torniquete. Cada glóbulo vermelho flutua por entre capilares, liberando suas cargas de oxigênio e nutrientes ao mesmo tempo em que absorve subprodutos do metabolismo, como dióxido de carbono, ureia e ácido úrico. Os glóbulos então entregam os perigosos resíduos químicos a órgãos que podem despejá-los do corpo, como rins e pele, através da urina e suor, respectivamente.

Seguindo adiante, as hemáceas são recarregadas de nutrientes no fígado, logo antes de penetrar no coração; de lá são compelidas aos pulmões onde recebem oxigênio em troca de dióxido de carbono. Drenadas de volta ao coração, a jornada dos glóbulos vermelhos se reinicia em direção aos tecidos. O tempo que uma célula sanguínea leva para chegar ao ponto mais distante do coração (a ponta do *hálux*) é de cerca de 20 segundos.

Os componentes do sistema circulatório cooperam para realizar um simples objetivo: nutrir e limpar cada célula viva. Se alguma parte da cadeia for interrompida – uma inesperada pausa do coração, um coágulo que se forma e bloqueia uma artéria, um defeito que reduz a capacidade de oxigenação dos glóbulos vermelhos –, a vida se esvai. O cérebro, mestre do corpo, pode sobreviver intacto por apenas cinco minutos sem o devido reabastecimento sanguíneo.

Todas as partes vivas dependem da presença de vasos sanguíneos. As ramificações arborescentes das artérias e veias se inosculam em todos os tecidos, com exceção das unhas, pêlos, epiderme, epitélio das mucosas e serosas, endotélio,



córnea, maior parte das cartilagens, o órgão da audição (*Corti*) e a dentina. Embora avasculares, essas estruturas são nutridas por elementos obtidos a partir dos vasos sanguíneos mais próximos.

---

## A N A T O M I A

---

As estruturas circulatórias formam um *sistema*, ao invés de um *aparelho circulatório*, porque os vasos sanguíneos insinuam-se difusamente nos tecidos, apresentando limites periféricos indefinidos.

### COMPONENTES

O *sistema circulatório sanguíneo* é formado pelo *coração*, órgão cuja função é propulsão sanguínea, e pelo *sistema vascular*, formado de *artérias*, *veias* e *capilares*.

As *artérias* são *vasos eferentes* em relação ao coração, e diminuem de calibre à medida que se ramificam distalmente. As artérias têm *início cardíaco* (isto é, no coração) e *término capilar* (isto é, nos vasos capilares); funcionam transferindo sangue do coração para todos os órgãos, sob altas pressões.

Os *capilares* formam uma rede difusa de túbulos delgados que se anastomosam profusamente. Através de suas paredes, se dá o intercâmbio metabólico entre o sangue e os tecidos.

As *veias* são *vasos aferentes*, aumentando progressivamente de diâmetro à medida que os capilares vão se unindo em um sistema de drenagem cada vez mais calibroso; têm *início capilar* e *término cardíaco*. Funcionam transferindo o sangue de todos os órgãos para o coração, sob baixas pressões. Essa reduzida pressão intraluminal torna as veias de paredes mais finas e diâmetro maior e com trajetórias mais variáveis que as artérias.

Na parte do organismo situada inferiormente ao coração, as veias drenam o sangue de baixo para cima, mas existem exceções. Há diversas veias cujas valvas inicialmente orientam o fluxo em direção distal, afastando-o do coração, e depois se unem a veias cujo fluxo é proximal. As veias *epigástricas inferiores superficiais*, que drenam os tecidos cutâneos e subcutâneos da região inferior do abdome na direção da região inguinal, são bons exemplos.

## SETORES

### SETORES ARTERIAIS

Embora formem um circuito contínuo, as artérias podem ser agrupadas em dois setores funcionais: *sistema aórtico* e *artérias pulmonares*.

**Sistema aórtico ou artérias sistêmicas.** Estas artérias conduzem sangue do ventrículo esquerdo para os leitos capilares de todo o corpo. Recebem esse nome porque irrigam todo o “sistema”, ou seja, o organismo.

**Artérias pulmonares.** Estes vasos conduzem sangue desoxigenado do ventrículo direito para os capilares pulmonares.

### SETORES VENOSOS

Como a disposição venosa é muito mais variável que a arterial, é mais proveitoso conhecer apenas as veias maiores e os principais setores venosos. Geralmente são descritos os seguintes grupos: *veias sistêmicas*, *veias pulmonares*, *sistema porta hepático*, *veias coronárias*, *veias superficiais*, *veias profundas*, *veias comitantes* e *veias perfurantes*.

**Veias sistêmicas.** As veias sistêmicas são formadas pelas *veias cavas* e todas as veias que nelas desembocam diretamente.

*Veia cava superior* (VCS). Drena sangue dos membros superiores, cabeça e pescoço, parede torácica e parte de parede abdominal superior;

*Veia cava inferior* (VCI). Drena sangue dos membros inferiores, pelve, órgãos abdominais, da maior parte da parede abdominal e do fígado.

**Veias pulmonares.** Estas veias conduzem o sangue oxigenado nos pulmões para o átrio esquerdo.

**Sistema porta-hepático.** O sangue que atravessa o baço, pâncreas, estômago e intestinos não é levado de volta diretamente para o coração, mas passa através da *veia porta* para o fígado. Esta veia se divide como uma artéria, terminando em sinusóides hepáticos drenados pelas veias hepáticas para a VCI, de onde o sangue é conduzido para o átrio direito. Esse circuito é a *circulação porta*. Uma outra circulação porta-venosa une a eminência mediana e o infundíbulo do hipotálamo com a parte distal da adeno-hipófise.

**Veias coronárias.** Estes vasos formam um conjunto de veias que drenam o sangue da parede cardíaca para o próprio coração.

**Veias superficiais e profundas.** As veias superficiais são aquelas que transitam acima da fáscia muscular, ao longo da tela subcutânea; facilmente visíveis logo abaixo da pele, podem ser usadas como vias de acesso para punções; sua anatomia é particularmente variável. A maior parte do retorno venoso dos membros superiores provém dessas veias.

As veias profundas transitam abaixo da fáscia muscular. Seus tipos mais importantes funcionalmente são as veias *comitantes* e as *perforantes*.

**Veias comitantes.** As veias profundas geralmente flanqueiam, em pares, artérias homônimas e são chamadas de *veias comitantes* ou *acompanhantes*; com todo o conjunto sendo envolvido em uma única bainha de tecido conectivo para formar *feixes neurovasculares*. Esses feixes ocorrem com mais frequência nas vísceras e nos membros. Nos membros, as veias comitantes têm trajeto inter e intramuscular, situando-se dentro de compartimentos miofasciais. Cerca de 90% do retorno venoso proveniente das extremidades inferiores provém dessas veias.

**Veias perforantes.** As veias perforantes transfixam a fáscia muscular para conectar o sistema venoso superficial ao profundo. As válvulas nas veias perforantes direcionam o fluxo de sangue das veias superficiais para as profundas. Essas veias são mais numerosas na porção médio-distal da perna e no tornozelo.

## VASOS CARDÍACOS E SEGMENTARES

**Vasos cardíacos (VC's).** A aorta, as veias cavas e os vasos pulmonares constituem os *vasos cardíacos*, pois apresentam uma raiz, fixa na base do coração. As artérias cardíacas emergem e as veias desembocam no coração, ambas de modo direto.

Os VC's são invariavelmente calibrosos para propiciar efluxo-influxo sanguíneo intenso, indispensável para o adequado bombeamento cardíaco. Esses vasos são de localização profunda, onde podem ser mais bem protegidos pelo esqueleto torácico, o que reduz riscos de roturas vasculares e hemorragias potencialmente fatais causadas por agressões exógenas.

**Vasos segmentares.** Os vasos segmentares são aqueles que irrigam grandes porções do corpo humano. Geralmente são ramificações primárias ou secundárias dos VC's, recebendo nomes de acordo com o local onde repousam ou com a região que suprem. Os vasos segmentares são numerosos e não cabe aqui lembrá-los individualmente. Como exemplo, citamos a *artéria subclávia*: é um ramo primário da aorta, se localiza abaixo da clavícula e irriga o setor formado pela cabeça, pescoço, parede torácica súpero-lateral e membro superior homolateral; outro exemplo: *veia jugular interna*: tributária secundária da veia cava superior que se localiza no pescoço, logo abaixo do músculo esternocleidomastóideo, e drena o sangue do segmento cérvico-cefálico.

---

## M I C R O A N A T O M I A

---

### TÚNICAS VASCULARES

Três camadas de revestimentos são descritas nas paredes de todos os vasos, exceto nos capilares e sinusóides (figura 18): as *túnicas íntima, média e adventícia*.

#### INTERNA

A túnica íntima ou interna apresenta uma camada de células endoteliais achatadas, os *endoteliócitos*, que revestem a superfície sanguínea ou interna dos vasos. O endoteliócito é dilatado em torno do núcleo, mas muito fino no restante da célula. Um aspecto característico é a presença de grande quantidade de pequenas invaginações vesiculares ao longo da membrana plasmática dos endoteliócitos, as *vesículas plasmalemais*. Essas vesículas são importantes no levar materiais através do endotélio e, em alguns casos, elas podem se fundir para formar poros permanentes abertos. Tais estruturas permitem uma rápida troca de líquidos ou de macromoléculas entre o espaço vascular e extravascular.

O endotélio se apóia em uma *camada subendotelial* de tecido conjuntivo frouxo com células musculares lisas esparsas.

Nas artérias, a camada mais externa da íntima é a *membrana limitante elástica interna*, a qual tem a forma de um tubo fenestrado, permitindo a

difusão de metabólitos do sangue para nutrição das células da parede vascular externamente situadas.

## MÉDIA

A túnica média é constituída principalmente de fibras musculares lisas dispostas circularmente, envolvidas por uma matriz extracelular de proteoglicanas, fibras elásticas e colágenas. Essa matriz é sintetizada pelas próprias células musculares. Nas artérias, a média possui uma *lâmina elástica externa*, que a separa da adventícia.

## ADVENTÍCIA

A túnica adventícia consiste especialmente de fibras colágenas e elásticas. A adventícia se continua gradativamente com o tecido conjuntivo que envolve os órgãos vizinhos. O conteúdo fibroso da adventícia fixa os vasos em seus sítios, impedindo lesões vasculares por oscilações que podem ocorrer durante movimentos normais do corpo.

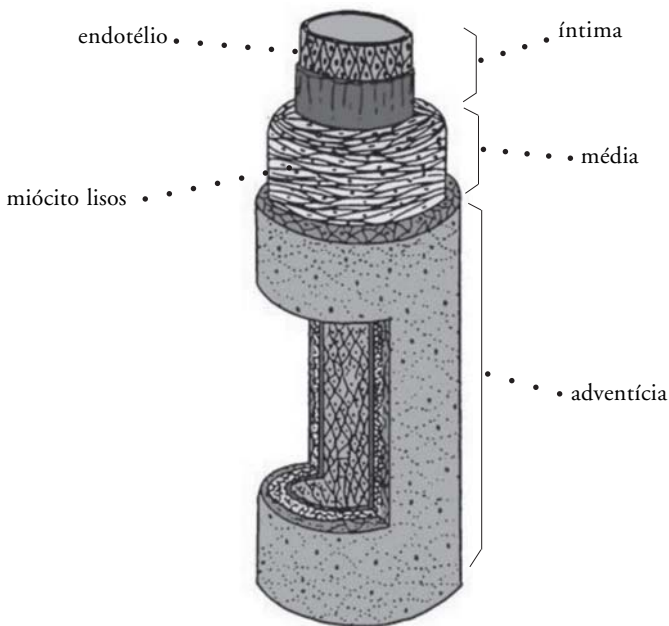


Figura 18 - Túnicas vasculares.

**Vasa vasorum.** Os vasos de grande calibre apresentam as *vasa vasorum*, que são arteríolas e vênulas que se ramificam profusamente e desempenham função nutridora das túnicas adventícia e média, onde os metabólitos não podem chegar por difusão a partir da luz do vaso, devido a grande espessura da parede. Nas artérias, as *vasa vasorum* são menos frequentes, chegando somente à adventícia, enquanto que nas veias são mais numerosas e atingem a camada média. A maior abundância nas veias é atribuída à pobreza de nutrientes no sangue venoso.

A nutrição das artérias de médio e grande calibre provém de diversas fontes. A adventícia recebe metabólitos da *vasa vasorum*; a maior parte da média é suprida por arteríolas que se originam dos ramos colaterais das próprias artérias. A íntima e a parte interna da média são avasculares, recebendo metabólitos por difusão do sangue contido na luz do próprio vaso.

## ARTÉRIAS

As artérias são divididas, de acordo com seu calibre, em *arteríolas*, *metarteríolas*, *artérias de pequeno*, *grande* e *médio calibre*.

## ARTERÍOLAS, METARTERÍOLAS E ESFÍNCTERES PRÉ-CAPILARES

As arteríolas são muito finas, geralmente com menos de 0,5 mm de diâmetro.

As artérias menores terminam nas *arteríolas musculares* de 100 a 50  $\mu\text{m}$  de diâmetro, que se ramificam em *arteríolas terminais* com menos do que 50  $\mu\text{m}$  de diâmetro, com somente uma ou duas lâminas espiraladas de miócitos em suas paredes.

As *metarteríolas* são ramos das arteríolas terminais, de 15  $\mu\text{m}$  de diâmetro na sua origem e diminuindo em 50 a 100  $\mu\text{m}$  até tão pequenas quanto 5  $\mu\text{m}$ . Onde elas se abrem, no leito capilar, são circundadas por uma forte camada circular de miócitos lisos que formam os *esfíncteres pré-capilares*, que afetam o controle final do fluxo sanguíneo através dos capilares.

## ARTÉRIAS DE PEQUENO E MÉDIO CALIBRE

Estes vasos são caracterizados por uma espessa camada muscular, que pode ter até 40 camadas de fibras musculares lisas na aorta. Quanto maior o calibre, maior a quantidade de fibras elásticas entre as fibras musculares.

As artérias de médio calibre são denominadas *artérias distribuidoras*, encarregando-se de fornecer sangue aos diversos órgãos. A camada muscular das pequenas artérias e arteríolas pode, por meio de seu grau de contração, controlar o fluxo de sangue para os vários órgãos.

Visto que a túnica média contém menos tecido elástico do que nas grandes artérias, a lâmina elástica interna das artérias de médio calibre é proeminente. As fenestrações nesta lâmina permitem a difusão dos metabólitos entre a túnica média e a luz do vaso. A túnica média consiste de miócitos lisos circulares ou helicoidais, com fibras elásticas esparsas e uma pequena quantidade de colágeno. Os miócitos adjacentes possuem junções comunicantes que coordenam suas atividades, que geralmente estão sob controle neural e neuro-hormonal. Existem miócitos longitudinais tanto na túnica íntima quanto na média das artérias sujeitas a dobramento repetido, como, por exemplo, as artérias carótida, axilar, uterina, cérvico-occipital e palmar.

A túnica adventícia é externamente mais laxa, fun-dindo-se com o tecido conectivo frouxo adjacente e permitindo, assim, considerável movimento entre a artéria e as estruturas vizinhas. Adjacente à túnica média, a túnica externa contém muito tecido elástico, incluindo a lâmina elástica externa.

## ARTÉRIAS DE GRANDE CALIBRE

As artérias de grande calibre correspondem às *artérias elásticas: aorta e artérias pulmonares*, e os ramos primários destes vasos. Têm cor amarelada devido ao acúmulo de material elástico na túnica média.

O tecido subendotelial contém uma lâmina elástica interna fenestrada nas artérias menores. Nas grandes artérias, essa não é nitidamente separada da túnica média porque ambas contêm uma série de membranas elásticas semelhantes.

A túnica média consiste em lamelas elásticas fenestradas concêntricas, separadas por uma matriz proteoglicana permeada por feixes de fibras colágenas e de elastina, entre as quais estão os miócitos não estriados orientados de modo circular. Existe uma forte correlação entre a pressão interna das artérias elásticas e o número de suas lamelas elásticas que, com os miócitos associados, formam as *unidades lamelares*. Os miócitos são responsáveis pela produção das lamelas, componentes proteoglicanos e colágenos entre elas.

## CAPILARES

Os capilares são ramos das arteríolas terminais além dos esfíncteres pré-capilares. De diâmetro uniforme, apresentam uns poucos miócitos espiralados externos ao endotélio. Os capilares se ramificam e se anastomosam para criar um *plexo capilar*, variando na forma nos diferentes tecidos.

Os capilares podem ser classificados como *contínuos* ou *fenestrados*. Os primeiros apresentam endotélio com superfície luminal lisa. Ocorrem na pele, tecidos conectivos e musculares, no pulmão e no cérebro. Os capilares fenestrados têm endoteliócitos com citoplasma perfurado por poros de tamanho e números variáveis. Ocorrem nos glomérulos renais, vilosidades intestinais, glândulas endócrinas e pâncreas.

As densidades das redes capilares variam com o nível metabólico dos tecidos supridos; por exemplo, no miocárdio existem cerca de 2000 capilares/mm<sup>3</sup>, 1000 no músculo esquelético, mas apenas 50 no tecido conectivo cutâneo. A superfície capilar total do corpo é grande, com valores de 300 a 420 m<sup>2</sup> para os capilares sistêmicos e de 200 a 280 m<sup>2</sup> para a circulação pulmonar.

## SINUSÓIDES

Os sinusóides são capilares diferenciados que ocorrem em locais específicos do corpo, como medula óssea vermelha, baço, fígado, adrenais, paratireóides, adeno-hipófise, glomos carótico e coccígeo. São revestidos por endotélio suportados externamente por uma tênue túnica de tecido conectivo. Os sinusóides têm calibre mais largo, luz mais irregular e trajeto mais tortuoso que os capilares habituais. Tipicamente, o endotélio é incompleto ou fenestrado, permitindo uma difusão fácil das moléculas maiores ou de células entre a luz e os tecidos adjacentes.

Os sinusóides podem ser classificados como *descontínuos*, *fechados* ou *fenestrados*. Os fenestrados são típicos das glândulas endócrinas e fígado, e possuem paredes vazadas semelhantes às dos capilares fenestrados. Os sinusóides da medula óssea e da polpa vermelha do baço fornecem um exemplo extremo de endotélio descontínuo, havendo longas fendas entre os endoteliócitos, que permitem às células sanguíneas passagem livre entre a luz e os espaços perissinusóides.

## VEIAS

A principal diferença entre veias e artérias situa-se na fraqueza da túnica média venosa, que possui um conteúdo menor de músculo e de fibras elásticas, uma condição relacionada com a pressão venosa mais baixa.

Outra característica distintiva das veias são as *válvulas*, que são dobras da túnica íntima para dentro da luz venosa, reforçadas por fibras colágenas e



elásticas e cobertas por endotélio. Geralmente duas válvulas se situam opostas uma à outra; ocasionalmente, três válvulas situam-se em oposição; algumas vezes, somente uma válvula está presente.

As válvulas são em forma de meia-lua e estão presas pelas margens convexas na parede venosa. Suas margens côncavas são dirigidas com a corrente e justapostas à parede enquanto o fluxo é em direção ao coração, mas, quando o fluxo sanguíneo se inverte, as válvulas se fecham. Centripetamente a cada folíolo valvular, a parede venosa é expandida em uma pequena saculação, que se enche quando o fluxo sanguíneo é invertido contra a válvula fechada, dando uma aparência nodular às veias valvuladas. As válvulas estão ausentes nas veias muito pequenas e nas muito grandes. Por outro lado, são encontradas em grande número nas veias de médio calibre dos membros inferiores.

O fluxo nas veias é mais lento do que nas artérias, e as veias são mais largas e mais numerosas do que as artérias correspondentes, uma exigência para um retorno eficiente do sangue para o coração.

As veias são classificadas, como as artérias, de acordo com o calibre em:

## VÊNULAS

As vênulas são vasos de paredes muito finas, com diâmetro de 0,2 mm a 50 µm. As vênulas têm estrutura semelhante a capilares, participando de igual modo nos intercâmbios de metabólitos entre os tecidos e o sangue e nos processos inflamatórios. São, portanto, uma importante extensão funcional da rede capilar.

As vênulas podem ser *pós-capilares*, iniciais, logo após os capilares, e *vênulas musculares*, maiores e parcialmente envolvidas em uma túnica média muscular.

## VEIAS DE MÉDIO CALIBRE

As veias de médio calibre constituem a maioria das veias e têm de 1 a 9 mm de diâmetro. A camada adventícia, de natureza colágena, é bastante desenvolvida.

Em alguns locais, as veias médias ou pequenas consistem de endotélio apoiado diretamente na túnica adventícia, isto é, sem túnica muscular interposta. É o que ocorre com os seios venosos durais, nas veias ósseas e no tecido erétil do pênis.

As veias cerebrais e as veias superficiais da cabeça e pescoço são exemplos de veias de médio calibre.

## VEIAS DE GRANDE CALIBRE

As veias de grande calibre apresentam diâmetro de 10 mm ou mais. A camada média é bem reduzida, enquanto que a adventícia é a mais evidente, contendo feixes longitudinais de músculo liso. As veias cavas, hepáticas, porta, esplênica, renais, pulmonares e mesentéricas são exemplos de veias de grande calibre. Caracteristicamente, estas veias não possuem válvulas ou têm somente dobras internas não funcionantes.

## DESVIOS VASCULARES

Existem comunicações diretas entre artérias e veias em muitas regiões do corpo, os *desvios vasculares*, onde a circulação capilar é evitada por canais mais largos precedentes. Os desvios podem ser classificados como *anastomoses arteriolo-venulares simples* e *anastomoses arteriolo-venulares especializadas* ou *glomos*.

### ANASTOMOSES ARTERIOLOVENULARES (AAV's)

As AAV's são vasos de conexão direta entre vênulas e arteríolas, sem capilares interpostos. Os vasos de conexão podem ser retos ou espiralados, possuindo uma espessa túnica muscular e uma luz estreita.

As AAV's ocorrem especialmente na pele do nariz, do lábio e do pavilhão da orelha, nas mucosas do nariz e do trato alimentar, no tecido erétil, na língua, na glândula tireoide e nos gânglios simpáticos.

### GLOMOS

Os glomos são anastomoses arteriolo-venulares mais complexas, que se localizam especialmente na derme profunda e na tela subcutânea das pontas dos dedos, orelhas, centro da face e leitos ungueais. Cada glomo possui uma ou mais *arteríolas aferentes* ou *canais de Sucquart-Hoyer*, de parede muscular espessa e luz fina. Essas arteríolas aferentes se originam em ângulos retos de algumas arteríolas dérmicas mais calibrosas, as quais continuam em direção à camada papilar da derme, onde terminam em um plexo capilar comum (figura 19).

Cada arteríola aferente do glomo, a uma pequena distância de sua origem, dá diversos ramos finos periglomeriais, e então imediatamente se transforma em um canal de paredes finas e dilatadas, faz uma curva sinuosa e se estreita novamente em direção a uma curta veia que se abre em ângulo reto em uma

veia coletora. Todo o conjunto assume um aspecto de um globo emaranhado e é envolvido por uma fina cápsula fibrosa. As paredes dos vasos do globo compõem-se de endotélio e várias camadas de células epitelióides, as *células glômicas*.

A veia coletora começa na face profunda do globo, curvando-se em torno de sua face superficial, de onde retoma seu trajeto original, recebendo as vênulas provenientes do plexo capilar da camada papilar da derme. Finalmente, ela se une a uma veia cutânea mais profunda.

Todas as anastomoses arteriovenosas são ricamente inervadas por terminações nervosas simpáticas e parassimpáticas.

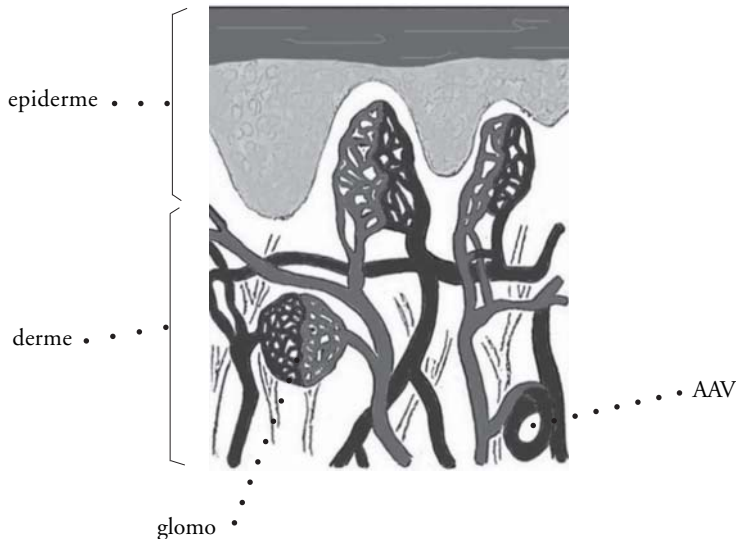


Figura 19 - Desvios vasculares.

## INERVAÇÃO VASCULAR

As artérias menores são inervadas por fibras simpáticas amielínicas, amplamente eferentes e vasomotoras. Estas terminações conduzem um fluxo regular de impulsos que mantêm um *tono vasomotor* variável.

Há uma insuficiência de nervos na túnica média dos vasos maiores. As fibras nervosas ramificam-se na túnica externa e aproximam-se dos miócitos marginais da túnica média através das fenestrações na lâmina elástica externa.

O neurotransmissor liberado dos terminais nervosos, a *noradrenalina*, difunde-se para alcançar os receptores nas superfícies dos miócitos. Um único miócito pode ser eletricamente associado a muitos outros através de junções comunicantes.

As *fibras mielinizadas aferentes* são distribuídas para as túnicas íntima e externa, possuindo terminações varicosas. Tais fibras são sensoriais e, em certos locais, são especializadas, como nos *barorreceptores* ou *quimiorreceptores* da artéria carótida interna.

A maioria dos vasos sanguíneos possui inervação vasoconstrictora e a vasodilatação neurogênica segue a redução do tono vasoconstritor simpático. Uma notável exceção ocorre no músculo esquelético, que possui inervação simpática colinérgica. A liberação da *acetilcolina* nas placas mioneurais causa vasodilatação muscular, o que está de acordo com as necessidades metabólicas aumentadas dos músculos esqueléticos diante de estresses fisiológicos.

Os troncos arteriais maiores recebem ramos diretos dos gânglios simpáticos, mas o suprimento para as artérias menores é conduzido nos nervos periféricos. Os *plexos autônomos perivasculares* estendem-se ao longo de todo o comprimento das artérias viscerais.

---

## F I S I O L O G I A

---

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

#### VELOCIDADE, PRESSÃO, FLUXO E RESISTÊNCIA

O fluxo ao longo de um vaso sanguíneo é determinado por dois fatores: (1) *gradiente de pressão*, que é a diferença de pressão do sangue entre as duas extremidades do vaso; é a força que impele o sangue pelo vaso, e (2) *resistência vascular*, o impedimento ao fluxo sanguíneo, ao longo do vaso. Observe que é a diferença de pressão entre as duas extremidades do vaso, e não a pressão absoluta no vaso, é que determina a intensidade do fluxo. Por exemplo, se a pressão nas duas extremidades do vaso for 100 mm Hg e, dessa forma, não existir diferença de pressão entre as duas extremidades, não ocorre fluxo, a despeito da presença de pressão de 100 mm Hg.

A velocidade do fluxo sanguíneo é inversamente proporcional à secção transversa do vaso. Dessa forma, em condições de repouso, a velocidade atinge, em média, 33 cm/segundo na aorta, mas somente 1/1000 dessa velocidade nos capilares, cerca de 0,3 mm/segundo. Entretanto, visto que os capilares têm comprimento típico de somente 0,3 a 1 mm, o sangue permanece neles somente por 1 a 3 segundos. Toda a difusão das substâncias nutritivas e dos eletrólitos, através das paredes dos capilares, ocorre durante esse tempo surpreendentemente curto.

Na circulação sistêmica, o fluxo global é determinado pelo *débito cardíaco* de 5000 ml/minuto, em uma pessoa adulta em repouso.

A *pressão sanguínea* significa a força exercida pelo sangue contra qualquer unidade de área da parede vascular. Quando afirmamos que a pressão em um vaso é de 50 mm Hg, queremos dizer que a força exercida é suficiente para impelir uma coluna de mercúrio contra a gravidade até um nível de 50 mm de altura.

Como o coração bombeia sangue continuamente para a aorta, a pressão neste vaso é alta, com média de 100 mm Hg. Visto que o bombeamento é pulsátil, a pressão arterial flutua entre o nível da pressão sistólica de 120 mmHg e a diastólica de 80 mmHg. À medida que o sangue flui através da circulação sistêmica, sua pressão média cai progressivamente para 0 mmHg quando atinge a terminação das veias cavas, onde estas se esvaziam no átrio direito do coração.

## MORFOLOGIA DO FLUXO SANGUÍNEO

Quando o sangue flui ao longo de um vaso longo e liso, ele corre em camadas, cada uma da qual mantém a mesma distância da parede vascular, com a camada central permanecendo no centro do vaso. Esse tipo de corrente é chamada de *fluxo laminar aerodinâmico*, e é o contrário do *fluxo turbilhonar*, no qual o sangue que flui em todas as direções no interior do vaso, e mistura-se continuamente.

No fluxo laminar, a velocidade do sangue no centro do vaso é muito maior do que a que ocorre na periferia, conferindo ao fluxo um *perfil parabólico*. Esse aspecto ocorre porque as moléculas do líquido que tocam a parede do vaso quase não se movem por causa da aderência ao endotélio. A camada seguinte de moléculas desliza sobre elas, a terceira sobre a segunda, a quarta camada sobre a terceira e assim por diante. Portanto, o líquido no meio pode mover-se rapidamente, porque existem muitas camadas de moléculas deslizantes entre o meio do vaso e a parede vascular; dessa forma, cada camada em dire-

ção ao centro move-se progressivamente com maior rapidez do que as camadas mais externas.

## CONDUTÂNCIA

Condutância é a medida do fluxo sanguíneo em um vaso para determinado gradiente de pressão. A *condutância* é a recíproca exata da *resistência*, ou seja, a condutância aumenta de modo diretamente proporcional à medida que a resistência diminui e vice-versa.

**Lei de Poiseuille.** Pequenas mudanças no diâmetro de um vaso causam alterações tremendas na capacidade de condução hemal, pois, conforme prevê a *lei de Poiseuille (Q)*, a condutância de um líquido ao longo de um tubo aumenta em *proporção à quarta potência do raio* desse canal.

$$Q = \Delta P \cdot \pi \cdot R^4 / 8 \cdot \ell \cdot n$$

Q: velocidade de fluxo do líquido;

$\Delta P$ : diferença de pressão entre as extremidades do tubo;

R: raio do tubo;

$\ell$ : comprimento do tubo;

n: viscosidade do líquido.

No fluxo laminar, essa proporção da quarta potência do raio ocorre porque, quanto menor o tubo, maior número de camadas estarão em contato ou próximas com a zona de atrito máximo, que é parede do vaso. Assim, nos vasos menores quase todo o sangue está próximo da parede, de tal forma que uma corrente central de sangue, fluindo com extrema rapidez, simplesmente não existe. Já nos vasos maiores, existe maior número de camadas centrais livres de impedimento, o que facilita generosamente o fluxo sanguíneo total.

Em canais de qualquer tamanho, ao integrar a velocidade de progressão de todos os anéis concêntricos do fluxo laminar e multiplicando-se pelas áreas dos anéis, deriva-se a *lei da quarta potência* ou *lei de fluxo de Poiseuille*, segundo a qual a velocidade da corrente sanguínea é diretamente proporcional à quarta potência do raio do vaso, o que demonstra que, em comparação com os outros fatores como gradiente de pressão, extensão do vaso e viscosidade do sangue, o diâmetro de um canal (que é igual ao dobro do raio) desempenha disparadamente o papel mais importante na determinação da velocidade de fluxo.

Na circulação sistêmica, 2/3 terços do total da resistência arteriolar ao fluxo sanguíneo encontram-se nas pequenas arteríolas. Suas fortes paredes vasculares permitem que os diâmetros variem muito, frequentemente mais de quatro vezes, o que, teoricamente, aumenta o fluxo em até 256 vezes. Assim, a lei da quarta potência torna possível que as arteríolas possam responder a sinais neurais ou teciduais locais com somente pequenas mudanças no diâmetro, que fazem com que o fluxo sanguíneo para o tecido seja bloqueado quase que completamente, ou em outras ocasiões, produza aumento brutal da corrente.

Ainda conforme a lei de Poiseuille, o segundo fator que mais determina o fluxo é a *viscosidade* do fluido que está sendo conduzido. Quanto maior a viscosidade, menor será a corrente. No caso do sangue, a viscosidade é três vezes maior do que a da água. Essa elevada viscosidade é determinada principalmente pelo grande número de hemácias em suspensão no sangue, cada uma das quais exercendo retardo, por atrito, contra as células adjacentes e contra a parede do vaso sanguíneo.

A pressão arterial e a atividade simpática se valem das vantagens da variação de diâmetro para regular o fluxo sanguíneo para uma ou mais partes do corpo. O efeito da pressão no fluxo sanguíneo é muito maior do que o esperado. A razão para isso é que a elevação da pressão arterial não aumenta somente a força que empurra o sangue, mas também distende os vasos, o que diminui sua resistência vascular. A inibição da atividade simpática dilata muito os vasos e pode aumentar o fluxo sanguíneo por duas vezes ou mais. Inversamente, a estimulação simpática muito forte pode contrair os vasos de tal forma que, ocasionalmente, o fluxo sanguíneo pode diminuir até zero a despeito da presença de uma alta pressão arterial.

## VOLUMES DE SANGUE

Oitenta e cinco por cento do volume sanguíneo total ficam na circulação sistêmica e 15% no coração e nos pulmões. Dos 85% da circulação sistêmica, 64% estão nas veias, 13% nas artérias e 8% nas arteríolas e capilares. O coração contém 7% do sangue e os vasos pulmonares, 9%.

## FUNÇÕES DO ENDOTÉLIO

### PERMEABILIDADE

O endotélio é, simultaneamente, uma membrana dialisante (1) *semipermeável*, permitindo a água, gases e diversos outros íons difundirem-se

através dele, (2) *impermeável* a células sanguíneas e a maioria das grandes moléculas, e (3) *permeável* a algumas grandes moléculas hidrossolúveis.

Essa permeabilidade versátil ocorre por dois tipos de difusão, correspondendo aos hipotéticos *canais de grande poro* e *de pequeno poro*. Os primeiros se formam pela fusão de vesículas endocíticas e exocíticas de ambas as superfícies das células endoteliais, o que permite a passagem de macromoléculas através do citoplasma dos endoteliócitos. A difusão de pequeno poro ocorre através de junções intercelulares mal vedadas e fenestras endoteliais que permitem o trânsito de pequenas moléculas, como água e pequenos íons.

A permeabilidade vênulo-capilar varia grandemente entre os tecidos e correlaciona-se com o tipo de endotélio. Nos tecidos onde as grandes moléculas passam facilmente, por exemplo, no trato alimentar e nas glândulas endócrinas, existem endotélios fenestrados, com numerosas vesículas e com junções intercelulares incompletas. Onde as barreiras à difusão das grandes moléculas ocorrem, por exemplo, no cérebro, córtex do timo, testículo e pâncreas exócrino, os endotélios são contínuos, com numerosas zônulas intercelulares ocludentes e com vesículas endocíticas escassas. Outros tecidos, por exemplo, os músculos esqueléticos, mostram uma condição intermediária.

## FUNÇÃO METABÓLICA

O endotélio também possui muitas funções metabólicas importantes, e vários sistemas de enzimas foram localizados nas células endoteliais. Nos leitos capilares dos pulmões, diversas substâncias conduzidas pelo sangue são modificadas durante sua passagem, incluindo *angiotensina I*, que é convertida na angiotensina II. Muitas substâncias, como a *serotonina*, *bradicinina*, *noradrenalina*, *prostaglandinas (A, E e F)* e a *testosterona* são desativadas pelo endotélio em várias partes do corpo.

## ANTICOAGULAÇÃO

O endotélio inibe a adesão das plaquetas e outros eventos iniciadores do trombo. Isso pode ser devido à carga negativa sobre a superfície endotelial que repele células carregadas negativamente, e também a síntese de *fatores antitrombogênicos* tais como as *prostaciclina* e *prostaglandinas*. Se as superfícies endoteliais dos vasos são danificadas, logo ocorre a coagulação por causa das interações dos mecanismos hemostáticos mediados pelo plasma com os tecidos subjacentes, particularmente seus componentes colágenos, e também por causa das substâncias liberadas pelos endoteliócitos danificados. Tais eventos são vantajosos na limitação da perda de sangue a partir dos vasos rompidos e,



em casos de patologias, na trombose associada com a doença arterial, especialmente ao ateroma e à lesão hipertensiva.

Quando um vaso é seccionado, minúsculas plaquetas se precipitam sobre a lesão como flocos de neve e estimulam a formação de uma rede de *fibrinogênio*. Os glóbulos vermelhos são recolhidos por esta teia, como um engavetamento de carros quando a rua está interrompida. Logo, a delgada parede de glóbulos vermelhos fica suficientemente grossa para deter a hemorragia.

## PARTES DA CIRCULAÇÃO

Funcionalmente, os vasos podem ser classificados como de *distribuição*, *resistência*, *troca* e *capacitância* ou *de reserva*.

### VASOS DE DISTRIBUIÇÃO

Os vasos de distribuição formam um conjunto vascular que inclui desde artérias cardíacas até as arteríolas.

As artérias elásticas são os primeiros e mais calibrosos vasos de distribuição, pois correspondem às artérias cardíacas e seus ramos primários. Recebem este nome devido ao alto conteúdo, em suas paredes, de tecido elástico amarelo.

A grande quantidade de material elástico tem importante função na regularização de fluxo sanguíneo. O tecido elástico sofre dilatações periódicas e absorve o impacto da contração cardíaca. Durante a diástole, as artérias voltam ao calibre normal, impulsionando o sangue à jusante. Consequentemente, à medida que se distanciam do coração, o fluxo e a pressão sanguínea tornam-se cada vez mais regulares, embora sempre pulsáteis.

Artérias de distribuição de menor calibre, enquanto retendo marcada elasticidade, apresentam um aumento da quantidade de miócitos em sua parede, sendo chamadas de *artérias musculares*, cujo tono controla o fluxo sanguíneo para grandes segmentos do corpo.

Uma subdivisão mais exata das artérias pode ser feita em *vasos de condução*, para as artérias elásticas, e *vasos de distribuição*, para as musculares, até o início das arteríolas.

### VASOS DE RESISTÊNCIA

Os vasos de resistência correspondem às arteríolas. Um controle mais íntimo dos fluxos na microcirculação é exercido pelas paredes musculares das

arteríolas e esfíncteres pré-capilares que fornecem a principal resistência periférica ao fluxo sanguíneo. Esse fator combinado com o débito cardíaco determina a pressão da árvore arterial e, localmente, modula o fluxo sanguíneo para os leitos capilares.

As arteríolas atuam como válvulas controladoras através das quais o sangue é liberado para os capilares. A arteríola tem parede muscular forte, que pode fechar ou dilatar sua luz, tendo assim a capacidade de alterar intensamente o fluxo sanguíneo para os capilares, em resposta às necessidades dos tecidos.

## VASOS DE TROCA

Os capilares, os sinusóides e as vênulas pós-capilares são coletivamente denominados de *vasos de troca*.

Os capilares permutam oxigênio, dióxido de carbono, líquidos, nutrientes, eletrólitos, íons, vitaminas, hormônios, anticorpos e células defensivas entre o sangue e os tecidos. Para desempenhar esse papel, suas paredes são muito finas e apresentam minúsculos e numerosos poros permeáveis a muitas pequenas moléculas.

## VASOS DE CAPACITÂNCIA OU DE RESERVA

As grandes vênulas e as veias formam um extenso e variável arranjo de grande volume e baixa pressão de vasos de capacitância ou de reserva, levando o sangue de volta ao coração.

As veias também são suficientemente musculares para se contrair ou se expandir e, assim, atuam como reservatório controlável de sangue extra, em quantidades pequenas ou grandes, dependendo das necessidades da circulação.

## MICROCIRCULAÇÃO

### CAPILARES E VÊNULAS

Os capilares têm uma importância fundamental na economia sistêmica. Na circulação periférica há aproximadamente 10 bilhões deles, com área total de 500 a 700 m<sup>2</sup>, diâmetro total 800 vezes maior que o da aorta e comprimento total, em adultos, de cerca de 96540 Km!!! Calcula-se que o fluxo de sangue na aorta seja de 320 ml/segundo, ao passo que nos capilares de 0,3 ml/segundo.

O sistema capilar pode, pois, ser comparado a um lago, onde entra e sai um rio caudaloso. Os capilares, graças a seu fluxo lento e sua delgada parede, são um local favorável para o intercâmbio entre o sangue e os tecidos. O diâmetro do capilar é de 4 a 9  $\mu\text{m}$ , suficiente apenas para que as hemáceas se espremam através deles.

O mecanismo que mantém a delgadíssima luz capilar aberta e, assim, permite o fluxo de sangue, permanece obscuro. Alguns acreditam que o fluxo é determinado somente pelo estado de contração das arteríolas e dos esfíncteres pré-capilares; outros, que é determinado por aumentos e reduções cíclicas do volume dos endoteliócitos.

As *vênulas pós-capilares* também são locais de troca de líquido e migração de leucócito. No tecido linfático do intestino e brônquios, nos linfonodos e timo, os endoteliócitos pós-capilares são muito mais altos e possuem junções intercelulares através das quais os linfócitos podem passar prontamente para o tecido extravascular. Acredita-se que, nos outros tecidos, esses vasos sejam o local principal de migração dos neutrófilos, macrófagos e outros leucócitos para os espaços extravasculares, e também uma região de fixação endotelial temporária para os neutrófilos, formando reservatórios marginados destas células.

## DESVIOS VASCULARES

Sob controle simpático, através das abundantes fibras não mielinizadas da sua parede, as *anastomoses arteriolo-venulares* (AAV's) são capazes de se fechar, com a circulação sendo então feita por meio do leito capilar. Essa capacidade da AAV de mandar sangue adicional para o leito capilar e, portanto, para o território de irrigação de um vaso, é aproveitada para controlar a temperatura corpórea e para suprir, de oxigênio e nutrientes, tecidos com demandas metabólicas aumentadas. Quando aberto, a AAV transporta sangue da artéria para a veia, excluindo parcial ou completamente o leito capilar da circulação. Isso é particularmente vantajoso quando o tecido está em repouso.

As AAV's são essenciais para o controle da temperatura geral e local do corpo. Quando a temperatura se eleva acima de 38° C, o músculo das paredes dos vasos da anastomose se contrai, resultando em um fechamento da AAV e desvio obrigatório do fluxo sanguíneo para a pele, o que leva a um resfriamento do corpo a partir da irradiação de calor do sangue para o ambiente. Quando a temperatura local cai para menos de 36° C, os vasos das AAV's se relaxam, desviando o sangue da superfície corpórea, o que reduz a perda de calor e contribui para aumentar temperatura. A insuficiência e a imaturidade AAV's

no recém-nascido e a redução acentuada nas anastomoses arteriolo-venulares com o avanço da idade podem estar relacionadas com a regulação menos eficiente da temperatura observada nestes dois extremos de idade.

As AAV's nas mucosas do trato alimentar executam uma função diferente. Uma arteríola para uma vilosidade possui uma conexão direta com sua vênula correspondente e quando a absorção está em suspenso, a conexão fica aberta e ajuda a elevar a pressão da veia porta do fígado; durante a absorção alimentar, a anastomose é fechada e, conseqüentemente, o sangue atravessa o plexo capilar, o que aumenta a taxa de absorção dos nutrientes presentes na luz entérica.

Outras funções propostas para as AAV's incluem a regulação da pressão sanguínea e secreção vasomoduladora por meio da atividade de endoteliócitos epitelióides.

## CONTROLE DO FLUXO SANGUÍNEO

### METABÓLICO

O fluxo sanguíneo para cada tecido é habitualmente regulado no nível mínimo capaz de suprir exatamente suas necessidades. Ao controlar o fluxo sanguíneo local dessa maneira tão precisa, os tecidos nunca padecem de deficiência nutricional, e, ao mesmo tempo, a carga de trabalho sobre o coração é mantida em nível mínimo.

Quanto maior o metabolismo ou menor a disponibilidade de oxigênio ou de alguns outros nutrientes para determinado tecido, maior será a intensidade de formação de uma *substância vasodilatadora*. Acredita-se que essa substância vasodilatadora sofra retrodifusão, a partir do tecido pouco oxigenado que o produz, para os esfíncteres pré-capilares, metarteríolas e arteríolas, causando a dilatação destes vasos. Algumas substâncias vasodilatadoras incluem dióxido de carbono, histamina, íons potássio e íons hidrogênio, compostos de fosfato de adenosina e, principalmente, *adenosina*. A vasodilatação total, capaz de aumentar suficientemente o fluxo sanguíneo para determinado tecido, resulta da combinação dos efeitos de todos os vasodilatadores em vez da ação isolada de um mesmo composto.

O oxigênio também exerce efeito direto na vasodilatação da microvasculatura. Quando a disponibilidade de oxigênio para as fibras musculares lisas dos vasos sanguíneos locais se reduz, ocorre vasodilatação local. Como o músculo liso necessita de oxigênio para permanecer contraído, a

força de contração dos esfíncteres eleva-se com o aumento na concentração de oxigênio. Como consequência, quando a concentração de oxigênio no tecido aumenta acima de determinado nível, os esfíncteres pré-capilares e metarteríolas se fecham até que as células teciduais consumam o excesso de oxigênio.

## NEURAL

Localizada bilateralmente na substância reticular do bulbo e no terço inferior da ponte encontra-se a área chamada *centro vasomotor*. Esse centro transmite impulsos parassimpáticos através dos nervos vagos para o coração e transmite impulsos simpáticos através da medula espinhal e dos nervos simpáticos periféricos para quase todos os vasos sanguíneos do corpo.

O centro vasomotor tem uma zona vasoconstrictora que transmite sinais continuamente para as fibras nervosas vasoconstrictoras simpáticas em todo o corpo, causando descargas lentas e contínuas dessas fibras, com frequência 0,5 a 2 impulsos/segundo. Esta descarga é chamada de *tônus vasoconstritor simpático*. Esses impulsos mantêm um estado de contração parcial nos vasos sanguíneos, o *tônus vasomotor*, indispensável na manutenção da pressão arterial em níveis normais durante o repouso.

Todos os vasos, exceto os capilares, esfíncteres pré-capilares e a maioria das metarteríolas, são inervados. A inervação simpática das pequenas artérias e arteríolas permite que a estimulação neural aumente a resistência ao fluxo sanguíneo, diminuindo assim a intensidade do fluxo sanguíneo através dos tecidos.

A inervação dos grandes vasos, particularmente das veias, torna possível que a estimulação simpática diminua o volume desses vasos. Isso permite que o sangue seja transferido para o coração, e, assim, essa estimulação desempenha papel importante na regulação da função cardiovascular.

A inervação parassimpática desempenha pequeno papel na regulação da circulação. Seu efeito realmente importante na circulação é o de controle da frequência cardíaca através de fibras vagais levadas ao coração.

## ARTÉRIAS E VEIAS

A ideia de artéria como um canal que conduz sangue arterial, rico em oxigênio, não é completamente exata porque um de seus componentes mais importantes, as artérias pulmonares, carregam sangue tão pouco oxigenado quanto as veias. Uma concepção mais adequada é a que considera a artéria

como um *conduto de fluxo eferente*, ou seja, que conduz sangue para longe do coração, em direção aos tecidos. Raciocínio oposto pode ser aplicado para as veias. Embora geralmente conduza sangue venoso, pobre em oxigênio, ocasionalmente as veias conduzem sangue arterial; é o que ocorre nas veias pulmonares. Portanto, melhor seria considerar as veias como vasos de *fluxo aferente*, ou seja, que conduzem sangue para longe dos tecidos, em direção ao coração.

As artérias possuem parede mais espessa e, corolariamente, uma luz mais estreita e uma anatomia mais constante do que as veias correlatas, porque estão submetidas a uma maior tensão interna, proveniente da propagação dos batimentos cardíacos. No ser humano, a artéria de maior variabilidade anatômica é a *ilíaca interna*.

## DISTENSIBILIDADE VASCULAR

A natureza distensível das artérias permite que elas possam acomodar o débito pulsátil do coração e uniformizar as pulsações da pressão. Isso produz fluxo sanguíneo uniforme e contínuo ao longo dos vasos sanguíneos muito pequenos. No entanto, os vasos mais distensíveis são as veias. As veias, em média, são cerca de oito vezes mais distensíveis que as artérias. Mesmo discretos aumentos da pressão venosa fazem com que as veias acomodem de 0,5 a 1 litro de sangue extra. Dessa forma, as veias desempenham a função de reservatório, para armazenar grandes quantidades suplementares de sangue, que podem ser necessárias sempre que requeridas em outro local da circulação.

## ESTIMULAÇÃO SIMPÁTICA

O aumento do tônus do músculo liso vascular causado pela estimulação simpática aumenta a pressão em cada volume das artérias e das veias, enquanto a inibição simpática diminui a pressão em cada volume. A primeira ação faz com que grandes volumes de sangue sejam desviados para o coração, que é o principal método utilizado pelo corpo para aumentar o bombeamento cardíaco.

O controle simpático da capacitância vascular é também especialmente importante durante a hemorragia. O incremento do tônus simpático dos vasos, especialmente das veias, reduz o calibre dos vasos, de tal forma que a circulação continua a operar quase que normalmente, mesmo que se tenha perdido até 25% do volume total de sangue.

## PULSAÇÕES

Nas grandes artérias, a resistência por atrito é relativamente pequena, e as pressões são apenas pouco menores do que na aorta. As pequenas artérias, por outro lado, oferecem resistência moderada ao fluxo sanguíneo. Essa resistência chega ao nível máximo nas arteríolas, que, algumas vezes são chamadas de *válvulas reguladoras* do sistema vascular. Além do aumento da pressão ao longo das arteríolas e capilares, há mudança quase completa de um *fluxo vibratório (pulsátil)* para um *contínuo (sanguíneo)*. O fluxo arterial pulsátil é amortecido para se transformar em fluxo venoso contínuo pela combinação da distensibilidade das artérias e da resistência à corrente líquida oferecida pelas arteríolas e capilares à corrente de sangue.

Não fosse a distensibilidade do sistema arterial, o fluxo sanguíneo através dos tecidos ocorreria somente durante a sístole. Durante a diástole, a falta de bombeamento é compensada pela retração elástica das artérias, o que proporciona um pulso adicional não-cardíaco suficientemente forte para garantir uma corrente sanguínea ininterrupta, embora mais fraca na diástole.

As pulsações cardíacas são mais fortes nas grandes artérias, e a palpação dos pulsos arteriais é um dos componentes do exame clínico. Os pulsos mais comumente palpados são o aórtico, carotídeo, radial, braquial, ulnar, femoral, poplíteo, tibiais e dorsal do pé.

## CORRELAÇÕES ANÁTOMO-FISIOLÓGICAS

A função de qualquer vaso é conduzir o sangue para um determinado setor do corpo humano de um modo rápido, intenso, contínuo e seguro. Essas características de transporte são fortemente influenciadas pelas seguintes peculiaridades morfológicas: *forma tubular, superfície interna lisa, percurso retilíneo, situação profunda, consistência flexível e presença de divisões e anastomoses vasculares.*

**Forma tubular.** Um tubo é um cilindro oco com extremidades abertas, constituindo a forma ideal para condução de um fluido com fluxo célere, de perfil laminar, de eficiência mecânica máxima.

**Superfície interna lisa.** O endotélio forma um revestimento liso para a superfície luminal dos vasos, permitindo que o sangue deslize com pouca fricção, o que propicia um fluxo hemal com deslizamento facilitado.

A função antitrombótica dos endoteliócitos ocasiona a presença de um sangue intravascular sempre fluido, com capacidade de coagular ocasional e localmente, apenas sobre feridas endoteliais.

**Percorso retilíneo.** Os vasos têm um trajeto tendente à reta, apresentando um reduzido número de curvaturas; como uma reta é a menor distância entre dois pontos, o fluxo se dá ao longo de um circuito com exíguo comprimento e resistência, proporcionando rápida circulação de sangue.

Às vezes, a presença de curvaturas é mais vantajosa do que o trajeto retilíneo. A *artéria facial* e as *labiais*, por exemplo, são extremamente tortuosas, adaptando-se aos movimentos destas regiões; as *artérias uterinas* são também enroladas, adequando-se ao aumento de tamanho que o útero sofre na gestação.

**Situação profunda.** Os vasos mais calibrosos e de maior fluxo, como os cardíacos e os segmentares, geralmente estão profundamente situados, ocupando posições mais protegidas e menos expostas (1) dentro de compartimentos miofasciais, contidos em feixes neurovasculares, nos membros, (2) ao longo de superfícies de flexão de articulações, também nos membros, ou (3) envolvidos pelos robustos arcabouços esqueléticos do crânio, caixa torácica e pelve.

**Consistência.** As túnicas dos vasos são flexíveis porque não possuem componentes rígidos em sua intimidade, como ossos ou cartilagens. Isso permite que as paredes vasculares possam se dobrar, sem ruptura, acompanhando os movimentos da parte de corpo onde transitam.

Os vasos também são elásticos, o que confere às artérias capacidade de absorção de excessos de energia cinética das pulsações cardíacas, preservando os órgãos de lesões vibratórias. Isso é verdade principalmente em relação ao encéfalo, uma massa semilíquida de tecido altamente dilacerável.

A elasticidade torna as veias muito distensíveis, transformando-as em eficientes reservatórios sanguíneos. Graças a essa reserva, um ocasional retorno venoso excessivo não é passado ao coração, que assim trabalha sem sobrecarga volêmica. As veias são capazes de contrair e dilatar, pela presença de fibras elásticas e musculares em suas paredes, de modo a armazenar grandes quantidades de sangue, bem como tornar disponível este sangue armazenado quando requerido pelo restante da circulação. Aproximadamente 60% de todo o sangue, cerca de 3 litros, estão acumulados nas veias.



**Divisões. Ramos e tributárias.** Um vaso tomado como referência conduz sangue do seu território através de prolongamentos de diâmetro menor, chamados de *ramos*, nas artérias, e de *tributárias*, nas veias. Essas divisões podem ser classificadas como *primárias* (ramo primário/tributária primária) caso se originem diretamente de um determinado vaso, ou *secundárias*, caso se originem de uma divisão primária, e assim sequencialmente, até a chegada aos capilares.

*Modos de divisão.* A divisão vascular assume três formas mais frequentes: (1) *divisão simples*: o vaso dá origem a sucessivos ramos laterais sem características morfológicas distintas; é o que ocorre na maioria dos vasos do corpo, especialmente nos membros, na cabeça e no pescoço; (2) *tronco*: é um vaso curto e grosso que se divide em diversos ramos menores, por exemplo, o *tronco celiaco* e o *tireocervical*; (3) *divisão dicotômica*: resulta da bifurcação de um vaso-mãe, o conjunto assumindo a forma de um estilingue. Embora cada ramo seja menor do que seu tronco-mãe, a área de secção combinada dos dois vasos dicotômicos é maior do que àquela do tronco; esses fatos são básicos para um fluxo hemodinâmico melhorado. Como exemplo de divisão dicotômica, podemos citar a bifurcação da VCI e a da aorta abdominal, ambas na altura de L<sub>5</sub>.

**Vasos perfurantes.** Um tipo importante de ramo ou tributária são os *vasos perfurantes*, os quais transitam perpendicularmente à superfície corpórea que nutrem. A partir de sua origem em um vaso-mãe profundo, os vasos perfurantes atravessam “furando” e suprindo sucessivamente uma série de camadas tissulares, terminando geralmente no tegumento ou logo abaixo dele. Os vasos perfurantes proporcionam aos seus canais de origem, de fluxo mais caudaloso e importante, uma localização resguardada, na profundidade do corpo (figura 20).

Os vasos cardíacos têm estreita relação com os ossos do esqueleto axial. Seus ramos acompanham os tecidos conjuntivos intermusculares, onde se dividem para irrigar músculos, ossos, tendões, nervos e depósitos profundos de gordura, seguindo o arcabouço de tecido conjuntivo daquela estrutura até o nível celular. Os *vasos perfurantes cutâneos* exibem o mesmo padrão. Em geral, originam-se de um vaso segmentar ou de um de seus ramos musculares, e acompanham os tecidos conjuntivos intermusculares ou intramusculares na fáscia profunda, sob a forma de *vasos perfurantes cutâneos diretos* e *indiretos*, respectivamente, até penetrarem a camada mais externa da fáscia profunda. A seguir, os vasos perfurantes cutâneos acompanham o arcabouço de tecido con-

juntivo da fáscia superficial até finalmente atingirem uma outra estrutura de tecido conjuntivo – a derme.

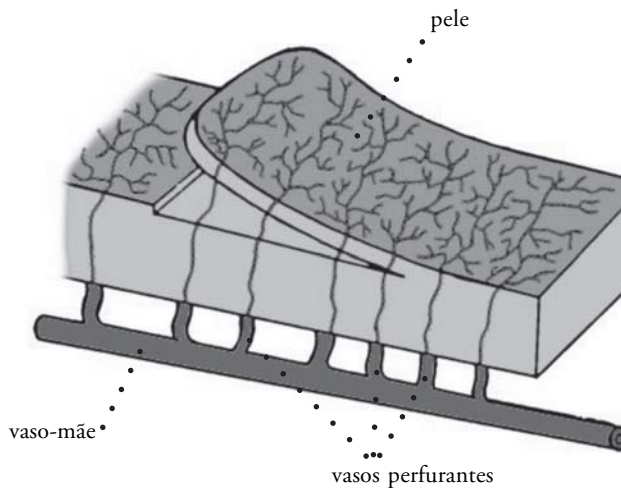


Figura 20 - Vascularização cutânea.

Os vasos perfurantes diretos, também chamados de *vasos septocutâneos*, passam entre os músculos, são mais comuns nos membros e geralmente são calibrosos e bem espaçados. Os vasos perfurantes indiretos, por sua vez, têm trajeto por dentro dos músculos antes de perfurar a fáscia profunda, predominam no tórax e geralmente são pequenos e numerosos.

Os vasos perfurantes são mais frequentes em locais em que a pele é fixa. Essas localizações são observadas nas linhas de dobras cutâneas, sobre septos intermusculares, próximo às linhas médias dorsal e ventral do corpo, em torno da base do crânio e próximo a inserções fixas de músculos nos ossos.

Estima-se que o corpo humano possua cerca de 300 artérias perfurantes cutâneas. As mais calibrosas delas são as três *artérias perfurantes da coxa*, ramos da artéria femoral, que perfuram a inserção do músculo adutor magno para alcançar a face posterior da coxa.

## ANASTOMOSES

Os ramos arteriais em várias partes do corpo unem-se a ramos de outras artérias de calibre semelhante, constituindo o que se chama de *anastomose*, em

vez de terminarem unicamente em capilares. As anastomoses podem ocorrer entre grandes artérias sob a forma de *arcos*, tais como os da palma das mãos, das arcadas intestinais ou do polígono de Willis; podem também ocorrer entre grandes veias em um padrão similar ao das artérias.

Mais frequentemente, as anastomoses ocorrem entre pequenas artérias, de calibre menor que 1 mm. Essas são numerosas próximo às articulações e entre os ramos terminais de troncos arteriais que irrigam áreas vizinhas do corpo. As anastomoses formam um padrão definido de ligações cruzadas entre artérias ou entre veias, mais ou menos desenvolvidas de acordo com a região considerada.

**Artérias terminais.** Com as artérias terminais, as anastomoses são muito limitadas. Quando uma destas é bloqueada por uma trombose, embolia ou ligadura cirúrgica, o território irrigado fica isquêmico, isto é, privado de fluxo sanguíneo pleno, o que pode causar necrose ou infarto após um período crítico de resistência tecidual. Felizmente, as artérias terminais são raras no organismo; dentre elas, podemos citar as *artérias renais, apendicular, peniana, centrais das retinas, digitais e hepáticas próprias*. Se uma veia terminal for obstruída, o sangue não será escoado, causando tumefação violácea do território não drenado (*edema venoso*).

Um tipo singular de circulação terminal é a que ocorre no interior do cérebro e do miocárdio. Na espécie humana não existem artérias terminais no sentido anatômico exato, isto é, inexistem artérias sem ligações com vasos vizinhos. Porém, a falta de anastomoses intracerebrais e intramiocárdicas suficientemente grandes e numerosas, juntamente com a grande vulnerabilidade daqueles tecidos em casos de falta de oxigênio por oclusão arterial, reduzem grandemente as probabilidades de que uma circulação colateral eficiente se abra em tempo de evitar um infarto. Assim, as artérias cerebrais e as cardíacas podem ser consideradas *terminais funcionais*, embora anatomicamente elas não o sejam de modo estrito.

**Circulação colateral.** A circulação colateral é um neocircuito tortuoso que surge ou se abre forçado pelo entupimento de um vaso não-terminal, através da abertura de suas anastomoses previamente quiescentes. A circulação colateral, assim, assume papel indispensável para garantir um fluxo ininterrupto em artérias ou veias, mesmo que haja obstrução total de seus trajetos principais.

O desenvolvimento de vasos colaterais ocorre em (1) uma fase inicial aguda, rápida, através de uma vasodilatação neurogênica, e (2) uma fase mais

tardia crônica, em longo prazo, no decorrer de semanas a meses, na qual ocorrem modificações hemodinâmicas consequentes à queda da resistência periférica, presença de anóxia, acúmulo de metabólitos vasodilatadores e aumento do tamanho dos vasos.

Em condições de repouso, o fluxo sanguíneo reestabelecido pela abertura aguda e crônica da circulação colateral habitualmente retorna ao normal. Entretanto, os novos canais raramente se tornam grandes o suficiente para suprir o fluxo sanguíneo necessário durante atividade intensa do tecido.

**Veias diploicas e emissárias.** Estas veias são vasos anastomóticos encontrados na cabeça, que garantem uma drenagem venosa contínua para o encéfalo. As veias emissárias atravessam forâmulas na calota craniana e estabelecem anastomoses entre os seios durais e as veias extracranianas.

As veias diploicas são calibrosos canais na díploe dos ossos cranianos e são destituídas de válvulas. Suas paredes são finas, com dilatações em intervalos irregulares, e formadas de endotélio que se apóia em uma camada de tecido elástico envolto por trabéculas ósseas. As veias diploicas comunicam-se com as veias meníngeas, com os seios da dura-máter e com as veias pericranianas.

Clinicamente, as veias diploicas e emissárias, devido as suas mútiplas interconexões, são importantes na difusão de infecções provenientes de focos extracranianos para os seios venosos.

## RESERVATÓRIOS SANGUÍNEOS

Algumas porções do sistema circulatório são tão extensas e/ou complacentes que são chamadas de *reservatórios sanguíneos específicos*: (1) o *baço*, que algumas vezes pode diminuir de tamanho o suficiente para liberar até 100 ml de sangue para outras áreas da circulação, (2) o *figado*, cujos seios podem liberar várias centenas de mililitros de sangue para o restante da circulação, (3) as *grandes veias abdominais*, que podem contribuir com até 300 ml e (4) os *plexos venosos subcutâneos*, que podem contribuir com várias centenas de mililitros.

Embora não sejam parte do sistema de reservatório venoso sistêmico, o coração e os pulmões também devem ser considerados reservatórios sanguíneos. O coração, por exemplo, se contrai durante a estimulação simpática e, dessa forma, pode contribuir com cerca de 50 a 100 ml de sangue.

---

# SISTEMAS VASCULARES ESPECÍFICOS

---

*Certamente, requererei o vosso SANGUE, o sangue da vossa vida; de todo animal o requererei, como também da mão do homem, sim, da mão do próximo de cada um requererei a vida do homem.*

( Gênesis 9:5)

Os sistemas arteriais *aórtico, carotídeo, vértebro-basilar*, e venosos *caval, jugular, portal*, e as *veias dos membros inferiores*, além da simples condução sanguínea, apresentam características morfológicas e funcionais diferenciadas que merecem comentários adicionais.

---

## SISTEMA AÓRTICO

---

### ANATOMIA

O sistema aórtico é o conjunto de canais constituído pela *aorta* e por seus ramos primários. O sistema aórtico forma o tronco da árvore arterial que transporta sangue oxigenado para o todo o corpo (quadro 2).

A aorta começa no anel da aorta, a partir da base do ventrículo esquerdo, onde ela mede 3 cm de diâmetro, com uma parede espessada de 1,5 mm. Passando inicialmente para cima-direita, ela depois se curva para cima-trás-esquerda sobre o hilo do pulmão esquerdo e, em seguida, desce no tórax, no início à esquerda da coluna vertebral, depois gradualmente inclina-se em direção à linha mediana, para penetrar no abdome através do *hiato aórtico do diafragma*. Diminuída em tamanho para aproximadamente 1,8 cm, ela termina à esquerda da linha mediana, ao nível da borda inferior de L<sub>4</sub>, dividindo-se nas artérias *ilíacas comuns* (figura 21).

IRRIGAÇÃO AÓRTICA	
setor	território
ascendente	coração
horizontal	cabeça, pescoço e mmss
torácico	pericárdio, pleuras-pulmões, mediastino e parede torácica
abdominal	abdome, pelve, períneo e mmii

Quadro 2 - Irrigação aórtica.

## SETORES

A aorta é dividida, didaticamente, em três setores: *ascendente*, *transversa* e *descendente*. A aorta descendente é a parte vertical da aorta, sendo formada pela união de suas porções *torácica* e *abdominal*.

**Aorta ascendente.** Com cerca de 5 cm de comprimento, começa na base do ventrículo esquerdo, ao nível da terceira cartilagem costal esquerda. Sobe curvando-se para frente-direita, atrás da metade esquerda do esterno, até o nível da segunda cartilagem costal esquerda, onde termina. Na sua origem, estão três *seios da aorta*, além dos quais o diâmetro do vaso é ligeiramente aumentado por meio de uma dilatação de sua parede direita, o *bulbo da aorta*, que dá ao vaso uma secção oval.

A parte ascendente da aorta está dentro do pericárdio fibroso, incluída em um tubo de pericárdio seroso juntamente com o tronco pulmonar. Anteriormente à sua parte inferior, estão o infundíbulo, o começo do tronco pulmonar e a aurícula direita.

Os únicos ramos da aorta ascendente são as *artérias coronárias*.

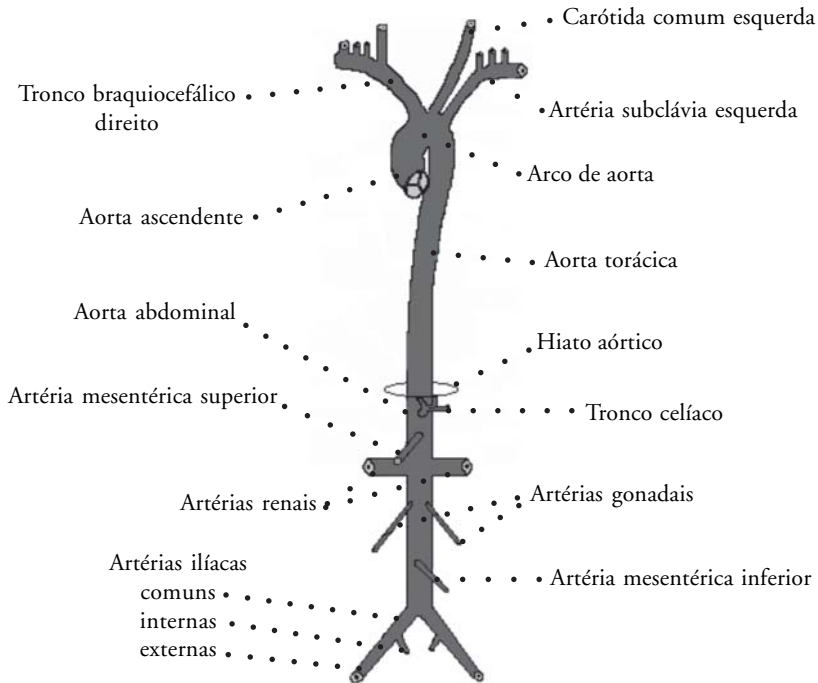


Figura 21 - Sistema aórtico.

**Aorta transversa.** Também denominada *arco*, *croça* ou *cajado da aorta*, a aorta transversa começa atrás da metade direita do manúbrio do esterno, ao nível da segunda articulação esternocostal direita. O arco primeiro sobe para trás-esquerda, na frente da traqueia; depois, para trás, através de seu lado esquerdo; e, finalmente, desce à esquerda do corpo de  $T_4$ , continuando como a parte torácica da aorta. O cajado possui duas curvaturas convexas: uma para cima e outra para frente-esquerda. O limite superior do arco da aorta está na metade proximal do manúbrio do esterno.

À direita do arco estão a traqueia, o esôfago, a coluna vertebral e o ducto torácico; à esquerda, o nervo vago e o frênico esquerdos; abaixo estão a bifurcação do tronco pulmonar e o brônquio principal esquerdo. O *ligamento arterioso* é uma corda fibrosa que une a superfície inferior do arco aórtico com o início da artéria pulmonar esquerda. O arco da aorta forma uma curva embaixo da qual as estruturas do hilo pulmonar esquerdo entram e saem do pulmão.

Os ramos da parte transversa originam-se de sua face convexa superior. Em 65% dos casos, estes ramos são o *tronco braquiocefálico*, as *artérias carótida comum e subclávia esquerdas*. Em cerca de 25% da vezes, a artéria carótida comum esquerda sai do tronco braquiocefálico; em torno de 3%, as quatro grandes artérias saem separadamente do cajado da aorta. Os restantes 7% mostram uma grande variedade de padrões, o mais comum (cerca de 1%) sendo a presença de troncos braquicefálicos direito e esquerdo simétricos.

**Aorta torácica.** A aorta torácica corresponde à parte proximal da aorta descendente. Ela percorre o tórax ao longo do *mediastino*.

A aorta torácica começa no nível da borda inferior da  $T_4$ , continua com o arco da aorta, terminando anterior à borda inferior de  $T_{12}$ , no hiato aórtico do diafragma. Na sua origem, está à esquerda da coluna vertebral; à medida que desce, se aproxima da linha mediana e sua terminação está diretamente anterior a esta.

Na frente da aorta torácica, de cima para baixo, sucessivamente está o hilo do pulmão esquerdo, o pericárdio (separando a aorta torácica do átrio esquerdo), o esôfago e o diafragma. Posteriormente estão a coluna vertebral e as veias hemiazigos. No lado direito estão a veia ázigos e o ducto torácico e, abaixo, a pleura e o pulmão direito. À esquerda estão a pleura e o pulmão esquerdos. Acima o esôfago está na lateral direita da aorta torácica, mas torna-se anterior na parte inferior do tórax e, próximo do diafragma, ele está à esquerda e à frente. Assim, aorta descendente e o esôfago são parcialmente enroscados.

A parte torácica da aorta fornece finos *ramos viscerais* para o pericárdio, pulmões, brônquios, esôfago, e calibrosos *ramos parietais* para a parede do tórax, os *vasos intercostais posteriores*.

**Aorta abdominal.** A aorta abdominal corresponde à parte distal da aorta descendente. Ela percorre o abdome ao longo do *retroperitônio*.

A aorta abdominal começa no plano mediano, no hiato aórtico do diafragma, anterior à borda inferior de  $T_{12}$ , descendo anterior às vértebras para terminar em  $L_4$ , um pouco à esquerda da linha mediana, pela bifurcação em duas artérias ilíacas comuns, em um ângulo de  $40^\circ$ . A aorta abdominal diminui rapidamente de diâmetro, visto que seus ramos são grossos.

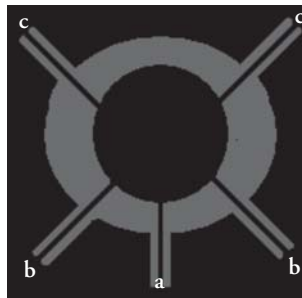
Na frente do início da aorta abdominal está o *tronco celiaco* e seus ramos, o *plexo celiaco* e o processo papilar do fígado. Mais abaixo, a artéria mesentérica



superior deixa a aorta, cruzando à veia renal esquerda pela frente. O corpo do pâncreas, com a veia esplênica aplicada posteriormente, estende-se para cima-esquerda na frente da parte abdominal da aorta, separado dela pela artéria mesentérica superior e veia renal esquerda. Abaixo do pâncreas, a parte horizontal do duodeno e o início das artérias gonadais e estão anteriores. Na sua parte mais inferior, a aorta abdominal está coberta por peritônio e é cruzada pela inserção do mesentério. A cisterna do quilo, o ducto torácico, a veia ázigos e o pilar direito do diafragma estão à direita da parte superior da aorta abdominal. A flexura duodenojejunal está à esquerda, em nível com L<sub>2</sub>.

Os ramos da aorta abdominal podem ser descritos como *ramos viscerais*, *parietais* e *terminais*. Os primeiro são aqueles distribuídos para os órgãos abdominais e são divididos em (1) ventrais: *tronco celíaco*, *artérias mesentéricas superior e inferior*; e (2) laterais: *frênicas inferiores*, *suprarrenais médias*, *renais e gonadais*. Os ramos parietais irrigam a parede do corpo, a coluna vertebral, o canal vertebral e seu conteúdo; são divisões dorsais da aorta abdominal e correspondem às *artérias lombares* (figura 22). Os ramos terminais, como o nome indica, são aqueles que constituem o fim da aorta abdominal, ou seja, as *artérias ilíacas comuns* e a *artéria sacral mediana*.

A parte abdominal da aorta bifurca-se, antero-lateral ao lado esquerdo do corpo de L<sub>4</sub>, nas artérias *ilíacas comuns direita e esquerda*. Estas divergem, à medida que descem, para se dividirem próximo ao nível do disco intervertebral entre a última vértebra lombar e a primeira vértebra sacral nas artérias *ilíacas externa e interna*: a primeira irriga a maior parte do membro inferior; a segunda, as vísceras e as paredes pélvicas, o períneo e a região glútea. A divisão da artéria ilíaca comum situa-se anterior à articulação sacroilíaca correspondente.



**Figura 22** - Ramos da aorta abdominal. a. ventrais: tronco celíaco e artérias mesentéricas; b. laterais: artérias frênicas inferiores, suprarrenais, renais e gonadais; c. posteriores: artérias lombares.

## FISIOLOGIA

A palavra *aorta* provém do grego e significa *não reta* ou *torta*. Isto está relacionado a seu trajeto em forma de bengala. Tal morfologia ocorre devido à presença do coração, o qual prioriza o fluxo para a metade proximal do corpo, onde se encontram estruturas como o encéfalo e o sistema cardiorrespiratório central. Por isso o trato de saída da aorta dirige-se inicialmente para cima, a partir do ventrículo esquerdo. Desse modo, órgãos vitais localizados na cabeça, pescoço e parte proximal do tórax podem ser perfundidos com maior pressão e com fluxo sanguíneo ótimo.

Seguindo o trajeto, a aorta sofre uma deflexão de 180°, ao longo do cajado, o que redireciona o sangue ejetado na sístole ventricular para a metade caudal do corpo.

A forma aórtica é ideal para garantir fluxo para todo o organismo. O arco aórtico tem uma curvatura equilibrada, embora acentuada; não é súbita a ponto de formar um ângulo agudo que impeça a passagem de sangue, e nem suave demais a ponto de executar um longo arco e ocupar um grande espaço. O cajado também é importante para absorção de excesso de energia cinética provenientes das pulsações cardíacas, potencialmente danosas para órgãos gelatinosos com o cérebro.

---

## SISTEMA CAROTÍDEO

---

### ANATOMIA

**Carótidas.** As *carótidas comuns* são o suprimento arterial principal para a cabeça e o pescoço. Elas sobem até o nível da borda superior da cartilagem tireoide, onde cada uma se divide em uma *artéria carótida externa*, que supre o exterior da cabeça, face e a maior parte do pescoço; e uma *carótida interna*, que supre os conteúdos do crânio e da órbita (figura 23). As carótidas comuns, interna e externa, situam-se em uma fenda limitada posteriormente pelos processos transversos das vértebras cervicais, medialmente pela traqueia, esôfago, glândula tireoide, laringe e músculos constritores da faringe, e anterolateralmente pelo músculo esternocleidomastóideo.

As carótidas comuns diferem em comprimento e origem (figura 21). A carótida direita, exclusivamente cervical, começa na bifurcação do tronco

braquiocefálico atrás da articulação esternoclavicular direita; a carótida comum esquerda começa na parte mais alta do arco da aorta, imediatamente póstero-lateral ao tronco braquiocefálico e, portanto, possui um trajeto no topo do tórax e outro na base do pescoço.

As partes cervicais de ambas as artérias carótidas comuns possuem cursos semelhantes. Cada uma sobe, divergindo lateralmente desde a articulação esternoclavicular até a margem superior da cartilagem tireóidea, onde se dividem em carótidas externa e interna.

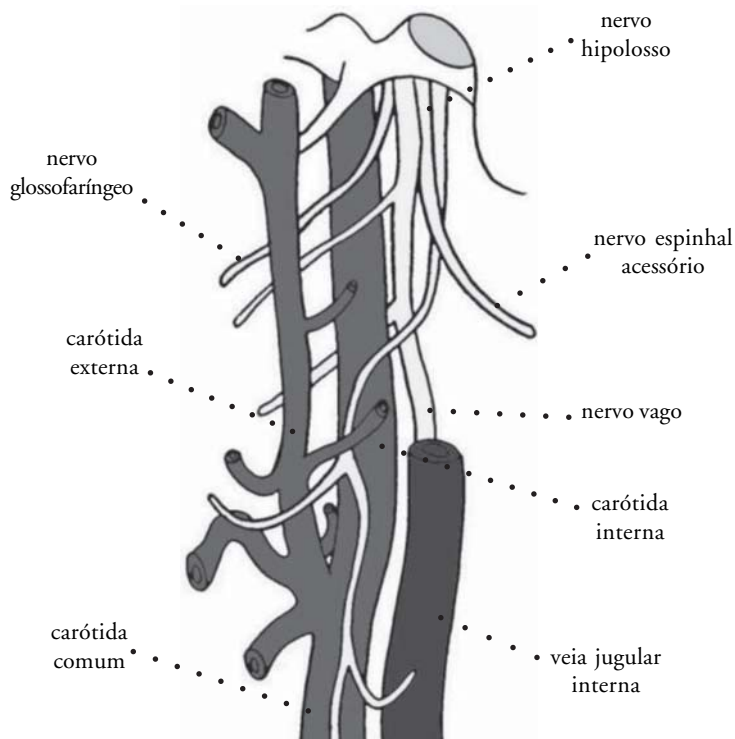


Figura 23 - Carótidas esquerdas e nervos relacionados.

Na parte inferior do pescoço, as artérias carótidas comuns estão separadas por um estreito intervalo, no qual a traqueia se projeta. No meio do pescoço, a glândula tireoide, a laringe e a faringe projetam-se entre a terminação das carótidas comuns, afastando-as ainda mais. Cada carótida comum está contida em uma condensação da fáscia cervical, a *bainha carótica*. Mais espessa em

torno das artérias, a bainha é perifericamente contínua com o tecido areolar frouxo adjacente. A bainha carótida envolve também a veia jugular interna e o nervo vago, a veia lateral, a artéria e o nervo entre elas e posterior a ambas. A *cadeia simpática cervical* sobe imediatamente posterior à bainha carótica. Essas estruturas formam um quarteto inseparável; as relações de qualquer uma são as das outras três.

A carótida interna irriga a maior parte do hemisfério ipsilateral do cérebro, olho com seus órgãos acessórios, fronte e parte do nariz. A partir da bifurcação da carótida comum, a carótida interna sobe para a base do crânio, penetra na cavidade do crânio pelo *canal carótico* e curva-se anteriormente através do seio cavernoso, no sulco carótico, no lado do corpo do osso esfenóide, terminando abaixo da substância perfurada anterior do cérebro, dividindo-se em *artérias anterior e média do cérebro*, que formarão parte do *polígono de Willis*.

**Seio e corpo carotídeos.** Na divisão da carótida comum, o vaso possui uma dilatação, o *seio carotídeo*, geralmente envolvendo a bifurcação carotídea ou restringindo-se ao início da artéria carótida interna; a túnica média é mais fina aqui, e a túnica externa relativamente espessa, contendo muitas terminações barorreceptoras do nervo glossofaríngeo.

Os *barorreceptores* são terminais nervosos, em forma de buquê, situados nas paredes das artérias, que são estimulados quando estirados. Uns poucos barorreceptores estão localizados nas paredes de quase toda artéria grande das regiões torácicas e do pescoço. Entretanto, os barorreceptores são extremamente abundantes no seio carotídeo e na parede do arco aórtico.

O *glomo* ou *corpo carotídeo* é um corpo oval castanho-avermelhado de 5 mm de diâmetro, localizado atrás da bifurcação da artéria carótida comum. O glomo é formado de uma delicada cápsula fibrosa que envolve um grupo de capilares fenestrados que circundam *células epitelióides claras tipos I e II* e abundantes fibras nervosas aferentes que cursam do *nervo de Hering* para o glossofaríngeo. As células claras tipo II são de suporte e as tipo I contêm numerosas vesículas que armazenam dopamina, serotonina e adrenalina.

**Polígono de Willis.** No centro da face inferior do cérebro, entre as terminações das carótidas internas e da artéria basilar, existe uma anastomose, o *círculo arterioso do cérebro* ou *polígono de Willis*. Esse círculo, mais poligonal do que circular, está na fossa interpeduncular, envolvendo o quiasma óptico e o infundíbulo da hipófise. Anteriormente, as artérias *cerebrais anteriores* são unidas pela artéria *comunicante anterior*; posteriormente, a *artéria basilar*

divide-se em duas *artérias cerebrais posteriores*, cada uma unida à artéria carótida interna homolateral por meio de uma *artéria comunicante posterior* (figura 24).

Os vasos do círculo variam de diâmetro, sendo frequentemente mal desenvolvidos, algumas vezes até mesmo ausentes. Cerca de 60% dos círculos apresentam anomalias. A descrição anterior se aplica a uma minoria. Em aproximadamente 90% dos indivíduos, existe, todavia, um círculo completo, mas, na maioria, um vaso é suficientemente estreitado para prejudicar seu papel como um trajeto colateral. Assim, a existência de um polígono efetivo nunca pode ser assumida.

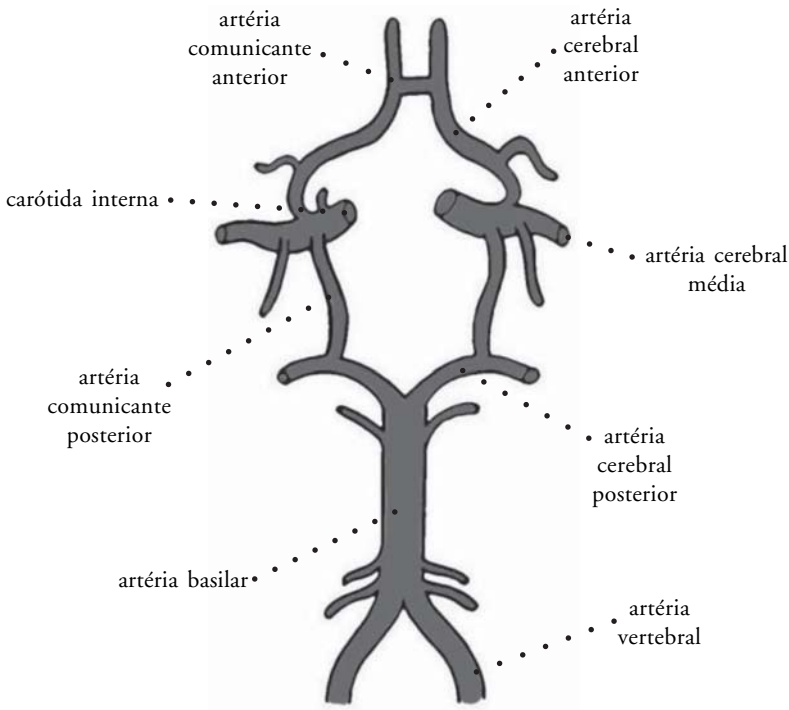


Figura 24 - Polígono de Willis.

## FISIOLOGIA

**Suplência sanguínea.** Os vasos cérvico-cefálicos são do tipo segmentares, conduzindo sangue para a cabeça e pescoço (quadro 3). Além disso, participam do controle de tensão arterial e do nível de oxigênio no sangue por meio da ação dos corpos e seios carotídeos.

**Baro e quimiorreceptores.** O *reflexo barorreceptor* inicia-se nos receptores de estiramento, chamados *barorreceptores* ou *pressorreceptores*, localizados nas paredes de várias grandes artérias sistêmicas. Aumentos da pressão arterial estiram os barorreceptores e faz com que eles transmitam sinais para o sistema nervoso central. Sinais de *retroalimentação* são então enviados, por meio do sistema nervoso autônomo até a circulação, o qual desencadeia reflexamente impulsos que causam relaxamento das contrações cardíacas e vasodilatação periférica, de modo a restaurar a tensão arterial a níveis normais.

O objetivo primário do sistema barorreceptor arterial é atuar como um *tampão de pressão arterial*, pois ele é capaz de regular, minuto a minuto, as variações normais de pressão arterial que ocorrem com movimentos normais relacionados com a bipedestação, como levantar a cabeça e fazer exercício físico.

Estreitamente associado ao sistema barorreceptor encontra-se o *reflexo quimiorreceptor*, que age quase da mesma forma que o barorreceptor, exceto pelo fato de que os quimiorreceptores respondem a alterações bioquímicas locais ao invés de responderem a estiramentos.

O corpo carotídeo faz parte do sistema aferente visceral do corpo, contendo terminações quimiorreceptoras que produzem aumento reflexo na respiração em resposta especialmente à queda na tensão de oxigênio ou, em menor escala, ao aumento na tensão de dióxido de carbono. É ainda controverso se os quimiorreceptores são as células tipo I ou as terminações nervosas. Os quimiorreceptores excitam fibras nervosas que, juntamente com as fibras dos barorreceptores, passam pelos nervos de *Hering* e vagos até o centro vasomotor do tronco cerebral.

Os quimiorreceptores são células quimiossensíveis à falta de oxigênio, ao excesso de dióxido de carbono ou ao excesso de íon hidrogênio. Os quimiorreceptores são pequenos e estão localizados em vários órgãos, especialmente nos dois corpos carotídeos já referidos, e nos dois ou três *corpos aórticos* adjacentes à aorta.

O *corpo timpânico* ou *glomus jugular* é ovoide, com 0,5 mm de diâmetro e está na túnica adventícia do bulbo superior da veia jugular interna. É semelhante em estrutura e função ao corpo carótico.

Cada corpo carótico e aórtico é suprido por fluxo sanguíneo abundante através de uma pequena artéria nutridora, de tal forma que os quimiorreceptores estão sempre em contato estreito com o sangue arterial. Sempre que a pressão arterial cai abaixo de um valor crítico, os quimiorreceptores são estimulados, porque o fluxo sanguíneo reduzido também causa diminuição de oxigênio, assim como acúmulo excessivo de dióxido de carbono e de íons hidrogênio que não são removidos pelo fluxo sanguíneo lento.

VASCULARIZAÇÃO CÉRVICO-CEFÁLICA		
sistema		território
carótida	externa	face, frente do pescoço, escalpo, ossos do crânio e dura-máter
	interna	meninges, cérebro, frente, órbitas e conteúdo
vértebro-basilar		ouvido interno, cerebelo, meninges, cérebro, tronco encefálico, vértebras cervicais, medula espinhal e dorso do pescoço
jugular	externa	escalpo e parte profunda da face
	interna	crânio, encéfalo, pescoço e parte superficial da face

Quadro 3 - Vascularização cérvico-cefálica

Os baro e quimiorreceptores encontram-se estrategicamente situados, na carótida interna, porque este vaso conduz o sangue para a zona mais sensível a oscilações de pressão arterial e de oxigenemia, o sistema nervoso central. O volume sanguíneo intravascular cerebral é mais bem reduzido pela hiperventilação controlada, porque a concentração arterial de dióxido de carbono é o mais potente regulador conhecido do tamanho dos vasos cerebrais. Isso significa que quanto menor o teor de dióxido de carbono no sangue do cérebro, mais intensa a vasoconstrição de suas artérias e arteríolas. Desse modo, níveis persistentemente baixos de dióxido de carbono podem causar dano cerebral isquêmico. Pela ação do corpo e seio carotídeo na regulação exata das concentrações arterial de oxigênio e gás carbônico, o sangue que flui para o cérebro adquire características ideais para suprimento preciso dos neurônios. O restante do corpo é beneficiado por tabela.

## SISTEMA VÉRTEBRO-BASILAR

### ANATOMIA

**Artéria vertebral.** Este vaso origina-se na face superior do início da artéria subclávia. Ela cruza o domo da pleura, sobe através dos forames transversários

das seis vértebras cervicais superiores para se curvar medialmente atrás da massa lateral do atlas, depois desce para penetrar no crânio pelo forame magno. A seguir, perfura a dura-máter e a aracnóide, corre na face antero-lateral do bulbo até se unir com sua homóloga na frente borda inferior da ponte para formar um vaso mediano, a *artéria basilar*.

**Artéria basilar.** Esta artéria é um vaso mediano resultante da junção das artérias vertebrais. Estende-se a partir da borda inferior até a borda superior da ponte, na cisterna interpeduncular. A artéria está em contato com um raso sulco mediano na face ventral da ponte, entre os nervos abducentes, na borda inferior da ponte, e os nervos oculomotores, na borda superior da ponte, onde ela se divide nas duas *artérias posteriores do cérebro* (figura 24).

## FISIOLOGIA

A força de compressão necessária para a cessação do fluxo nos vasos cervicais anteriores é relativamente baixa, variando em torno de 2 e 5 Kgf para a jugular interna e carótida comum, respectivamente. Assim, condições de forte constrição cervical, como uma esganadura, podem causar interrupção significativa do fluxo sanguíneo para a cabeça-pescoço, resultando em isquemia para o encéfalo. Isso pode explicar porque os vasos vertebrais percorrem um trajeto formado pelos forames transversários das vértebras cervicais. Nessa situação, o rígido canal ósseo aumenta a pressão de colapso das artérias vertebrais para uma faixa mais segura, na casa dos 25 Kgf.

---

## SISTEMA CAVAL

---

### ANATOMIA

O sistema caval é formado pela *veia cava superior* (VCS) e pela *veia cava inferior* (VCI), que são vasos cardíacos responsáveis pelo retorno ao coração de praticamente todo o sangue sistêmico.

### VCS

A veia cava superior (VCS) retorna o sangue da metade superior do corpo. Ela mede aproximadamente 7 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro, é



formada pela junção das *veias braquiocefálicas* e não possui válvulas. A VCS começa atrás da primeira cartilagem costal direita, perto do esterno. Desce verticalmente atrás do primeiro e do segundo espaços intercostais, terminando na parte superior do átrio direito, atrás da terceira cartilagem costal; sua metade inferior está dentro do pericárdio fibroso.

Na frente da VCS estão as margens anteriores do pulmão direito e pleura, com o pericárdio abaixo; estes separam a veia da artéria torácica interna e do primeiro e segundo espaços intercostais, e da segunda e terceira cartilagens costais. Atrás da VCS estão, medialmente, a traqueia e o nervo vago, e lateralmente, o pulmão e a pleura; mais atrás está o hilo do pulmão. À direita estão o nervo frênico e a pleura. À esquerda, estão a artéria braquiocefálica e a parte ascendente da aorta, com esta recobrimdo-a.

**Veias braquiocefálicas.** As principais tributárias da VCS são as *veias braquicefálicas* ou *inominadas*, dois grossos troncos avalvulados resultantes da união da *veia jugular interna* com a *veia subclávia*. As veias inominadas estão localizados na junção do pescoço com o tórax, têm cerca de 1,5 cm de diâmetro e começam atrás da extremidade esternal da clavícula correspondente, ambas convergindo até a borda inferior paraesternal da primeira cartilagem costal direita, onde se fundem para formar a VCS. A *veia braquicefálica direita* tem 3 cm de comprimento e trajeto vertical para baixo, passando anterolateralmente à artéria braquiocefálica e ao nervo vago direito. A *veia braquicefálica esquerda* tem 6 cm de comprimento e trajeto oblíquo para a direita, atrás do manúbrio esternal, cruzando pela frente as artérias subclávia e carótida comum esquerdas, nervo vago esquerdo, traqueia e tronco braquicefálico. O arco aórtico está abaixo dela.

**Veia ázigos.** A longa *veia ázigos* é a principal tributária torácica da VCS. Começa na face posterior da VCI na altura de  $L_2$ . Em  $T_{12}$  se junta a uma grande *veia lombar ascendente*, formando um tronco ainda mais calibroso. Em seguida, atravessa o hiato aórtico do diafragma e sobe no mediastino rente ao lado direito da coluna vertebral até  $T_4$ , onde se arqueia para frente, acima do hilo pulmonar direito, para terminar na VCS, antes dessa última perfurar o pericárdio fibroso. A veia ázigos recebe sangue das veias intercostais posteriores e veias segmentares do abdome. As veias do lado direito drenam diretamente para a ázigos, mas do lado esquerdo o padrão é variável. Tudo o que se precisa saber é que as veias segmentares do tórax e da parte posterior do abdome drenam para o sistema venoso ázigos que, por fim, drena para a VCS.

## VCI

A veia cava inferior (VCI) conduz o sangue para o átrio direito a partir de todas as estruturas abaixo do diafragma. Ela mede aproximadamente 25 cm de comprimento e 4 cm de diâmetro, e é formada pela junção das veias ilíacas comuns na frente de L<sub>5</sub>, um pouco para a sua direita, subindo anterior à coluna vertebral, à direita da aorta (figura 25). Alcançando o fígado, ela é encerrada em um sulco na sua face posterior. A VCI passa pelo hiato da veia cava do diafragma, inclina-se ligeiramente ântero-medialmente, passando através do pericárdio fibroso, se abrindo finalmente na parte inferior do átrio direito. Na parte anterior e esquerda do orifício atrial da VCI há uma válvula semilunar pouco proeminente nos adultos, mas grande e francamente funcional no feto. No restante de seu trajeto, o vaso é destituído de válvulas.

A VCI é sobreposta, no seu início, pela artéria ilíaca comum direita e coberta, abaixo da parte horizontal do duodeno, por peritônio. Ela é cruzada pela raiz do mesentério e pela artéria gonadal direita. A VCI sobe atrás, sucessivamente, da 3ª porção do duodeno, cabeça do pâncreas e da parte superior do duodeno, separada deste pelo ducto colédoco e pela veia porta. Acima do duodeno, ela é novamente coberta por peritônio do forame epiplóico, que a separa da borda direita livre do omento menor. Acima deste, o fígado está anterior, formando um sulco profundo ou um túnel para a porção terminal da veia, na cúpula direita do abdome; esta é a *porção retrohepática da VCI*.

Posteriormente à VCI estão os corpos e sínfises das três vértebras lombares inferiores e, mais acima, o músculo psoas maior direito e o tronco simpático direito. Superior a estes está o pilar direito do diafragma, parcialmente separado da VCI pela glândula suprarrenal direita e pelo gânglio celíaco direito. Atrás do meio da VCI estão as artérias renal e suprarrenal direitas e a frênica inferior. No lado direito estão o ureter direito, a parte descendente do duodeno, a margem medial do rim direito e o lobo direito do fígado. No lado esquerdo está a aorta e, no topo do abdome, o pilar direito do diafragma e o lobo caudado.

As tributárias mais evidentes da VCI são as *veias ilíacas comuns, lombares, gonadal direita, renais, suprarrenal direita, frênicas inferiores e hepáticas*.

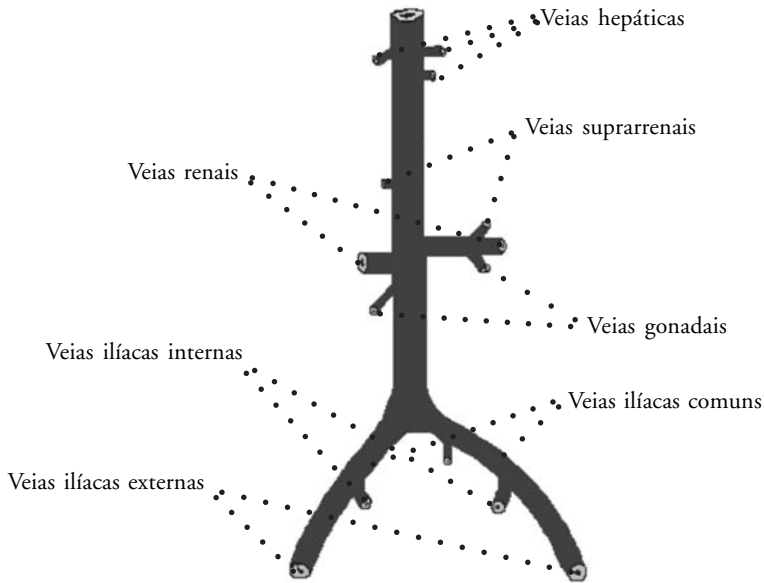


Figura 25 - VCI e suas tributárias primárias.

## FISIOLOGIA

**Drenagem de sangue.** Todo o sangue do corpo é drenado pelo sistema caval (quadro 4), exceto o sangue coronário, que é escoado diretamente para o coração, e o sangue pulmonar, drenado para o átrio direito.

O calibre avantajado e a continuidade direta do sistema caval com o coração possibilitam o retorno do sangue sistêmico pelas cavas por um mecanismo de aspiração determinado tanto pela diástole ventricular como pela expansão inspiratória da caixa torácica. Na VCS a drenagem é ainda mais facilitada por efeito gravitacional. Deste modo, as veias cavas dispõem de estruturas anti-refluxo, como valvas.

Na VCI, os fascículos colágenos na túnica externa formam espirais entrelaçadas em torno do vaso. Este arranjo, junto com a pressão de muita elastina, permite a esta estrutura alongar-se e encurtar-se prontamente com os movimentos do diafragma.

**Otimização do DC.** As veias cavas atuam indiretamente na ejeção de sangue. Dentro de limites fisiológicos, quanto maior o estiramento das fibras

miocárdicas, mais eficiente a contração e o débito cardíaco, conforme o mecanismo de Frank-Starling. Essa distensão é regulada principalmente pela quantidade de sangue que as veias cavas transferem para o átrio direito na unidade de tempo. Em um minuto de repouso, os 8 cm<sup>2</sup> de secção transversa da desembocadura das veias cavas (a aorta, ao sair do entrículo esquerdo tem área de secção transversa de cerca de 2,5 cm<sup>2</sup>) proporcionam o retorno, para o coração, de todo o sangue sistêmico.

DRENAGEM CAVAL	
sistema	território
VCS	cabeça, pescoço, pleuras-pulmões, parede torácica, esôfago, mediastino, parte proximal da parede abdominal e membros superiores
VCI	rins, adrenais, fígado parte distal da parede abdominal, pelve, genitália e membros inferiores

Quadro 4 – Drenagem caval

Graças a suas paredes delgadas, as veias cavas podem dilatar generosamente suas luzes, retendo a maior parte do sangue drenado dos órgãos. Isso evita acúmulo de fluidos nos tecidos e a formação de *edemas*, bem como a sobrecarga de líquido sobre as câmaras cardíacas.

## SISTEMA JUGULAR

### ANATOMIA

O sistema jugular é constituído por veias que drenam o território irrigado pelo sistema carotídeo e, portanto, escoam o sangue da maior parte da cabeça e do pescoço, sendo o pouco restante retirado pelas veias vertebrais. As veias superficiais do sistema jugular drenam o couro cabeludo e são tributárias da

*jugular externa*. Um volume muito maior de sangue é removido pelas veias profundas, que drenam quase todas as estruturas da cabeça e pescoço para a veia *jugular interna* (quadro 3).

**Veias jugulares.** A *veia jugular externa* começa no ângulo da mandíbula, logo abaixo da parótida, descendo até o meio da clavícula. No seu trajeto, ela cruza obliquamente, por cima, o músculo esternocleidomastóideo e o triângulo subclávio, onde atravessa a fáscia profunda para terminar na veia subclávia, perto do músculo escaleno anterior.

A *veia jugular interna* começa na base do crânio, no forame jugular, contínua com o seio sigmóide. Na base do crânio, a artéria carótida interna está anterior, separada da veia pelos nervos cranianos IX a XII. Na sua origem está o seu *bulbo superior*, abaixo do assoalho da cavidade timpânica. A veia desce na bainha carotídea, unindo-se com a veia subclávia atrás da extremidade esternal da clavícula, para formar a *veia braquiocefálica*. A jugular interna também é dilatada perto de sua terminação com o *bulbo inferior*, acima do qual ela possui um par de válvulas.

Medial à veia jugular interna, no pescoço, estão as artérias carótidas interna e comum e o nervo vago, entre a veia e as artérias, mas posterior a elas. Superficialmente, a veia é sobreposta, acima, e coberta, abaixo, pelo esternocleidomastóideo. Profundamente ao ângulo da mandíbula, junto à base do crânio, a veia jugular interna é cruzada pelo ventre posterior do músculo digástrico. O *ducto torácico* se abre perto da união das veias subclávia esquerda e jugular interna; o ducto linfático direito está no mesmo local, à direita.

As tributárias mais importantes da veia jugular interna são as *veias faríngea, facial, lingual e tireóideas superior e média*.

**Seios duros.** As veias do cérebro não possuem válvulas. Suas paredes finas não possuem tecido muscular. Elas perfuram a aracnóide do encéfalo e a camada interna da dura-máter para se abrirem nos *seios venosos do crânio* ou *seios duros* que, por assim dizer, são a parte inicial do sistema jugular interno.

Os seios duros são canais venosos que drenam o sangue do cérebro e dos ossos cranianos, e situam-se entre duas camadas da dura-máter. São revestidos por endotélio, contínuo com aquele das veias; não possuem válvulas e suas paredes são destituídas de tecido muscular. Eles podem ser divididos em: (1) um *grupo superior*, formado especialmente pelos *seios sagitais superior e inferior, reto, transverso e sigmóide*, e (2) um grupo inferior, na base do crânio, tendo como principais componentes o *seio cavernoso, petrosos superior e inferior*.

O *seio sagital superior* é o maior seio dural, ocupando a margem convexa, aderente, da foice do cérebro. O seio começa a poucos milímetros atrás do forame cego, corre para trás, sulcando a face interna do osso frontal, as margens adjacentes de ambos os ossos parietais e a parte escamosa do osso occipital. Perto da protuberância occipital interna, ele se desvia, geralmente para a direita, continuando como um *seio transverso*. A maioria das veias cerebrais superficiais e cranianas profundas drena para o seio sagital superior. Dentre estas estão as *veias cerebrais anteriores, veias diploicas, meningeas e emissárias*.

A *confluência dos seios de Galeno* é um termo para a extremidade posterior dilatada do seio sagital superior, situada geralmente à direita da protuberância occipital interna, onde ele se curva para se tornar um *seio transverso*. Na maioria das vezes, todos os seios duros que se dirigem em direção ao occipício se fundem na confluência dos seios.

O *seio sagital inferior* está nos 2/3 posteriores da margem inferior livre da foice do cérebro; aumenta de tamanho posteriormente e termina no seio reto.

O *seio reto* situa-se na junção da foice do cérebro com a tenda do cerebelo, na linha mediana. Ele corre pósterio-inferiormente, continuando na confluência dos seios ou no seio transverso que não é contínuo com o seio sagital superior.

Os *seios transversos* começam na protuberância occipital interna, o direito diretamente contínuo com o seio sagital superior; o outro com o seio reto. Cada um se curva antero-lateralmente em direção à parte posterior da parte petrosa do osso temporal, onde ele se curva para baixo como o seio sigmóide. Cada seio transverso está na margem aderente da tenda do cerebelo.

Os *seios sigmóides* são continuações dos seios transversos, começando onde estes deixam a tenda do cerebelo. Cada seio curva-se ínfero-medialmente em um sulco na parte mastóidea do osso temporal, em direção ao bulbo superior da veia jugular, saindo do crânio através do forame jugular.

O *seio cavernoso*, de cerca de 2 cm x 1 cm, estende-se a partir da fissura orbital superior até o ápice da parte petrosa do osso temporal. A artéria carótida interna, com um plexo simpático, passa para frente através do seio, como o faz o nervo abducente, lateral à artéria. Os nervos oculomotor e troclear e as divisões maxilar e oftálmica do nervo trigêmeo estão na espessura de sua parede lateral. O seio aéreo esfenoidal e a hipófise estão mediais.

Os dois seios cavernosos comunicam-se entre si por meio dos *seios intercavernosos*, ao longo das bordas aderentes da sela turca, completando, assim, um *seio circular venoso*. Cada seio cavernoso drena para o seio transverso por meio do *seio petroso superior*, e para a jugular interna por meio do *seio petroso inferior*. Todas as conexões do seio cavernoso são avalvuladas; portan-

to, neles a direção do fluxo é reversível. A propulsão do sangue no seio é devida parcialmente à pulsação da artéria e por efeito gravitacional e, por esta razão, a drenagem é influenciada pela posição da cabeça.

Os *seios petrosos superiores*, pequenos e estreitos, drenam os seios cavernosos para os seios transversos. Deixando a parte posterior do seio cavernoso, cada seio corre póstero-lateralmente na margem aderente da tenda do cerebelo. Cada seio petroso une-se a um seio transverso onde este se curva para baixo para se tornar o seio sigmóide. Os *seios petrosos inferiores* drenam os seios cavernosos para as veias jugulares internas. Cada seio petroso inferior começa na parte posterior do seio cavernoso, abaixo do seio petroso superior, e corre para trás em um sulco entre a parte petrosa do osso temporal e a parte basilar do osso occipital. Atravessando o forame jugular, ele termina no bulbo superior da veia jugular interna.

## FISIOLOGIA

As veias cervicais na pessoa em pé estão quase totalmente colapsadas até o crânio devido a pressão atmosférica do lado externo do pescoço. Já as veias no interior do crânio encontram-se nos seios durais, de paredes fixas, estando, portanto, com luzes sempre abertas.

As grandes veias encefálicas não podem sofrer dilatações sob o risco de comprimir o tecido cerebral. Isso explica a existência dos seios durais. Esses canais não têm válvulas e apresentam paredes rígidas, inextensíveis, formadas de endotélio diretamente aplicado à dura-máter e ao endósteo craniano. Como consequência, pode haver pressão negativa nos seios durais. Na posição ereta, a pressão venosa no seio sagital é de cerca de -10 mmHg devido à sucção hidrostática entre o topo e a base do crânio. Portanto, se o seio sagital for aberto durante uma cirurgia, o ar pode ser aspirado imediatamente para o interior dessa veia. O ar pode passar para baixo e causar embolia gasosa no coração.

---

## SISTEMA PORTA-HEPÁTICO

---

### ANATOMIA

O sistema porta-hepático (SPH) é formado pela *veia porta* e suas tributárias. Estas tributárias recebem o nome de acordo com as estruturas drenadas, a

saber, as veias *esplênica, mesentérica superior, gástricas, paraumbilicais e cística*. Distalmente as tributárias correspondem e acompanham os ramos das artérias mesentéricas e celíaca. Apenas proximalmente o arranjo difere.

**Veia porta.** Com 8 cm de comprimento, a veia porta começa no nível de L<sub>2</sub> como junção ortogonal das *veias mesentérica superior e esplênica*, na frente da VCI, posterior ao colo do pâncreas. Ela se inclina para a direita à medida que sobe atrás da parte superior do duodeno. Penetra na borda direita do omento menor, sobe anterior ao forame epiplóico até a extremidade direita da porta do fígado, dividindo-se nos *ramos direito e esquerdo*, que acompanham os ramos da artéria hepática até o fígado. No omento menor, ela é posterior tanto ao colédoco quanto à artéria hepática, com o primeiro estando à direita. A veia porta é envolvida pelos nervos do plexo hepático e é acompanhada por muitos vasos linfáticos e alguns linfonodos.

O *ramo direito da veia porta* penetra no lobo direito do fígado, mas geralmente recebe primeiro a veia cística. O *ramo esquerdo*, mais longo, mas de diâmetro menor, ramifica-se nos lobos caudado, quadrado e esquerdo. Assim que penetra no lobo esquerdo, o ramo esquerdo se junta às *veias paraumbilicais* e ao *ligamento redondo do fígado*, um remanescente da veia umbilical esquerda obliterada. O ramo esquerdo está ligado à VCI pelo *ligamento venoso*, um vestígio de um ducto venoso embrionário, que sobe na fissura homônima do fígado.

**Veia esplênica.** Grande e não tortuosa, a veia esplênica começa no hilo do baço pela junção de cinco tributárias provenientes do órgão; dirige-se para a direita através da parede abdominal posterior atrás do corpo do pâncreas, logo abaixo da artéria esplênica. Em seguida, cruza pela frente o rim esquerdo e seu hilo e a artéria mesentérica superior, terminando na veia mesentérica superior, para formar o início da veia porta.

**Veia mesentérica superior.** Começando na fossa ilíaca direita pela união das tributárias provenientes do íleo terminal, ceco e apêndice vermiforme, a veia mesentérica superior sobe no mesentério no lado direito da artéria mesentérica superior, passando pela frente do ureter direito, VCI, parte horizontal do duodeno e processo uncinado do pâncreas, unindo-se à veia esplênica atrás do colo do pâncreas para formar a veia porta.

**Anastomoses portosistêmicas.** Estas anastomoses são conexões entre o SPH e o sistema caval. As mais conhecidas se encontram (1) entre as veias



gástricas e esofágicas, na junção dos órgãos homônimos e no fundo do estômago; estas anastomoses se abrem na veia ázigos; (2) entre as veias mesentéricas inferiores e as retais inferiores, que se abrem na veia íliaca interna; (3) as veias de *Retzius*, que ligam as veias intestinais com a VCI e suas tributárias intestinais; 4) o *SPH acessório de Sappey*, cujas tributárias passam dos ligamentos falciforme e redondo, unem-se com as veias epigástricas e torácicas internas e, através das veias frênicas, com a veia ázigos; uma única veia grande, a *veia paraumbilical*, pode a partir do fígado atravessar o ligamento redondo e alcançar o umbigo, formando aí um grupo de veias varicosas salientes denominadas *cabeça de medusa*.

## FISIOLOGIA

O SPH inclui todas as veias que drenam a parte abdominal do tubo digestório, excetuando a metade inferior do canal anal. De todas as tributárias, a *veia mesentérica superior* e a *esplênica* são de longe, as mais importantes, drenando conjuntamente mais de 90% desse território venoso (quadro 5).

DRENAGEM DO SPH	
veia	território
porta	todo o SPH: esôfago distal, estômago, intestino, canal anal proximal, vesícula biliar, baço e pâncreas
mesentérica superior	intestino delgado, o hemicólon esquerdo e pâncreas (cabeça e colo)
esplênica	esôfago distal, estômago (metade esquerda), baço, pâncreas (cauda e corpo), hemicólon direito e canal anal proximal

Quadro 5 – Drenagem do SPH.

**Setores funcionais.** A característica mais distintiva do SPH é que ele une dois leitos de capilares entre si, ao invés de conduzir sangue de uma rede capilar para uma veia ou para o coração.

A primeira rede capilar do SPH encontra-se nas paredes do aparelho digestório intra-abdominal, incluindo o 1/3 distal do esôfago, estômago, duodeno, intestino grosso e delgado, a parte proximal do canal anal, baço,

pâncreas e vesícula biliar. Essa parte funciona como *zona coletora* do sangue digestório, rico em produtos absorvidos pela mucosa entérica. Esse sangue não é adequado para consumo celular devido ao seu alto conteúdo de toxinas e microorganismos, absorvidos em bloco com substâncias nutritivas.

A segunda região do SPH é a *zona condura*. Os capilares intestinais se juntam precocemente, formando uma série de veias calibrosas, que vão desembocar principalmente nas veias mesentéricas e esplênica. Esses vasos se fundem formando a curta e grossa veia porta (figura 26), o que permite um fluxo venoso intenso ao fígado, possibilitando o processamento do sangue portal nutritivo, porém contaminado e tóxico. A corrente sanguínea das veias mesentérica superior e esplênica permanecem amplamente separadas na veia porta, passando respectivamente ao longo dos ramos portais direito e esquerdo em direção aos lobos vasculares direito e esquerdo. A terceira porção do SPH corresponde à *zona distribuidora*. A veia porta se divide sucessivamente até formar, no fígado, vênulas no espaço porta. Em seguida, estas veias se dividem para formar a segunda rede capilar do SPH, dentro do lóbulo hepático; esses capilares são do tipo sinusóide.

O *sinusóide hepático* apresenta particularidades estruturais que tornam mais intenso o intercâmbio de substâncias entre o sangue e o hepatócito: trajeto tortuoso, calibre grandemente aumentado, paredes descontínuas com amplas lacunas que comunicam o capilar com o tecido adjacente, abundante quantidade de poros nas paredes das células endoteliais e presença de células fagocitárias na parede vascular (além das células endoteliais) e em sua volta.

As células do sistema mononuclear fagocitário que revestem os sinusóides são macrófagos fixos que removem bactérias e outros materiais particulados que podem penetrar na corrente sanguínea a partir do aparelho digestório. A ação dessas células, impedem, assim, acesso de agentes nocivos à circulação sistêmica.

A maior parte dos nutrientes hidrossolúveis não gordurosos absorvidos é transportada pelo SPH. No fígado, os hepatócitos realizam grande parte do processamento químico intermediário, absorvendo e armazenando cerca de  $\frac{3}{4}$  de todos os nutrientes absorvidos. Os nutrientes gordurosos são absorvidos nos linfáticos intestinais e conduzidos até o sangue pelo ducto torácico, sem passar pelo fígado.

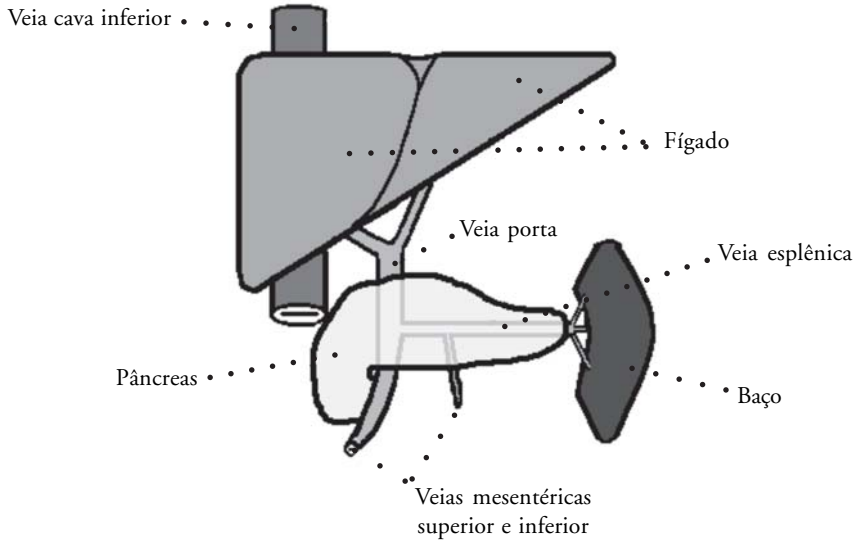


Figura 26 - Sistema porta- hepático.

**Fluxo portal.** O fluxo sanguíneo hepático é de 1500 ml/min. Isso constitui 25% do débito cardíaco, embora o fígado seja responsável por 2,5% do peso corpóreo. Dois terços do fluxo penetram pela veia porta e um terço pela artéria hepática. Em torno de 30% do volume hepático consiste somente de sangue (12% da volemia total).

O SPH é muito susceptível a refluxo sanguíneo devido ao seu baixo gradiente pressórico (7 a 11 mmHg) e a ausência de válvulas. Esta baixa pressão ocorre pelo amortecimento do efeito aspirativo do coração por causa da interposição de uma barreira física, o fígado, entre o SPH e o coração.

Graças à presença do SPH, o fígado é o único órgão suprido por sangue arteriovenoso no corpo humano. Metade de seu conteúdo sanguíneo de oxigênio origina-se da artéria hepática e metade do SPH.

O sangue venoso portal e arterial hepático ficam represados após entrar na periferia do sinusóide. O fluxo arterial hepático diminui ou aumenta reciprocamente com alterações do fluxo portal. Ou seja, se o fluxo sanguíneo pelo SPH se reduzir, há um aumento compensatório da circulação pelas artérias hepáticas, e vice-versa, o que garante um fluxo sanguíneo uniforme pela víscera.

O SPH é um sistema venoso de exceção porque (1) liga duas redes de capilares, (2) tem fluxo aferente em relação ao fígado, (3) funciona com baixa pressão e alta corrente, e (4) tem tendência normal para pequenos refluxos.

**Papel das anastomoses portosistêmicas.** Funcionam regulando finamente a pressão portal, permitindo limitados refluxos quando a pressão venosa portal ocasionalmente aumenta, o que garante a manutenção sustentada da pressão vascular intra-hepática em níveis normais.

---

## VEIAS DOS MEMBROS INFERIORES

---

### ANATOMIA

#### VEIAS SUPERFICIAIS

As veias superficiais dos membros inferiores transitam no subcutâneo, superficialmente à fáscia profunda, e desembocam em veias profundas. As principais são as *safenas magna e parva*; suas numerosas tributárias, na sua maioria, não são denominadas.

**Safena magna.** Esta veia começa inferiormente como uma continuação de uma veia marginal medial do pé e termina na veia femoral a uma curta distância do ligamento inguinal, sendo assim a veia mais longa do corpo. Ela sobe 3 cm anterior ao maléolo medial, cruza o terço distal da face medial da tíbia, depois sobe um pouco até o lado medial do joelho. Proximalmente, ela está pósteromedial aos côndilos mediais da tíbia e do fêmur, depois sobe até a face medial da coxa. Após atravessar o hiato safeno, ela finalmente penetra a veia femoral. No seu trajeto através da coxa, a veia safena magna é acompanhada por ramos do *nervo cutâneo medial da coxa* e, na perna e no pé, pelo *nervo safeno*.

A veia safena magna possui dez a vinte *valvas*, que são mais numerosas na perna. Uma está presente logo antes de ela perfurar a fáscia crivosa; uma outra, na sua junção com a veia femoral. Em quase toda a sua extensão, a veia situa-se na fáscia superficial, mas possui muitas ligações com as veias profundas, especialmente na perna. Aqui ela frequentemente se comunica com a veia safena parva por tributárias subcutâneas e com as veias profundas através de 3 a 6 *veias perfurantes diretas*, espaçadas igualmente entre o maléolo medial e o meio da panturrilha. Acima deste nível, as veias perfurantes unem-se à veia safena magna em dois locais principais: uma *perfurante de Boyd* situada a uma

largura de mão acima, e outra, a *perfurante de Hunter*, a mesma largura abaixo do joelho. A primeira está situada no terço inferior da coxa, onde ela perfura o teto do canal dos adutores para se unir à veia femoral.

A veia safena magna é acompanhada por uma ou mais raízes provenientes da safena parva, e pelas *veias safenas medial e lateral* ou *acessórias*, que geralmente penetram a veia principal no meio da coxa. Na virilha, tributárias provenientes da parede abdominal inferior, coxa e escroto penetram a veia safena magna; essas tributárias são variáveis mas geralmente compreendem as *veias epigástrica superficial, circumflexa ilíaca superficial e pudenda externa superficial*. As duas primeiras drenam a parede abdominal inferior, com veia circumflexa ilíaca superficial recebendo também as tributárias provenientes da região próximo-lateral da coxa; as veias pudendas externas superficiais drenam o lado do escroto.

Uma *veia tóraco-epigástrica* situa-se ao longo da face antero-lateral do tronco e une a veia epigástrica superficial ou femoral às veias torácicas laterais, ligando deste modo as veias femoral e axilar e, conseqüentemente, os campos de drenagem das veias cavas superior e inferior. Afirma-se que ela está em linha com a *crista mamária* primitiva, que se estende da axila até a região púbica (ver seção *mamas*).

**Veia safena parva ou menor.** Começa posterior ao maléolo lateral. No terço distal da panturrilha, ela sobe lateral ao tendão calcâneo. Inclinando-se até a linha mediana da panturrilha, ela penetra em um túnel fascial profundo, dentro do qual ela sobe no músculo gastrocnêmio, emergindo entre a fáscia profunda e o músculo gastrocnêmio perto da junção dos terços médio e proximal da panturrilha, bem abaixo do limite inferior da fossa poplíteia. Continuando sua subida, ela passa entre as cabeças do músculo gastrocnêmio, depois prossegue até sua terminação na veia poplíteia, 3 a 7,5 cm acima do joelho, na fossa poplíteia. A veia safena parva envia diversas raízes, proximal e medialmente, para se unirem à veia safena magna.

Na perna, a veia safena parva é acompanhada pelo *nervo sural*. Ela possui de 7 a 13 válvulas, uma perto de sua terminação.

## VEIAS PROFUNDAS

As veias profundas são aquelas que acompanham as artérias segmentares e seus ramos. As veias profundas possuem numerosas válvulas. As principais são descritas a seguir.

As *veias tibiais posteriores* acompanham a artéria de mesmo nome.

As *veias tibiais anteriores* são continuações das acompanhantes da artéria dorsal do pé, atravessam a região extensora da perna entre a tibia e a fíbula, passam sobre a extremidade proximal da membrana interóssea para se unir com as veias tibiais posteriores, formando a veia poplítea na borda distal do músculo poplíteo.

A *veia poplítea* sobe através da fossa homônima até uma abertura no músculo adutor magno, onde ela se torna a *veia femoral*. Geralmente existem quatro válvulas na veia poplítea. Sua tributária mais ilustre é a safena parva.

A *veia femoral* acompanha a artéria homônima, começando no hiato dos adutores como a continuação da poplítea e terminando posterior ao ligamento inguinal, como *ilíaca externa*. Há geralmente quatro ou cinco valvas na veia femoral. Sua tributária mais importante é a safena magna.

A continuação proximal da veia femoral é a *veia ilíaca externa*; assim, ela começa atrás do ligamento inguinal, sobe na abertura superior da pelve e termina anterior à articulação sacroilíaca, unindo-se à veia ilíaca interna para formar a *veia ilíaca comum*. Geralmente a veia ilíaca externa é avalvulada.

## FISIOLOGIA

**Sistema antirrefluxo.** As *valvas* são a característica mais importante e distintiva do sistema venoso dos membros inferiores. Aparece primeiro nas vênulas de 1 mm de diâmetro. São mais proeminentes nas veias das pernas do que nas dos braços. Estas *valvas bicúspides* direcionam o sangue da porção distal para a proximal, e da camada superficial para a profunda através das veias perfurantes, exceto nas veias dos membros superiores, nos quais o fluxo vai da camada profunda à superficial.

No ser humano, quando o corpo está de pé, o nível zero da pressão venosa está no átrio direito. A pressão hidrostática de uma veia do dorso do pé é igual a distância do átrio direito ao pé, cerca de 90 mmHg, simplesmente devido ao peso do sangue nas veias entre o coração e os pés. Quanto mais distal for a veia, maior sua pressão hidrostática e espessura da sua parede.

As valvas ocorrem especialmente nas veias dos membros inferiores porque estas são as mais afastadas do coração. Assim, a pressão do retorno venoso não é suficientemente baixa para drenar o sangue contido nas porções mais inferiores do corpo quando o indivíduo está de pé. O retorno venoso dos membros inferiores é facilitado pela ação das valvas: suas bordas de inserção, fixas, estão voltadas distalmente, e as livres, móveis, proximalmente, de modo que válvu-

las se abrem apenas quando o fluxo venoso é em sentido do coração. Se o sangue flui no sentido contrário por ação gravitacional, as bordas livres se sobrepõem e fecham a luz vascular, impedindo o refluxo (figura 27).

As valvas por si só não dissipam a pressão hidrostática da coluna sanguínea que pesa sobre elas. Assim, a atividade dos músculos esqueléticos dos membros inferiores, especialmente do gastrocnêmio e sóleo, funciona como um eficiente *coração periférico*, cujas contrações complementam o trabalho valvular para o esvaziamento venoso dos pés, pernas e coxas.

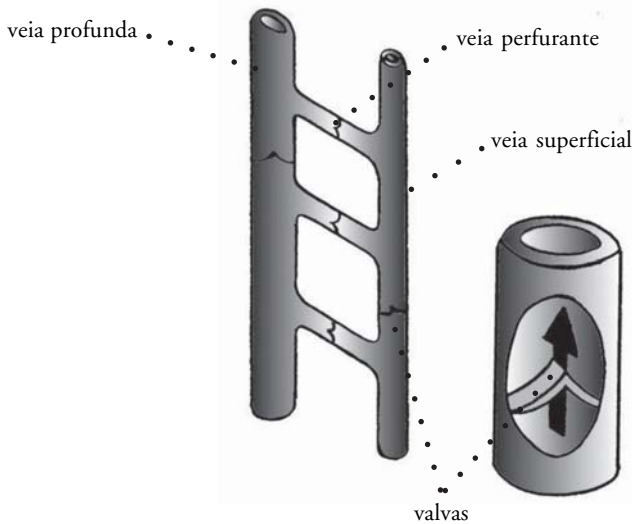


Figura 27 - Sistema valvar nos membros inferiores.

Com o relaxamento muscular, a pressão nas veias profundas cai e elas se enchem novamente de sangue. Quanto mais frequentes e potentes os movimentos musculares, mais eficiente é o bombeamento venoso. Ao andar, a pressão nas veias do dorso do pé cai para aproximadamente 25 mmHg, a partir da pressão venosa de repouso de 90 mmHg. A queda da pressão é mantida até que o exercício seja interrompido e a pressão retorne lentamente ao nível anterior ao esforço.

À semelhança da ação do coração periférico, as pulsações das artérias e a compressão da fásia profunda sobre veias distendidas dos membros inferiores combinam-se ao funcionamento valvar para impulsionar o sangue das veias acompanhantes de volta ao coração.

**Papel das veias perforantes.** As veias perforantes unem a veia safena magna às veias profundas, especialmente perto do tornozelo, na parte distal da panturrilha e nas regiões perigeniculares. Nestes canais, as válvulas são arrumadas para impedir o fluxo do sangue das veias profundas para as superficiais. Quando os músculos da panturrilha se contraem, o sangue é bombeado proximalmente nas veias profundas, mas é normalmente impedido de fluir para as veias superficiais pelas valvas das veias perforantes. Durante o relaxamento, o sangue pode ser aspirado das veias superficiais para as profundas. Se as válvulas das veias perforantes se tornam incompetentes, essas veias passam a funcionar, durante a contração muscular, como canais de descarga da alta pressão das veias profundas em direção às superficiais, o que resulta na estagnação e dilatação das últimas, produzindo varizes, desvitalização dos tecidos e, finalmente, ulceração varicosa. No tratamento cirúrgico das úlceras varicosas graves, as veias perforantes devem ser ligadas.

**Função contracorrente.** A íntima aposição das veias comitantes com as artérias correspondentes nos membros inferiores favore a troca contracorrente de calor e íons do sangue que entra para o que sai, do mesmo modo que ocorre com o suprimento sanguíneo do testículo e com os vasos retos do rim. O significado dessas trocas nos membros inferiores ainda não foi claramente elucidado.



---

# APARELHO RESPIRATÓRIO

---

*Nem é servido por mãos humanas, como se de alguma coisa precisasse; pois Ele mesmo é quem dá a todos vida, RESPIRAÇÃO e tudo mais.*

(Atos 17:25)

O *aparelho respiratório* (APRE) é o conjunto de estruturas ventiladas localizadas na face, pescoço e tórax; estes órgãos podem ser cavitários, pneumáticos ou tubulares. Frequentemente o APRE é denominado de *árvore respiratória* devido a sua forma de árvore invertida, ideal para a fisiologia pulmonar. As “raízes” são responsáveis pela captação do ar ambiente e são representadas pela *boca, nariz, faringe e laringe*; o “tronco” e os “galhos” são responsáveis pela condução rápida do ar até os alvéolos e são representados pela *traqueia e brônquios*, respectivamente. A “copa” e as “folhas” são constituídas pelos pulmões; essa parte é responsável pela transferência direta de oxigênio para o sangue alveolar.

O APRE é dividido convencionalmente em *alto* e *baixo*. O primeiro é superficial ao longo da parte cervico-cefálica do corpo e é formado pelo segmento que vai da *narina* à borda inferior da laringe; isso inclui o *ouvido médio*, pois essa cavidade também é ventilada, através da faringe, por ar circulante. O *APRE baixo* é distal, profundo e intratorácico, sendo constituído pela traqueia, brônquios e pulmões (figura 28).

A principal função do APRE é proporcionar aos tecidos oxigênio para satisfazer as demandas energéticas e remover o dióxido de carbono, formado como subproduto do metabolismo. Para isso, sangue e gás suficiente precisam ser levados a grande superfície interna dos pulmões para ensejar a *hematose*, ou seja, a troca de oxigênio pelo dióxido de carbono no ar alveolar. O gás é fornecido aos pulmões pela *ventilação* (*inspiração e expiração*); o sangue chega pelos vasos pulmonares impulsionados pelos batimentos do ventrículo direito, em um fenômeno chamado *perfusão*.

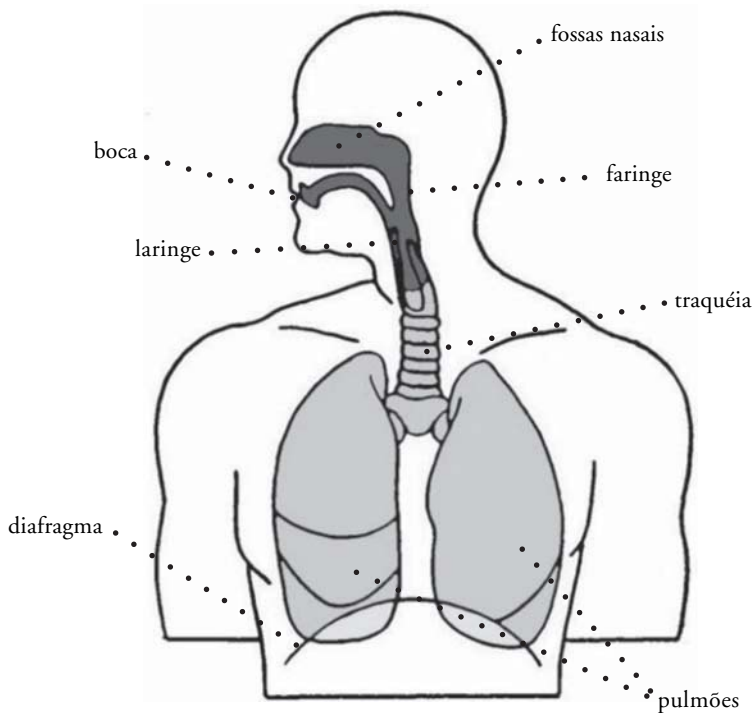


Figura 28 - cinza escuro: aparelho respiratório alto; cinza claro: aparelho respiratório baixo.

O equilíbrio adequado entre a ventilação e perfusão é necessário para a captação de oxigênio e eliminação de dióxido de carbono. A importância da oxigenação sanguínea é dramaticamente lembrada pelo fato de todo ser humano estar a cinco minutos da morte; este é o tempo que os neurônios do córtex cerebral resistem à falta do oxigênio proporcionado pela hematose.

---

## A N A T O M I A

---

### NARIZ

O nariz é a cavidade localizada no terço médio da face que corresponde ao início do aparelho respiratório. Divide-se em duas regiões, de acordo com sua posição na face. A primeira é o *nariz externo* ou *pirâmide nasal*, e a segunda, o *nariz interno* ou *fossas nasais*.

### NARIZ EXTERNO

O nariz externo é piramidal com seu ângulo superior ou *raiz* sendo contínuo com a fronte, e sua ponta livre sendo o *ápice*. Inferiormente estão duas aberturas elipsóides, as *narinas*, separadas pelo *septo móvel do nariz* ou *columela*. As faces laterais, contínuas na linha mediana com o *dorso* do nariz, terminam inferiormente nas *asas do nariz*, arredondadas. O bloco ápice-columela-narinas-asas constitui o *lóbulo nasal*.

A sustentação nasal é feita por ossos e cartilagens. O esqueleto ósseo está na parte superior do nariz externo e é formado pelos ossos nasais, processo frontal das maxilas e parte nasal do frontal. O esqueleto cartilágneo é formado pelas *cartilagens alares maior e menor*, *cartilagem lateral* ou *triangular* e *cartilagem septal* ou *quadrangular*, todas situadas na parte inferior do nariz externo e ligadas umas às outras, e aos ossos vizinhos, pela continuidade de seu pericôndrio com o periósteo do esqueleto nasal.

### FOSSAS NASAIS

As fossas nasais são duas cavidades separadas sagitalmente uma da outra pelo *septo do nariz*. Cada fossa nasal se abre anteriormente na face através das narinas, e posteriormente na nasofaringe através de duas aberturas ovais simétricas de 2,5 cm de altura, as *coanas*.

**Paredes.** A *parede lateral* de cada fossa nasal apresenta três elevações, as *conchas nasais superior, média e inferior*, ínfero-lateralmente a cada uma estando um *meato* correspondente. O *meato superior* recebe as aberturas das células etmoidais posteriores, o *médio*, a aberturas dos seios maxilar e frontal e das células etmoidais anteriores e médias; o *meato inferior* contém a abertura do ducto nasolacrimal na sua parte anterior. Acima da concha superior, um *recesso esfenotmoidal* recebe a abertura do seio esfenoidal.

A *parede medial* ou *septo do nariz* é lisa e frequentemente desviada da linha mediana, fazendo com que as câmaras do nariz tenham tamanho desigual. O septo é formado de uma pequena parte anterior móvel, a columela, e uma parte posterior, fixa, formada anteriormente pela cartilagem septal e posteriormente pelo vômer e lâmina perpendicular do etmóide.

O *teto* é transversalmente estreito, exceto atrás. De trás para frente, ele pode ser dividido em regiões esfenoidal, etmoidal e frontonasal, de acordo com os ossos que o formam. O *assoalho* é quase horizontal, com seus  $\frac{3}{4}$  anteriores sendo formados pela maxila e o restante pelo osso palatino.

**Órgão vomeronasal.** Na borda inferior do septo fixo, próximo ao canal incisivo, há um pequeno conduto de fundo cego de 5 mm de comprimento, o *órgão vomeronasal* ou *de Jacobson*, revestido por epitélio olfatório e apoiado por uma pequena cartilagem. O órgão vomeronasal é uma estrutura quimiossensível ligada ao bulbo olfatório pelo *nervo vomeronasal*.

## SEIOS PARANASAIS

Os seios paranasais são cavidades aéreas, revestidas por mucosa, localizadas em torno das fossas nasais. Recebem o nome de acordo com o osso em que se localizam.

**Seios frontais.** Essas cavidades situam-se uma de cada lado, atrás dos arcos superciliares, entre as tábuas interna e externa do osso homônimo. São mais proeminentes e volumosos nos homens. Os seios frontais desembocam no meato médio através do *ducto frontonasal*.

**Seios etmoidais.** Em número de 3 a 18, os seios etmoidais são pequenas cavidades de paredes finas e incompletas localizadas no labirinto do osso etmoide, entre a parte superior das fossas nasais e a órbita, separados destas últimas por lâminas ósseas papiráceas, uma barreira tênue contra infecção que pode se espalhar no interior da órbita para produzir *celulite orbital*. Os seios etmoidais formam grupos anterior, médio e posterior, os quais desembocam nos meatos superior ou médio do nariz.

**Seios esfenoidais.** Dois seios esfenoidais assimétricos, um de cada lado, estão na parte súpero-posterior do nariz, dentro do corpo do osso esfenóide.

Cada um se comunica com o recesso esfenoidal por uma abertura na sua parede anterior.

**Seios maxilares.** Os dois seios maxilares, que ocupam a maior parte do corpo das maxilas, são os maiores seios paranasais. Piramidais, a base de cada um é a parede lateral da fossa nasal, com o ápice se estendendo até o processo zigomático da maxila. O teto é o assoalho da órbita. O assoalho de cada seio maxilar é o processo alveolar da maxila. Elevações cônicas correspondentes às raízes dos dentes molares ou caninos projetam-se no assoalho, que elas algumas vezes perfuram. O volume estimado de cada seio maxilar é de 20 ml. Cada seio se abre no meato médio por meio de duas aberturas.

Como todos os seios paranasais se comunicam com o nariz, qualquer um deles pode ser afetado por uma infecção a partir das fossas nasais. Além disso, uma infecção no seio maxilar pode surgir a partir dos dentes.

## LARINGE

A laringe forma uma passagem de ar, um mecanismo esfíntérico e um órgão de fonação, desde a língua até a traqueia. A laringe projeta-se ventralmente entre os grandes vasos do pescoço e é coberta anteriormente pela pele, fâscias e músculos depressores do osso hioide. Acima, ela se abre na hipofaringe e forma sua parede anterior; abaixo, a laringe continua na traqueia. No adulto masculino, a laringe se situa em nível das vértebras C<sub>3</sub> à C<sub>6</sub>.

A presença de cartilagens de forma exótica e de ligamentos vocais conferem à laringe uma configuração intrincada e a forma mais complexa dentre os canais respiratórios.

## CARTILAGENS

O arcabouço laríngeo é formado de uma série de peças cartilagueas irregulares unidas por tecido fibroelástico: as cartilagens *tireoide*, *cricoide* e *epiglote*, ímpares, e as *aritenoides*, *cuneiformes* e *corniculadas*, pares.

**Cartilagem tireóide.** Esta é a maior cartilagem laríngea, sendo constituída de duas *lâminas* quadriláteras, com suas margens anteriores fundidas inferiormente em um ângulo mediano, a *proeminência laríngea* ou *pomo-de-adão*. Esta projeção é mais distinta na sua extremidade superior. Nos homens, a proeminência laríngea maior, o maior comprimento das pregas vocais e um

resultante tom de voz mais grave estão todos associados com um ângulo tireóideo menor.

As margens posteriores da cartilagem tireoide se prolongam de cada lado como hastes delgadas, duas para cima – os *cornos superiores* –, e duas para baixo – os *cornos inferiores*.

**Cartilagem cricóide.** Mais espessa e mais resistente do que a cartilagem tireoide, a cartilagem cricoide tem forma de anel de sinete, daí o nome. A cartilagem cricoide forma as partes inferiores das paredes anterior e lateral e a maior parte da parede posterior da laringe. A cartilagem cricoide possui uma *lâmina* posterior quadrada, e um estreito *arco* anterior.

**Cartilagens aritenóides.** Estas cartilagens se situam no dorso da laringe, onde repousam na borda superior da lâmina da cartilagem cricoide. As cartilagens aritenoides são piramidais, apresentando três faces, uma base, dois processos e um ápice.

A *face inferior* da cartilagem aritenóide é a sua *base*. O *ângulo superior* é o *ápice*, o qual curva-se póstero-medialmente para se articular com a *cartilagem corniculada*. O *ângulo lateral* ou *processo muscular* é proeminente e arredondado, projeta-se lateralmente, dando inserção ao músculo cricoaritenóideo posterior, atrás, e ao músculo cricoaritenóideo lateral, na frente. O ângulo anterior, pontudo, o *processo vocal*, se projeta horizontalmente para frente e dá inserção ao *ligamento vocal*.

**Cartilagens corniculadas.** As cartilagens corniculadas são dois nódulos amarelos de cartilagem elástica que se articulam com os ápices das aritenoides, prolongando-os póstero-medialmente.

**Cartilagens cuneiformes.** As cartilagens cuneiformes são alongadas, semelhantes a uma clava, uma em cada prega ariepiglótica, na frente das cartilagens corniculadas. As cartilagens cuneiformes são visíveis como elevações esbranquiçadas através da mucosa laríngea.

**Epiglote.** Esta cartilagem é uma lamela foliforme que se projeta obliquamente para cima, atrás da língua e do corpo do osso hioide, na frente da entrada da laringe.

A extremidade livre da epiglote é larga e redonda, e sobe a partir de um pedículo estreito e longo, unido ao dorso da proeminência laríngea por um *ligamento tireoepiglótico* elástico, logo abaixo da incisura tireóidea. Os lados da epiglote estão inseridos nas cartilagens aritenoides por meio das *pregas ariepiglóticas*.

A face anterossuperior da epiglote é livre e revestida por mucosa escamosa estratificada não-queratinizada que se reflete no dorso da língua e nos lados da faringe como uma *prega glossoepiglótica mediana* e duas *pregas glossoepiglóticas laterais*; de cada lado da prega mediana está uma pequena depressão, a *valécula*. A face antero-inferior da epiglote está atrás do osso hioide e da membrana tireóidea, ligada à margem superior do osso hioide por meio de um *ligamento hioepiglótico* elástico, e separada da membrana tireóidea por gordura.

A face posterior da epiglote é lisa e côncava e revestida por mucosa respiratória; a parte inferior dessa face forma o *tubérculo epiglótico*. A epiglote é escavada na sua face posterior por pequenas glândulas mucosas e perfurada por ramos do nervo laríngeo interno.

## LIGAMENTOS VOCAIS

A *membrana cricovocal* é uma lâmina elástica localizada na parte inferior e lateral da laringe. Na sua face lateral estão os músculos *cricoaritenóideo lateral* e *tíreo-aritenóideo*.

A disposição da membrana cricovocal interliga as cartilagens tireoide, cricoide e aritenoides. A partir da margem superior da cartilagem cricoide, a membrana sobe e converge de cada lado para uma borda superior livre e espessa, os *ligamentos vocais*, que se estendem da face dorsal do ângulo tireóideo, logo abaixo de seu ponto médio, até os processos vocais da cartilagem aritenóide. Cada ligamento vocal é uma faixa de tecido elástico amarelo relacionado lateralmente com o *músculo vocal*. O conjunto formado pela membrana cricovocal, ligamentos vocais e músculos vocal e tiroaritenóideo, revestido por mucosa em ambas as faces forma a *prega vocal* de cada lado.

## CAVIDADE DA LARINGE

A cavidade da laringe estende-se do adito da laringe até a borda inferior da cartilagem cricoide. A cavidade da laringe é parcialmente dividida por pregas pares de mucosa que se projetam medialmente a partir de seus lados. O par superior são as *pregas vestibulares*. O inferior, as *pregas vocais*, com a fissura entre as últimas sendo a *rima da glote*.

As pregas vocais estão relacionadas com a produção do som. Elas são cobertas por epitélio escamoso estratificado não-queratinizado que está intimamente ligado aos ligamentos vocais. Visto que uma túnica submucosa e vasos sanguíneos estão ausentes, as pregas são de tom branco peroláceo.

A rima da glote é a parte mais estreita da laringe. Sua largura e forma variam com os movimentos das pregas vocais e das cartilagens aritenóideas durante a ventilação e a fala. Na respiração calma, a rima da glote assume uma forma entreaberta triangular, com o ápice do triângulo na frente. Na inspiração forçada, as pregas vocais são totalmente abduzidas, dando à glote uma configuração romboide, com a largura maior sendo no meio, oposta às pontas dos processos vocais. Na fonação, a glote se reduz a uma fenda linear pela adução das pregas vocais; estas, então, são tensionadas, com o grau de tensão determinando a altura do som; para elevar a altura do som, a tensão é aumentada. No sussurro, os  $\frac{3}{4}$  anteriores da rima da glote se fecham, mas o  $\frac{1}{4}$  posterior permanece amplamente aberto em uma secção triangular, de modo que o ar escapa livremente por trás.

**Ádito.** A entrada ou *ádito da laringe* abre-se na faringe e volta-se dorsalmente. O ádito é limitado na frente pela epiglote e lateralmente por uma prega mucosa entre a epiglote e o ápice das aritenóides, as *pregas ariepiglóticas*. Estas possuem fibras musculares e contêm, na parte posterior de sua margem, tumefações correspondentes às cartilagens corniculadas e cuneiformes subjacentes.

**Supraglote, glote e infraglote.** A parte superior da laringe, o *vestíbulo* ou *supraglote*, está entre o ádito e as pregas vestibulares. A parte média ou *glote* é a menor e mais estreita, indo das pregas vestibulares até a rima da glote. A parte inferior ou *infraglote* estende-se das pregas vocais até a margem inferior da cartilagem cricoide; suas paredes são formadas pela mucosa que reveste a membrana cricovocal e a cartilagem cricoide.

O *ventrículo* é um recesso fusiforme da glote entre as pregas vocais e as vestibulares. Anteriormente, cada um se abre em uma bolsa que se dirige para cima, o *sáculo*, em cujas paredes desembocam cerca de 70 glândulas mucosas.

## MÚSCULOS

Os músculos da laringe são agrupados como *intrínsecos* e *extrínsecos*. Os primeiros atuam exclusivamente nas pregas vocais, alterando a tensão e a abertura entre os ligamentos vocais, tendo, assim, função fonatória (quadro 6). Os múscu-



los extrínsecos movimentam a laringe em bloco, efeito importante para a deglutição. Os principais músculos extrínsecos são os *infra-hióideos* e os *constrictores faríngeos*.

MÚSCULOS INTRÍNSECOS DA LARINGE		
m ú s c u l o	ação nos ligamentos vocais	n e r v o
cricotireóideo	tensão	laríngeo superior
tireoaritenóideo	relaxamento	
cricoaritenóideo posterior	abdução	laríngeo recorrente
cricoaritenóideo lateral	adução	

Quadro 6 – Músculos intrínsecos da laringe.

Os músculos intrínsecos têm a função de abrir a glote na inspiração, fechar o vestíbulo e a glote na deglutição e alterar o tônus dos ligamentos vocais na fonação. O *músculo cricotireóideo* é o único músculo intrínseco que está ligado externamente à laringe e o único que estica os ligamentos vocais por meio de uma ligeira ação de inclinação da cartilagem cricóidea; ele é suprido pelo nervo laríngeo superior. Os músculos restantes constituem uma única lâmina envolvente cujas inserções são designadas pelos nomes de suas partes separadas: os músculos *tireoaritenóideo*, *cricoaritenóideos lateral e posterior*, *ariefpiglótico*, *tireoepiglótico* e *aritenóideo transverso*. Todos esses são supridos pelo nervo *laríngeo recorrente* e todos têm ação esfíntérica. A exceção é o *cricoaritenóideo posterior* de cada lado que, girando as cartilagens aritenóideas para fora, separam as cordas vocais.

## NERVOS

O suprimento nervoso da laringe é proveniente dos *ramos interno e externo do nervo laríngeo superior* e dos *nervos laríngeos recorrentes*.

**Nervo laríngeo superior.** O *ramo interno* do nervo laríngeo superior é sensitivo, penetrando na laringe após atravessar a parte pósterio-inferior da membrana tireo-hióidea. O ramo interno supre a mucosa da parte superior da laringe, isto é, do ádito, do vestíbulo, da glote e das cordas vocais. Essa mucosa é alta-

mente sensitiva, o contato com corpos estranhos causa imediatamente a tosse. O *ramo externo* do nervo laríngeo superior é motor e transita pela superfície externa do músculo constritor inferior da faringe. O ramo externo supre o músculo cricotireóideo, nele penetrando através de sua face externa.

**Nervo laríngeo recorrente.** Este nervo é um ramo terminal sensitivo e motor do nervo vago. O nervo laríngeo recorrente possui um trajeto diferente de cada lado. O direito se origina do nervo vago quando este chega na base do pescoço, na altura da clavícula; cruzando na frente a artéria subclávia, o nervo laríngeo recorrente passa profundo e atrás deste vaso e, depois, sobe atrás da artéria carótida comum direita para se situar no sulco traqueoesofágico, acompanhado pelos vasos laríngeos inferiores. O nervo laríngeo recorrente direito, então, ascende profundo à margem inferior do músculo constritor inferior da faringe, imediatamente atrás da articulação cricotireóidea.

O nervo esquerdo se origina mais inferiormente que o direito, quando o nervo vago chega ao topo do hemitórax esquerdo, imediatamente abaixo do arco aórtico; curvando-se abaixo e na frente deste vaso, profundo ao ligamento arterioso, o nervo laríngeo recorrente esquerdo sobe para a traquéia. Ele, então, se situa no sulco traqueoesofágico e é distribuído como no lado direito. Antes de penetrar na laringe, cada nervo recorrente geralmente se divide em *ramos motor e sensitivo*, e não em ramos adutor e abductor como é algumas vezes afirmado.

Os nervos laríngeos recorrentes suprem todos os músculos intrínsecos da laringe (exceto o cricotireóideo) e inervam sensitivamente a infraglotte.

As unidades motoras dessa musculatura intrínseca tão hábil são muito pequenas. Foi estimado que há uma proporção de trinta fibras musculares para cada neurônio motor dos nervos laríngeos recorrentes.

## TRAQUEIA E BRÔNQUIOS

### TRAQUEIA

A traqueia é um tubo de cartilagem e de membrana fibromuscular, com cerca de 11 cm de comprimento, que desce da laringe, a partir do nível de C<sub>6</sub> até a margem superior da T<sub>5</sub>, onde ela se divide em *brônquios principais direito e esquerdo*, em um ângulo de bifurcação de 60° (figura 29). A traqueia se situa aproximadamente no plano sagital, mas seu ponto de bifurcação geralmente está um pouco para a direita. Tem certa mobilidade e pode rapidamente alterar seu comprimento.

A traqueia é um cilindro achatado posteriormente, com um diâmetro de 2 cm nos homens e 1,5 cm nas mulheres. Nas crianças ela é menor, mais profundamente situada e mais móvel, e é mais longa no sexo feminino.

A traqueia é dividida em uma *porção cervical* e outra *torácica*. A primeira está na base do pescoço, entre a cartilagem cricoide e o manúbrio esternal, e mede cerca de 4 cm. A parte torácica corre no mediastino, entre o manúbrio esternal e a carina, e mede cerca de 7 cm.

**Relações.** A *parte cervical da traqueia* é coberta anteriormente pela pele, fáscia cervical e músculos esterno-hióideo e esternotireóideo. A segunda até a quarta cartilagens traqueais são cruzadas pelo istmo da glândula tireoide. Posteriormente está o esôfago, entre a traqueia e a coluna vertebral. O nervo laríngeo recorrente de cada lado sobe no *sulco traqueoesofágico*, que é o sulco entre os lados da traqueia e esôfago. Lateralmente estão os lobos da glândula tireoide, que descem até a quinta ou sexta cartilagem traqueal, e as artérias carótidas comuns.

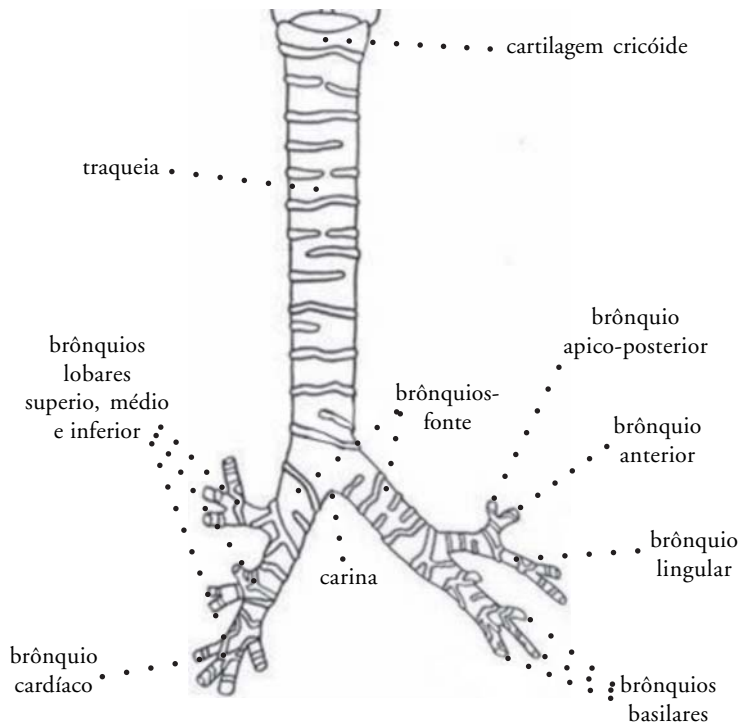


Figura 29 - Traqueia e brônquios principais.

A *parte torácica da traqueia* desce através do mediastino superior, relacionada anteriormente com o manúbrio do esterno, inserções dos músculos esterno-hióideo e esternotireóideo, os resquícius do timo, a veia braquiocefálica esquerda, o arco da aorta, as artérias braquiocefálica e carótida comum esquerda. Divergindo à medida que sobem no pescoço, as artérias braquiocefálica e carótida comum esquerda situam-se, respectivamente, à direita e à esquerda da traqueia. Posteriormente está o esôfago, que separa a traqueia da coluna vertebral. No lado direito estão o pulmão e a pleura direitos, a veia braquiocefálica direita, a veia cava superior, o nervo vago direito e a veia ázigos; no lado esquerdo estão o arco da aorta, as artérias carótida comum esquerda e subclávia esquerda. O nervo laríngeo recorrente esquerdo está, no início, entre a traqueia e o arco da aorta, depois no sulco traqueoesofágico.

## BRÔNQUIOS

**Brônquio principal direito.** Este brônquio é mais largo, mais curto e mais vertical do que o esquerdo, sendo formado de 6 a 8 cartilagens hialinas sobrepostas. Mede aproximadamente 2,5 cm de comprimento e é cavalgado pelo cajado da veia ázigos.

O brônquio direito origina seu primeiro ramo, o *brônquio lobar superior direito*, e depois penetra no pulmão na altura de T<sub>5</sub>. Como é o único brônquio secundário que se origina de um nível acima da artéria pulmonar, o brônquio lobar superior direito é também denominado *brônquio epiarterial* ou *eparterial*.

A maior largura do brônquio principal direito e seu trajeto mais vertical explicam a maior frequência de corpos estranhos que penetram no brônquio principal direito do que no esquerdo. Além do brônquio lobar superior direito, o brônquio principal direito cruza a face posterior da artéria pulmonar para penetrar no hilo do pulmão e depois se divide em *brônquios lobares médio e inferior*.

**Brônquio principal esquerdo.** Este brônquio mede cerca de 5 cm de comprimento e apresenta 9 a 12 cartilagens hialinas similares às do brônquio contralateral. O brônquio principal esquerdo penetra no hilo do pulmão esquerdo em nível T<sub>6</sub>. Passando à esquerda, cavalgado pelo cajado da aorta, ele cruza anteriormente o esôfago, ducto torácico e aorta descendente. A artéria pulmonar esquerda está, no início, anterior e, depois, superiormente a ele. Tendo penetrado no hilo, ele se divide em um brônquio *lobar superior* e um *inferior*.

## INERVAÇÃO

O suprimento nervoso traqueobrônquico é proveniente dos *ramos traqueais* dos *nervos vagos*, *laríngeos recorrentes* e *troncos simpáticos*, e é distribuído para o músculo e túnica mucosa da traqueia e dos brônquios.

As terminações dos troncos simpáticos provocam a *broncodilatação* por meio da liberação de *catecolaminas*, mas também podem exercer um efeito *aminérgico* direto sobre os ácinos glandulares situados nos brônquios.

A atividade *parassimpática*, que é *colinérgica*, é executada pelos nervos vagos e laríngeos recorrentes. Essa atividade é *secretomotora* e *broncoconstrictora*, respectivamente, para as glândulas e musculatura lisa traqueobrônquica.

## PULMÕES

Os pulmões são órgãos respiratórios situados no tórax e separados um do outro pelo *espaço interpleural* ou *mediastino*.

No nascimento, o pulmão é róseo, e no adulto, cinza-escuro e mosqueado, com manchas escurecidas. Esta coloração é devido à deposição de partículas de carbono próximo à superfície do órgão e será tanto mais enegrecida quanto mais poluído o ambiente.

Cada pulmão pesa 550 a 650 gramas, com um volume em repouso entre 2,5 a 3,5 litros. É circundado anterior e lateralmente pelos arcos costais, clavícula e esterno, e posteriormente está a coluna vertebral. Exceto pela fixação ao coração e à traqueia pelas estruturas hilares e pelo ligamento pulmonar, cada pulmão é livre na sua cavidade pleural.

O parênquima do pulmão é leve e esponjoso, crepitando quando manipulado pela presença de ar nos alvéolos. O parênquima também é muito elástico, daí a retração quando o pulmão é removido da caixa torácica.

## FORMA E SETORES

Cada pulmão tem forma *conóide*, isto é, similar a um cone, com um *ápice* redondo voltado para cima e uma *base* côncava, para baixo.

A superfície pulmonar é cruzada pelas *fissuras horizontal* e *oblíqua* (esta só no pulmão direito), dividindo o pulmão direito em três *lobos* e o esquerdo em dois. A fissura oblíqua se estende ao longo de uma linha curva desde a espinha de T<sub>2</sub>, posteriormente, até a 6ª cartilagem costal, anteriormente. A fissura horizontal é mais retilínea e se estende ao longo de uma linha que coincida aproximadamente com o trajeto da 4ª cartilagem costal direita, horizontalmente desde o esterno até encontrar a fissura oblíqua.

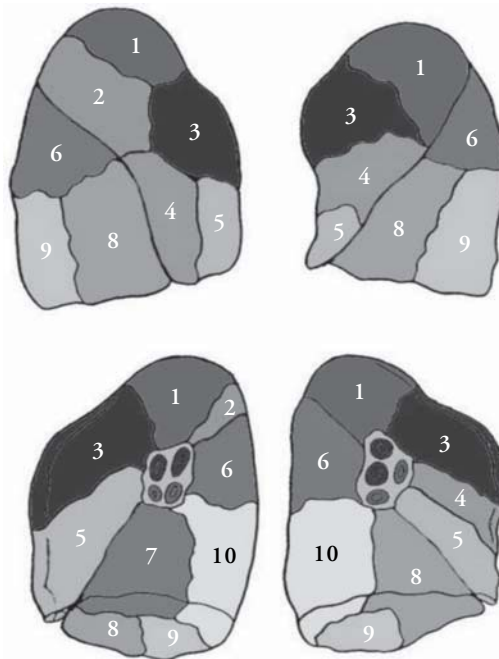
A superfície medial dos pulmões tem uma depressão denominada *cavidade* ou *impressão cardíaca*, mais profunda à esquerda onde se encaixa o maior volume do coração.

Visto que o diafragma se eleva mais alto no lado direito, para acomodar o fígado, o pulmão direito é cerca de 2,5 cm mais curto, mas, devido à presença do coração, ele é mais largo e tem capacidade e peso maiores do que o esquerdo.

A *língua* é uma pequena lâmina de tecido pulmonar situado na borda anterior do pulmão esquerdo, logo abaixo do coração. Corresponde à extremidade livre do segmento lingular inferior, e não a um suposto lobo médio atrofiado do pulmão esquerdo.

**Segmentos broncopulmonares.** Um conhecimento do arranjo preciso da árvore bronquial é essencial para avaliação inteligente da radiologia do pulmão, para interpretação de broncoscopias e broncogramas, para a realização de drenagens posturais de regiões pulmonares infectadas e para a ressecção cirúrgica de partes específicas do pulmão.

Cada pulmão é formado da união dos *segmentos pulmonares* (30 e 31). Estes são porções de parênquima pulmonar que são ventiladas por um brônquio de ordem III e supridas por vasos pulmonares segmentares.



Figuras 30 e 31 - Segmentos broncopulmonares.

Os segmentos pulmonares, *dez* no pulmão direito e *nove* ou *oito* no esquerdo, são cuneiformes com ápices situados no hilo e bases na face do pulmão. Se extirpados com precisão ao longo de seus limites, há pouco sangramento ou vazamento de ar alveolar na face cruenta do pulmão. Cada segmento é uma unidade de tecido pulmonar funcionalmente independente e estruturalmente separada por tecido conectivo contínuo com a pleura. Em geral, um brônquio e seus ramos em um segmento são centrais e acompanhados pelas artérias, mas muitas tributárias das veias pulmonares correm entre os segmentos, servindo aos segmentos adjacentes e drenando para mais de uma veia. Assim, um segmento broncopulmonar não é uma unidade vascular perfeita, com um brônquio, artéria e veia individuais.

Os nomes e arranjos de cada *brônquio segmentar* são de acordo com o nome do segmento broncopulmonar aerado. Para facilitar a memorização, podemos usar os brônquios segmentares do pulmão direito como modelo para a identificação dos brônquios segmentares do pulmão esquerdo (quadro 7).

DIVISÕES DO BRÔNQUIO DIREITO	
brônquios lobares	brônquios segmentares
superiores	apical posterior anterior
médios	lateralmedial superior ( <i>apical</i> ) basilares medial ( <i>cardíaco</i> )
inferiores	anterior lateral posterior

Quadro 7 – Divisões do brônquio direito.

As divisões do brônquio principal esquerdo são as mesmas das do direito, com as seguintes diferenças gerais (quadro 8):

- o lobo superior esquerdo possui os *segmentos lingulares*, supridos pelo *brônquio lingular* a partir do brônquio lobar superior principal; o brônquio lingular se bifurca nos *brônquios lingulares superior e inferior*, formando os *segmentos lingulares superior e inferior*, ao contrário dos *segmentos lateral e medial* existentes no lobo médio direito;

- no lado esquerdo, o brônquio lobar superior dá origem a um *brônquio segmentar ápico-posterior* combinado e a um *ramo anterior*, enquanto todos os três ramos são separados à direita;
- o pulmão direito possui um segmento a mais, o *basilar medial*, devido à presença do *brônquio cardíaco*, ausente à esquerda;
- exceto pelos segmentos lingulares e basilar medial direito, todos os demais segmentos e brônquios segmentares da direita são imagens espelhadas dos brônquios da esquerda.

**Hilo pulmonar.** O *hilo* ou *raiz do pulmão* está no centro de sua face mediastinal, atrás do coração, em nível com T<sub>5</sub> a T<sub>8</sub>. O hilo é formado pelos *brônquios*, *vasos pulmonares* e *brônquicos*, *plexo nervoso pulmonar*, *vasos linfáticos* e *linfonodos bronquiais*. O hilo confere nutrição, funcionalidade e transplantabilidade aos pulmões.

Habitualmente, não é preciso memorizar a disposição precisa das estruturas do hilo, exceto em saber que os brônquios são posteriores e as artérias pulmonares, superiores.

O hilo direito está atrás da veia cava superior e átrio direito e abaixo do cajado da veia ázigos. O hilo esquerdo está adiante da aorta torácica e abaixo do cajado da aorta.

## RELAÇÕES

O ápice do pulmão está na raiz do pescoço, em contato com a pleura cervical. Projeta-se acima da abertura torácica superior, 2 a 4 cm acima do nível da primeira cartilagem costal e do terço medial da clavícula. Posteriormente a cada ápice está o *gânglio estrelado*. O músculo escaleno médio é lateral a cada ápice. Entre os ápices pulmonares, no mediastino superior, estão os vasos braquiocéfálicos direitos e a traqueia, à direita, e a artéria subclávia e a veia braquiocéfálica esquerdas, à esquerda.

A base do pulmão repousa sobre a face superior do diafragma, que separa o pulmão direito do lobo direito do fígado e o pulmão esquerdo do lobo esquerdo do fígado, fundo gástrico e baço. Visto que o diafragma se estende mais alto à direita do que à esquerda, a concavidade é mais profunda na base do pulmão direito. Posterior e lateralmente, a base possui uma margem aguda adaptada ao *recesso costofrênico* homolateral.

**Face e margens pulmonares.** Cada pulmão é descrito como tendo *duas faces* e *três margens*. A *face costal* é convexa e moldada à parede torácica. Ela está em



contato com a pleura costal e exibe, nas peças fixadas *in situ*, sulcos correspondentes às costelas sobrejacentes. A *face medial* possui uma *parte vertebral* posterior e uma *parte mediastinal* anterior. A primeira está em contato com os lados das vértebras torácicas e seus discos intervertebrais. A área mediastinal, profundamente côncava, está adaptada ao coração como a *impressão cardíaca*, que é maior e mais profunda no pulmão esquerdo, pois o coração se situa mais para este lado. Acima da impressão está o hilo do pulmão, onde diversas estruturas entram e saem da víscera coletivamente circundadas pela pleura, que também se estende abaixo do hilo e atrás da impressão cardíaca como *ligamento pulmonar*.

DIFERENÇAS ENTRE BRÔNQUIOS SEGMENTARES DIREITOS E ESQUERDOS		
brônquios segmentares	pulmão direito	pulmão esquerdo
brônquios do setor médio apicais	lingulares superior e inferior	lateral e medial
brônquio cardíaco	ápico-posterior	apical isolado
	ausente	presente
demais brônquios	os brônquios segmentares do pulmão direito são imagens espelhadas dos brônquios segmentares do pulmão esquerdo	

Quadro 8 – Diferenças entre brônquios segmentares direitos e esquerdos.

Na área mediastinal, existem alguns marcos anatômicos que diferem de um pulmão para outro. No pulmão direito, a impressão cardíaca está relacionada com a face anterior da aurícula direita, do átrio direito e do ventrículo direito. A impressão sobe anteriormente ao hilo como um sulco largo para a veia cava superior e para a extremidade distal da veia braquiocefálica direita. Posteriormente, este sulco une-se a um sulco profundo que se curva para frente, acima do hilo, e é ocupado pela veia ázigos. O lado direito do esôfago forma um sulco vertical raso atrás do hilo e do ligamento pulmonar; aproximando-se do diafragma, ele se inclina para a esquerda e deixa o pulmão direito; o sulco, portanto não alcança o limite inferior desta face. Posteroinferiormente, a impressão cardíaca é confluyente com um sulco largo, curto, adaptado à veia cava inferior. Entre o ápice pulmonar direito e o sulco da veia ázigos, a traqueia e o nervo vago direito estão próximos do pulmão, mas não o marcam.

No pulmão esquerdo, a impressão cardíaca está relacionada com as faces anterior e esquerda do ventrículo e aurícula esquerdos, com a face anterior do infundíbulo e com a parte adjacente do ventrículo direito; ela sobe na frente do hilo para acomodar o tronco pulmonar. Um grande sulco curva-se sobre o hilo, descendo atrás dele e do ligamento pulmonar, adaptado ao arco e à parte descendente da aorta; da sua extremidade, um sulco mais estreito sobe até o ápice para a artéria subclávia esquerda. Atrás desta, acima do sulco aórtico, o pulmão faz contato com o ducto torácico e com o esôfago. Na frente do sulco para a artéria subclávia, está uma leve depressão linear para a veia braquiocefálica esquerda. Inferiormente, o esôfago pode moldar a face mediastinal do pulmão esquerdo na frente da extremidade inferior do ligamento pulmonar.

A *margem inferior* dos pulmões é fina onde ela separa a base de face costal e estende-se em direção ao recesso costofrênico; medialmente, ela é arredondada. Na respiração normal, a margem inferior cruza a 8ª costela na linha axilar média e o processo espinhoso de T<sub>10</sub> na linha mediana dorsal. A *margem posterior*, de difícil identificação, separa a face costal da mediastinal, e está em uma linha vertical que une a cabeça das costelas torácicas adjacentes. A fina *margem anterior* se sobrepõe ao pericárdio; no pulmão direito ela corresponde à linha costomediastinal da reflexão da pleura, sendo quase vertical; no pulmão esquerdo ela se aproxima da mesma linha em cima, mas, abaixo da quarta cartilagem costal, ela apresenta uma *incisura cardíaca*, cuja margem passa lateralmente por cerca de 3,5 cm antes de se curvar para baixo e medialmente em direção à sexta cartilagem costal, a cerca de 4 cm da linha mediana. Ela, assim, não alcança aqui a linha de reflexão da pleura, deixando uma zona onde o pericárdio é coberto por uma lâmina dupla da pleura – a *área de maciez cardíaca superficial*.

**Ausculata pulmonar.** Ao colocar um estetoscópio no dorso de um paciente, ausculta-se especialmente o lobo inferior e uma pequena área do lobo superior, mas não há lobo médio. Ao colocar o estetoscópio na parede torácica anterior, ausculta-se sobretudo os lobos superior e médio. O lobo médio é auscultado colocando o estetoscópio na parede lateral do hemitórax e na axila.

Não se pode auscultar lobos individuais ou qualquer segmento pulmonar isoladamente.

Quando um paciente está deitado com a barriga para cima, os segmentos pulmonares mais baixos são os segmentos superior e posterior do lobo inferior. Isso pode explicar porque estes são os segmentos mais afetados por infecções pulmonares em doentes acamados.

## INERVAÇÃO

**Plexo pulmonar.** Cada pulmão é inervado por uma rede neuronal autônômica que penetra pelo seu hilo, o *plexo pulmonar*. Este é formado por ramos dos nervos vago e do plexo simpático, os quais acompanham os tubos bronquiais, transportando fibras eferentes para os músculos e glândulas bronquiais e fibras aferentes provenientes da membrana mucosa bronquial e alveolar. É geralmente aceito que os broncoconstritores são supridos pelo nervo vago, com o suprimento simpático sendo inibidor e relaxando a musculatura bronquial lisa, assim como faz com a retração ou redução da estimulação parassimpática. Não obstante, o estímulo real para a broncodilatação é a pressão do ar inspirado.

## PLEURAS

O pulmão é revestido por uma membrana serosa delicada, a *pleura*, disposta em forma de saco invaginado e fechado hermeticamente. Abaixo do hilo pulmonar, a pleura estende-se como uma lâmina dupla, desde o esôfago até a face pulmonar medial, onde ela é contínua com a pleura pulmonar; essa lâmina é o *ligamento pulmonar*.

A borda inferior da pleura se estende além da margem inferior do pulmão, mas não até as inserções do diafragma. Na inspiração, essa borda não é alcançada pelo pulmão, resultando em um espaço potencial, prontamente identificável em radiografias simples de tórax, o *recesso costofrênico*, onde as pleuras costal e diafragmática estão em contato direto, sem a interposição de tecido pulmonar.

**Setores.** Uma parte da pleura reveste a superfície pulmonar externa e é chamada de *pleura visceral* ou *pulmonar*. O restante, a *pleura parietal*, reveste a face interna da parede torácica, recobre o diafragma e se reflete sobre as estruturas que ocupam o meio do tórax. Estas duas porções são contínuas entre si no hilo e entre elas há a *cavidade pleural*, um espaço potencial preenchido por cerca de 20 ml de líquido claro.

As pleuras direita e esquerda são inteiramente separadas uma da outra pelas estruturas mediastínicas.

**Reflexões pleurais.** A pleura estende-se acima da clavícula até o pescoço, onde é vulnerável a feridas perfurantes. Portanto, pode haver a formação de um pneumotórax se uma vítima for apunhalada acima da clavícula. Nesta região, o limite superior da cavidade pleural é formado pela *membrana*

*suprapleural*, uma meia-tenda de membrana suspensa entre o processo transverso de C<sub>7</sub> e a face interna da 1ª costela.

Lembre-se de 2, 4, 6, 8 e 12. A partir de cerca de 2 cm acima da clavícula, a linha de reflexão pleural passa atrás da articulação esternoclavicular e quase encontra a reflexão do outro lado, atrás do ângulo esternal, em nível da 2ª cartilagem costal, depois desce até a altura da 4ª cartilagem costal onde a linha esquerda segue lateralmente para formar a incisura cardíaca e o recesso costomediastinal, mas a pleura direita continua para baixo até a 6ª cartilagem costal. As linhas então seguem oblíqua e lateralmente ao longo da 6ª cartilagem, cruzando a 8ª costela na linha medioclavicular, a 10ª costela na linha axilar média e a 12ª costela na linha escapular média.

Em dois locais, a reflexão pleural está abaixo da margem costal: na região costosternal direita (não a esquerda, devido ao coração) e entre a 12ª costela e a coluna vertebral, bilateralmente. Nesses locais, as incisões abdominais podem atingir a cavidade pleural.

O recesso inferior da cavidade pleural, entre as costelas e o diafragma, é o *recesso costofrênico*. Este, um de cada lado, se localiza atrás do pólo superior do rim. As extremidades inferiores dos recessos costofrênicos não são ocupadas por tecido pulmonar, exceto durante a inspiração profunda máxima. No recesso costofrênico, a pleura costal e a pleura diafragmática estão em contato.

As reflexões dos pulmões são similares as das pleuras, exceto pelo fato de o tecido pulmonar não se estender muito além do nível de T<sub>10</sub>, e evidentemente a extensão dos pulmões varia durante a inspiração e a expiração.

**Vasos e nervos.** A pleura parietal deriva seu suprimento sanguíneo de *artérias somáticas – intercostais, torácicas internas e musculofrênicas*. Suas veias unem-se às veias sistêmicas na parede torácica. Os linfáticos da pleura parietal também se unem àqueles da parede torácica, drenando para os *linfonodos intercostais, paraesternais, mediastinais e diafragmáticos*. O suprimento nervoso é originário de fontes espinhais *nervos intercostais e frênicos*.

A pleura visceral, que é parte integrante do pulmão, possui uma neurovasculatura de natureza efetivamente visceral. Seu suprimento vascular provém dos *vasos bronquiais*; os linfáticos da pleura parietal unem-se àqueles do pulmão. O suprimento nervoso é autônomo, oriundo do plexo pulmonar, e alcança a pleura ao longo dos vasos bronquiais.

As diferenças de inervação entre as pleuras visceral e parietal explicam as diferenças de sensibilidade entre essas partes. Enquanto estímulos táteis e térmicos na pleura parietal provocam dor intensa, esses estímulos não são tão eficientes quando aplicados à pleura visceral. A irritação da pleura costal resulta em dor referida

na parede torácica ou abdominal ao longo dos nervos intercostais. A irritação da pleura diafragmática causa dor referida na base do pescoço e ombro, isto é, na área da pele suprida pelos mesmos segmentos espinhais do nervo frênico.

## PEQUENA CIRCULAÇÃO

O *tronco pulmonar*, as *artérias* e as *veias pulmonares* constituem a *pequena circulação*. Recebem este nome devido ao seu trajeto de 15 a 20 cm, curto em relação à circulação sistêmica. A pequena circulação forma o suprimento funcional dos pulmões, pois servem para conduzir o sangue oxigenado na hematose.

O ventrículo direito bombeia para o tronco pulmonar o sangue venoso drenado pelas cavas. O tronco pulmonar é um vaso curto e grosso que se origina do cone do ventrículo direito e se divide em *artérias pulmonares direita* e *esquerda* logo abaixo do arco da aorta. Por seu turno, as artérias pulmonares dividem-se de modo dicotômico ao longo do seu trajeto, diminuindo paulatinamente de diâmetro até formar arteríolas e, em nível das paredes alveolares, os *capilares pulmonares*.

Os capilares pulmonares formam redes densas, as quais se fundem para originar uma veia para cada lóbulo pulmonar. Essas veias se unem sucessivamente para formar um único tronco venoso para cada lobo, três para o pulmão direito e dois para o esquerdo. A *veia do lobo médio* do *pulmão direito* une-se comumente com a do lobo superior, de modo que dois troncos saem de cada pulmão. Cada tronco venoso perfura a camada fibrosa do pericárdio e desembocam na parte posterossuperior do átrio esquerdo. Assim, as veias pulmonares conduzem sangue oxigenado nos capilares dos alvéolos de volta ao coração.

---

## M I C R O A N A T O M I A

---

### TÚNICAS AERÍFERAS

#### MUCOSA

No APRE, predomina o *epitélio respiratório*, ou seja, epitélio ciliado pseudo-estratificado colunar contendo células caliciformes.

O epitélio dos brônquios e bronquíolos intrapulmonares assemelha-se àquele da traqueia e brônquios extrapulmonares. Nas passagens intra-pulmonares maiores, ele é pseudo-estratificado e amplamente ciliado. Nos bronquíolos terminais e respiratórios, ele é uma lâmina única composta de células cubóides baixas, muitas não ciliadas. O epitélio dos brônquios e bronquíolos menores é dobrado em cristas longitudinais conspícuas que permitem mudanças no diâmetro luminal.

**Células.** Diversos tipos celulares têm sido descritos no epitélio respiratório:

- *Células ciliadas*, as mais comuns, contendo cílios com projeções apicais semelhantes a garras. Os cílios estão mergulhados em um líquido de baixa viscosidade produzido pelas células serosas. Acima disto encontram-se flocos e gotículas de muco mais viscoso provenientes das células caliciformes e das células exócrinas das glândulas mucosas bronquiais; somente as pontas dos cílios fazem contato com este muco, que eles agarram e empurram em direção da laringe. Entre as células ciliadas estão várias células não ciliadas, descritas a seguir.
- *Células serosas*, existentes nas glândulas traqueobrônquicas, produtoras de líquido circunciliar de baixa viscosidade.
- *Células caliciformes*, distendidas por grânulos de muco, secretados na superfície mucosa; correspondem a menos que 1% das células mucosas aeríferas.
- *Células claras*, típicas dos bronquíolos terminais, com grânulos citoplasmáticos secretores de surfactante.
- *Células em escova*, mais comuns na traqueia, com margem luminal dotada de microvilos evidentes. Numerosas vesículas pinocíticas próximas das bases dos microvilos sugerem uma especialização para absorção. Algumas células em escova funcionam como receptores para tosse.
- *Células bronquiais de Kulchitsky* ou *células argentafins*, o tipo mais raro, contêm grânulos citoplasmáticos secretores, e descarregam seus conteúdos em resposta à hipóxia. As *células bronquiais* são semelhantes às células D do sistema gastroenteropancreático que armazenam e secretam aminas, fazendo, assim, parte do sistema Amine Precursor Uptake Decarboxylation (APUD). As células argentafins estão relacionadas com a regulação do crescimento dos lóbulos.
- *Células basilares*, indiferenciadas, que se dividem para substituir outros tipos epiteliais.

- *Mastócitos e linfócitos T* derivados da circulação e que se originam do tecido linfático da mucosa; relacionam-se com a defesa do epitélio e com a destruição de células danificadas por bioagentes patogênicos.

## TECIDO CONECTIVO E MUSCULATURA LISA

O epitélio dos brônquios e bronquíolos repousa sobre uma lâmina própria na qual amplas faixas longitudinais de elastina seguem o curso da árvore bronquial, ramificando-se nas bifurcações e, finalmente, reunindo-se às redes de elastina dos espaços respiratórios. Esse arcabouço elástico é um elemento mecânico vital, responsável por importante parcela da retração pulmonar que ocorre durante a expiração.

Na traqueia e brônquios maiores, os miócitos lisos estão presentes na membrana que fecha a parte posterior incompleta das cartilagens hialinas. Ao longo de toda a árvore bronquial intrapulmonar, existem dois tratos helicoidais opostos que vão se tornando mais finos distalmente até desaparecerem nos alvéolos. Estes miócitos estão sob controle nervoso e hormonal e estreitam a passagem aerífera, com seu relaxamento permitindo a broncodilatação.

## NARIZ

O nariz é revestido externamente por pele e internamente por mucosa.

**Pele.** A pele reveste o vestíbulo e a parte externa da pirâmide nasal. Sobre essa última, é fina e frouxamente ligada às estruturas subjacentes. No ápice, ela é mais espessa e aderente e possui numerosas glândulas sebáceas grandes, seus orifícios sendo evidentes.

**Mucosa.** A mucosa reveste as fossas nasais, exceto os vestíbulos. É mais espessa e vascular sobre as conchas e no septo, mas é fina nos meatos, no assoalho e nos seios paranasais. Cada fossa nasal possui três regiões, de acordo com o tipo de mucosa que a reveste: (1) *região vestibular*, ou simplesmente *vestíbulo*, é uma ligeira dilatação imediatamente dentro das narinas, limitada lateralmente pela asa nasal. O vestíbulo é revestido por pele e por pelos grossos, as *vibrissas*; (2) *região olfatória*, limitada à concha nasal superior e ao septo oposto e ao teto interposto, e (3) *região respiratória*, o resto da cavidade nasal.

Abaixo do epitélio respiratório está uma membrana fibrosa repleta de tecido linfoide difuso rico em linfócitos, sob o qual está uma lâmina contínua de glândulas, com seus ductos atravessando a lâmina linfoide até a superfície.

**Epitélio olfatório.** Este epitélio é do tipo sensorial, com três tipos principais de células:

- *Células olfatórias:* estas células são neurônios bipolares orientados verticalmente no epitélio, cujo pólo cranial emite um axônio que se junta com outros semelhantes emitidos por células olfatórias vizinhas, formando *fascículos olfatórios* envoltos por células de *Schwann*. Tais fascículos penetram no bulbo olfatório para fazer sinapse com neurônios sensitivos secundários, as *células mitrais*. O pólo inferior ou apical de cada célula olfatória emite um único dendrito sem ramificações que se estende até a superfície da mucosa nasal, expandindo-se em uma terminação bulbosa dotada de numerosos cílios olfatórios que se projetam em uma camada de líquido, sobre o epitélio, produzida pelas *glândulas olfatórias*. Cerca de 1% das células olfatórias são perdidas por ano. O epitélio olfatório perdido pode, então, ser substituído por epitélio respiratório adjacente. Essas mudanças acompanham uma perda gradual do sentido olfatório.
- *Sustentócitos:* são células colunares que separam e parcialmente envolvem as células olfatórias, tendo, assim, função de reforço epitelial.
- *Células basilares:* estas células são *neuroblastos embrionários* com grande capacidade mitótica, estando localizadas na parte mais profunda do epitélio. As células basilares formam continuamente novas células olfatórias que, em seguida, migram para a superfície do epitélio. Essa renovação é exigida pela posição exposta das terminações olfatórias e sua susceptibilidade para sofrer danos por agentes nocivos inalados. Essa habilidade de regenerar neurônios é única no sistema nervoso dos mamíferos.

## SEIOS PARANASAIS

A mucosa dos seios paranasais é do tipo respiratório, mas com poucas glândulas e células caliciformes. O muco é drenado para as fossas nasais. Ao contrário do nariz, o epitélio dos seios paranasais é estéril, fino e intimamente aplicado ao periósteo para formar um *mucoperiósteo*.



## LARINGE

### MUCOSA

Na face anterior da epiglote e na sua metade superoposterior, nas partes superiores das pregas ariepiglóticas e nas pregas vocais, o epitélio é escamoso estratificado. Em outra parte na laringe, a mucosa é do tipo respiratório.

A mucosa da laringe possui numerosas glândulas, especialmente sobre a epiglote, onde escavam a cartilagem, e ao longo das margens das pregas ariepiglóticas. As glândulas do sáculo secretam sobre as pregas vocais durante a fonação. As margens dessas pregas são destituídas de glândulas, com seu epitélio estratificado sendo, assim, vulnerável ao ressecamento e requerendo as secreções das glândulas vizinhas. A rouquidão devida à fala em excesso é causada pela deficiência temporária parcial desta secreção. A microscopia eletrônica demonstra microvilos e micropregas sobre as células epiteliais superficiais das pregas vocais e em outras partes da laringe, características comuns a outros epitélios sujeitos ao ressecamento. As micropregas são consideradas como auxiliares na retenção das secreções superficiais.

### CARTILAGENS

As cartilagens corniculadas, cuneiformes e epiglote e os ápices das aritenóides são compostas de *fibrocartilagem elástica*. As cartilagens tireoide, cricoide e a maior parte das aritenóideas são constituídas de *cartilagem hialina*.

## TRAQUEIA E BRÔNQUIOS

### MUCOSA

A mucosa traqueobrônquica é do tipo respiratório. Profundamente a ela encontra-se uma submucosa de tecido conectivo frouxo contendo vasos sanguíneos, nervos e nódulos linfóides, além de glândulas seromucosas que desembocam na luz, as *glândulas traqueobrônquicas*. Externamente à submucosa estão o pericôndrio e a membrana fibrosa.

Os brônquios têm o mesmo epitélio traqueal, sendo a sua parede rica em fibras elásticas, acúmulos de linfócitos e músculo liso.

Os bronquíolos não têm cartilagens, glândulas, nódulos linfáticos ou células caliciformes, mas sua mucosa e musculatura são ricas em fibras elásticas. A sua musculatura é relativamente mais desenvolvida do que a brônquica. Os

bronquíolos terminais são semelhantes aos bronquíolos, porém com paredes mais finas. Os bronquíolos respiratórios são bronquíolos terminais cujas paredes apresentam alvéolos. Os ductos alveolares são canais tortuosos cujas paredes são completamente formadas de alvéolos.

## CARTILAGENS

A traqueia e os brônquios extrapulmonares têm certa flexibilidade devido à presença de um arcabouço de anéis incompletos de cartilagem hialina unidas por tecido fibroso e músculo liso e revestidos por mucosa.

As cartilagens traqueais variam de 16 a 20, cada uma sendo um anel imperfeito em forma de C fechando os dois terços anteriores da circunferência traqueal. Atrás, onde eles são deficientes, o tubo é achatado e é completado por tecido fibroelástico e músculo liso. As cartilagens são empilhadas horizontalmente, separadas por intervalos estreitos.

Cada cartilagem é envolvida por *pericôndrio*, contínuo com uma densa membrana fibrosa entre as cartilagens adjacentes (*ligamentos anulares*) e que também ocupa o dorso da traqueia. Fibras musculares lisas aparecem posteriormente na membrana. A maioria destas fibras é transversal, sendo inseridas no pericôndrio, nas extremidades das cartilagens e formando uma lâmina transversal entre elas. A contração conseqüentemente altera a área de secção transversal da traqueia e brônquios. O músculo liso nos brônquios intrapulmonares não está inserido nas cartilagens e, onde estas começam a desaparecer, isto é, nos brônquios menores, a contração pode realmente obliterar o lúmen.

## DIVISÕES TRAQUEOBRÔNQUICAS

A traqueia se divide, formando brônquios, na seguinte ordem: *I: brônquio principal* – um para cada pulmão, *II: lobar* – três para o direito e dois para o esquerdo, *III: segmentar* – dez para o direito e nove para o esquerdo, *IV e V: subsegmentar grande*, *VI-XV: subsegmentar pequeno*; *XVI-XIX: bronquíolos e bronquíolos terminais*.

Os brônquios subsegmentares pequenos perdem as cartilagens e passam a se chamar *bronquíolos*. O *bronquíolo lobular* penetra em um lóbulo pulmonar onde se ramifica, formando os *bronquíolos terminais*. Os bronquíolos terminais se dividem sucessivamente em bronquíolos respiratórios, ductos alveolares e alvéolos. Todas as divisões das vias aéreas são do *tipo dicotômico*.

## PULMÕES E PLEURAS

### LÓBULOS

O *tecido conjuntivo subpleural* reveste toda a face pulmonar e estende-se ao longo dos tubos de condução e vasos sanguíneos do hilo para, finalmente, delinear numerosos pequenos *lóbulos pulmonares*. Cada um destes é uma pequena massa poliédrica que recebe um bronquíolo lobular e os ramos terminais das arteríolas, vênulas, linfáticos e nervos.

Os lóbulos variam de tamanho, com os *lóbulos externos* sendo maiores e piramidais, suas bases sendo visíveis como áreas poligonais de aproximadamente 5 a 15 mm de lado a lado na superfície do pulmão, separados por finas lâminas de tecido conjuntivo; nos adultos, estas lâminas acumulam partículas de carvão, o que lhes confere um coloração escurecida. Os *lóbulos internos* são menores e variam de tamanho. Em estrutura, o pulmão pode ser considerado como uma glândula lobulada composta de lóbulos para as trocas respiratórias e ductos extralobulares para a ventilação.

**Unidade respiratória pulmonar.** Esta unidade é um conjunto funcional formado por um *bronquíolo respiratório* e seus *ductos alveolares* e *alvéolos* associados. Por definição, cada unidade respiratória pulmonar corresponde a um *ácino pulmonar*. Considerando que um lóbulo apresenta 5 a 7 bronquíolos terminais e que cada bronquíolo terminal origina 1 a 3 bronquíolos respiratórios, deduz-se que cada lóbulo apresenta entre 5 a 21 unidades respiratórias pulmonares.

As paredes alveolares são extremamente finas, mas contêm uma rede densa de capilares interconectados. Por conseguinte, é óbvio que os gases alveolares estão muito próximos do sangue contido nos capilares. Como consequência, as trocas gasosas entre o ar alveolar e o sangue pulmonar ocorrem através das membranas de todas as porções dos ácinos, e não apenas nos próprios alvéolos. Essas membranas são coletivamente referidas como *membra-na respiratória* ou *membrana pulmonar*.

### ALVÉOLOS

Os alvéolos são pequenas bolsas de cerca de 0,2 mm de diâmetro, semelhantes a favos, abertas em um lado.

São os alvéolos que conferem ao pulmão sua textura esponjosa. Suas paredes são muito delgadas e formadas por um epitélio ligado a capilares; o oxigênio se difunde do ar para o sangue através dos alvéolos.

Os pulmões têm cerca de 300 milhões de alvéolos, o que lhe conferem uma imensa superfície, em torno de  $126 \pm 12 \text{ m}^2$ , dentro de um pequeno espaço. Isso corresponde a uma área 50 a 60 vezes maior do que a da pele. Se todos os alvéolos fossem planificados e colocados um ao lado do outro, alcançariam a área de uma quadra de tênis.

Visto que as lâminas basais do epitélio alveolar e dos capilares subjacentes podem se fundir e medir somente  $0,1 \mu\text{m}$  e o epitélio capilar cerca de  $0,05 \mu\text{m}$ , a barreira total para a difusão entre o ar e o sangue pode ser tão pequena quanto  $0,2 \mu\text{m}$ . Entretanto, no homem, a espessura média da barreira é de  $2,2 \mu\text{m}$ , excedendo em muito a espessura em outros mamíferos. Essa maior espessura é inexplicada, mas acredita-se que o pulmão humano, maior, necessitaria de mais tecido fibroso para suportar o peso do seu sangue. Essa não pode ser a única explicação, pois a barreira é muito mais fina nos pulmões ainda maiores dos bovinos e equinos. Talvez o bipedismo seja um fator nesse fenômeno.

**Pneumócitos.** O epitélio alveolar é um mosaico de pelo menos dois tipos de células: *pneumócito tipo I* e *pneumócitos tipo II*.

*Pneumócitos tipo I.* Constituindo mais de 90% da área dos alvéolos estão os pneumócitos tipo I, células escamosas simples semelhantes a células endoteliais, possuindo um citoplasma altamente atenuado com cerca de  $0,05$  a  $0,2 \mu\text{m}$  de largura, estendendo-se de uma região perinuclear mais espessa. A espessura do cito-plasma do pneumócito tipo I facilita a difusão gasosa entre o lúmen do alvéolo e seus capilares.

As margens dos pneumócitos I vizinhos se sobrepõem, limitadas por junções oclusivas não-vazantes. A ausência de difusão entre as junções intercelulares é uma característica vital que, juntamente com a ação semelhante de barreira executada pelo endotélio dos capilares pulmonares subjacentes, limita o movimento de líquido do sangue e dos espaços intercelulares para dentro do lúmen do alvéolo, formando a *barreira hematoaérea*.

As células do tipo I não se proliferam. Se danificadas, elas são substituídas pela multiplicação de células primitivas do tipo II.

*Pneumócitos tipo II.* Estas células são muito menos numerosos do que os do tipo I, mas são mais volumosos e formam cerca de 3% da superfície alveolar total. Os pneumócitos tipo II se projetam no lúmen alveolar. Suas superfícies livres são cobertas por numerosos microvilos curtos e seu citoplasma contém

grânulos secretores de *surfactante* – uma substância composta de proteínas, dipalmitoilfosfatidilcolina e colesterol.

Embora primariamente secretoras de surfactante, as células do tipo II podem ser fagocíticas. As células do tipo II respondem à lesão por proliferação rápida e podem substituir as células danificadas do tipo I.

**Macrófagos alveolares.** Dentro dos alvéolos, as *células de poeira* são frequentes, correspondendo a macrófagos com partículas de carvão fagocitadas. Essas células migram do tecido conectivo para a superfície alveolar e pertencem ao sistema dos fagócitos mononucleares. Tais fagócitos podem limpar dos espaços respiratórios partículas inaladas, migrando de volta para os canais linfáticos ou movendo-se para a parte inferior da árvore bronquial para serem removidos pela corrente do mecanismo mucociliar.

**Endoteliócitos pulmonares.** A morfologia das células endoteliais dos capilares pulmonares segue o padrão típico das células endoteliais de um capilar contínuo presente em outras partes do corpo.

Além de uma função respiratória, as células endoteliais pulmonares possuem outras atividades. Elas podem remover êmbolos e coágulos, ajudar no metabolismo dos quilomícrons, converter angiotensina I em II, produzir tromboplastina, processar hormônios e pró-hormônios que chegam através da circulação, sintetizar prostaglandinas, desativar a serotonina e realizar uma gama de outras atividades metabólicas.

## PLEURAS

Cada pleura é constituída de uma lâmina de células mesoteliais achatadas que se apóiam sobre uma lâmina basal, abaixo da qual estão redes de fibras elásticas e colágenas incluídas na substância fundamental, a qual contém fibroblastos, macrófagos e outras células típicas do tecido conectivo. As lâminas profundas do tecido fibroso são contínuas com o tecido em torno dos lóbulos pulmonares.

As superfícies de células mesoteliais adjacentes se interdigitam e são unidas por desmossomas. Suas superfícies luminiais possuem microvilos e numerosos cílios.

---

## FISILOGIA

---

### VENTILAÇÃO

#### MÚSCULOS E OSSOS DA CAIXA TORÁCICA

A função primordial da caixa torácica é a respiração. A proteção fornecida é fortuita, mas muitos músculos estão inseridos nela, nem todos relacionados com a respiração, embora possam ajudá-la. Os músculos do braço (especialmente os que agem na cintura escapular e no úmero), parede abdominal e coluna espinal possuem inserções torácicas muito difundidas.

A respiração no repouso ocorre quase totalmente pela movimentação do diafragma. Durante a inspiração, a contração do diafragma traciona para baixo a superfície inferior dos pulmões; em seguida, durante a expiração, o diafragma se relaxa, e a retração elástica dos pulmões, da parede torácica e das estruturas abdominais comprime os pulmões. Durante a respiração intensa, as forças elásticas não são potentes o suficiente para produzirem a expiração rápida necessária, e a força adicional é obtida pela contração dos músculos abdominais, que empurram o conteúdo abdominal para cima, contra a base do diafragma.

Outro mecanismo da inspiração consiste na elevação da caixa torácica. Isso expande os pulmões, visto que, em sua posição natural de repouso, as costelas inclinam-se para baixo, permitindo que o esterno fique mais recuado, próximo à coluna vertebral. Quando a caixa torácica é elevada, as costelas projetam-se para frente, deslocando igualmente o esterno de modo a afastá-lo da coluna vertebral, fazendo com que a espessura ântero-posterior do tórax seja 20% aumentada na inspiração máxima. Por conseguinte, todos os músculos que elevam a caixa torácica são classificados como *músculos inspiratórios*, enquanto os músculos que deprimem a caixa torácica são classificados como *músculos expiratórios*.

Os músculos mais importantes que elevam a caixa torácica são os *intercostais externos*; entretanto, outros músculos também participam, incluindo os *escalenos*, que elevam as duas primeiras costelas, os *esternocleidomastóideos*, que elevam o esterno, e o *serráteis anteriores*, que elevam as oito primeiras costelas.

Os principais músculos expiratórios são (1) os *retos abdominais*, que exercem o efeito potente de puxar para baixo as costelas inferiores e, ao mesmo tempo, empurrar o conteúdo abdominal para cima, em direção ao diafragma, e (2) os *intercostais internos*.

As costelas, durante a expiração, formam ângulo para baixo, enquanto os músculos intercostais externos estão alongados para frente e para baixo. Quando esses músculos se contraem, puxam as costelas superiores para cima em relação às costelas inferiores, produzindo efeito de alavanca sobre as costelas para que elas se elevem, causando assim a inspiração. Os músculos intercostais internos atuam de maneira exatamente oposta, funcionando como músculos expiratórios.

Para que o ar seja inspirado em quantidade e velocidade adequada, a caixa torácica e os músculos inspiratórios têm de executar um verdadeiro *trabalho inspiratório*, ou seja, gerar uma força de expansão que supere as forças elásticas e teciduais dos pulmões e do tórax e a resistência das vias aéreas.

O esqueleto torácico tem função protetora. Ele é formado por ossos flexíveis e resistentes, capazes de absorver, dissipar e rechaçar impactos mecânicos lesivos.

## PLEURAS

Não há qualquer ponto de fixação entre os pulmões e a caixa torácica. Com efeito, o pulmão literalmente flutua dentro da cavidade torácica, circundado por uma fina película de líquido pleural que lubrifica os movimentos dos pulmões dentro da cavidade. A contínua drenagem do líquido pleural pelos canais linfáticos mantém ligeiro grau de sucção entre a superfície visceral e parietal da pleura. Por conseguinte, os pulmões aderem à parede torácica como se estivessem colados a ela, mas podem deslizar livremente, bem lubrificados, quando a caixa torácica se expande.

A pressão subatmosférica do espaço pleural garante a expansão e impede o colapamento espontâneo do pulmão determinado pela retração natural de suas fibras elásticas. A expansão desencadeada pela contração dos músculos respiratórios traciona a pleura parietal aderida à superfície interna da parede torácica, causando um aumento do volume do espaço pleural. Como esse espaço é completamente fechado, sua pressão diminui de modo que pleura visceral, e o pulmão aderido a ela, é aspirada delicada e homoganeamente para junto da pleura parietal e caixa torácica expandida, reestabelecendo a pressão de repouso do espaço pleural.

A pressão pleural de repouso, no início da inspiração, é de cerca de - 5 cm de água, que é a quantidade de sucção necessária para manter os pulmões abertos em repouso. Durante a inspiração normal, a expansão da caixa torácica puxa os pulmões com força ainda maior e cria pressão ainda mais negativa, de cerca de -7,5 cm de água. Na expiração ocorre o relaxamento da musculatura respiratória e a redução elástica dos pulmões, possibilitando a retração do

tronco para a posição de repouso. O colapso total do pulmão é impedido pelo equilíbrio dinâmico entre inércia do tórax relaxado e a elasticidade retrátil do pulmão, pelas mesmas variações de pressão do espaço pleural descritas acima.

Durante a inspiração, o movimento pleural reduz a pressão alveolar para -1 cm de água, o que é suficiente para determinar a entrada de 0,5 litro de ar nos pulmões nos 2 a 4 segundos necessários para a inspiração normal em repouso. Durante a expiração, ocorrem alterações opostas: a pressão alveolar aumenta para cerca de +1 cm de água, o que determina a saída de 0,5 litro de ar inspirado dos pulmões durante os 2 a 4 segundos de expiração.

## SURFACTANTE PULMONAR

A *pressão transpulmonar* ou *de retração* resulta da diferença entre a pressão do espaço pleural e dos alvéolos. Corresponde a forças elásticas que tendem a produzir colapso dos pulmões a cada momento da respiração. A *complacência* total de ambos os pulmões é de cerca de 200 ml de ar/cm de água de pressão transpulmonar; isto é, toda vez que a pressão transpulmonar aumenta em 1 cm de água, o volume pulmonar tem expansão de 200 ml. Como os pulmões estão situados na caixa torácica, na prática a complacência que importa é a de todo o sistema respiratório (pulmão + caixa torácica), a qual oscila em torno de 110 ml de volume ar/cm de água, isto é, cerca da metade da complacência dos pulmões isolados.

A complacência é inversamente proporcional às forças elásticas dos pulmões e, assim, à pressão de colabamento. Essas forças elásticas são de dois tipos: (1) do próprio tecido pulmonar, que representa apenas 1/3 da elasticidade pulmonar, e (2) da tensão superficial do líquido que reveste as paredes internas dos alvéolos, que representa 2/3 da elasticidade pulmonar total. As forças elásticas dos pulmões aumentam acentuadamente quando a substância denominada surfactante não está presente no líquido alveolar.

A *surfactante* é uma mistura complexa de fosfolipídios, proteínas e íons produzida pelos pneumócitos II. É composta de cinco camadas, cada uma delas representando um estágio na transformação de corpos multilamelares. Os macrófagos alveolares removem o surfactante degradado, deixando algumas áreas destituídas desta cobertura até que ela seja substituída por uma secreção ulterior; a carência localizada da surfactante é parte do ciclo normal de secreção e degradação.

A surfactante espalha-se pela superfície da película de água que reveste os alvéolos. Isso ocorre porque uma porção da molécula de fosfolipídio é hidrofílica e se dissolve na água, enquanto a porção lipídica é hidrofóbica e,



portanto, orienta-se em direção ao ar alveolar; essa disposição reduz a tensão superficial dos pneumócitos I, o que permite o enchimento dos alvéolos com mais facilidade, reduzindo o esforço muscular na inspiração.

## PROCESSAMENTO DO AR INSPIRADO

Os problemas associados com a proteção e manutenção do trato respiratório são numerosos. Uma área exposta de tal envergadura é vulnerável à dessecação, invasão de micróbios e aos efeitos mecânicos e químicos das partículas inaladas.

O processamento da inspiração é tão eficaz que o ar que chega ao alvéolo adquire condições ideais para a hematose: limpeza, aquecimento e umidade. Assim, pode-se dizer que a porção de ar mais benéfica do planeta circula no pulmão!

**Filtração, umidificação e aquecimento.** Na entrada do nariz, as vibrissas retêm mecanicamente as partículas mais grosseiras. O ar que passa pelas vias nasais forma mini-redemoinhos ao se chocar contra diversos obstáculos: septo nasal e parede da faringe e, sobretudo, os cornetos nasais. Essa colisão faz com que o ar nasal seja umidificado e aquecido. Normalmente, a temperatura do ar inspirado eleva-se 0,6 °C em relação à corporal e em 2% de saturação total com vapor d'água antes de chegar à traqueia.

**Precipitação turbulenta e depuração gravitacional.** Mais importante que a ação filtradora das vibrissas é a remoção de corpúsculos por *precipitação turbulenta*, ou seja, partículas suspensas nos redemoinhos, mais pesadas do que o ar, não podem mudar abruptamente a direção de seu percurso. Por isso colidem com as superfícies dos obstáculos e são aprisionadas na camada de muco e transportadas pelos cílios em direção à faringe para serem deglutidas. A precipitação turbulenta é tão eficaz que nenhuma partícula com diâmetro  $\geq 6 \mu\text{m}$  chega aos pulmões passando pelo nariz. Esse tamanho é menor que o tamanho do eritrócito.

As partículas com diâmetro entre 1 e 5  $\mu\text{m}$  depositam-se nos bronquíolos menores por *precipitação gravitacional*. Partículas com diâmetro menor que 1  $\mu\text{m}$  difundem-se contra as paredes dos alvéolos e aderem ao líquido alveolar. Muitas partículas com diâmetro  $< 0,5 \mu\text{m}$  permanecem em suspensão no ar alveolar, sendo posteriormente expelidas com a expiração. É o que acontece, por exemplo, com partículas presentes da fumaça do cigarro, que têm diâmetro de cerca de 0,3  $\mu\text{m}$ .

**Depuração imunológica.** Na parte mais alta das fossas nasais, os turbilhões de ar estimulam células olfativas para a percepção do cheiro. Este é um mecanismo de defesa, uma vez que o ar com odor desagradável tende a ser nocivo e, assim, a ser expelido. Ultrapassando as coanas, o ar é conduzido para um circuito imunitário na faringe denominado *anel de Waldeyer*, formado pelas tonsilas faríngeas, palatinas e linguais. Essas tonsilas possuem linfócitos que fagocitam avidamente corpúsculos nocivos que escapam da depuração inicial do nariz, provendo asseio adicional.

Os numerosos nódulos linfáticos brônquicos fornecem focos para a produção de linfócitos e dão proteção imunológica local contra a infecção, tanto por meio das atividades mediadas pelas células T quanto pela produção de imunoglobulinas, principalmente IgA, a partir das células B, para serem passadas às células glandulares para a secreção na superfície epitelial.

As partículas que escapam a todos os mecanismos depuradores alcançam os alvéolos e são removidas pelos macrófagos alveolares, enquanto outras são levadas pelos linfáticos pulmonares.

**Proteção glandular.** As secreções das diversas glândulas da árvore bronquial ajudam a impedir a dessecação da mucosa respiratória. Além das mucossubstâncias secretadas pelas glândulas traqueobrônquicas, substâncias antibacterianas e antivirais também aparecem no líquido secretado, como, por exemplo, lisozima, IgA e interferon.

**Mecanismo mucociliar.** Este mecanismo é um dos mais eficientes protetores do trato respiratório. Embora presente em toda a árvore respiratória, o mecanismo mucociliar começa a atuar principalmente quando o ar ultrapassa a faringe. As glândulas e as células caliciformes da árvore respiratória produzem uma secreção mucosa que umidifica as paredes respiratórias. A secreção forma um tubo pegajoso contínuo, que é levado para cima, pelo batimento ciliar.

Os cílios do epitélio respiratório movimentam-se continuamente, em chitocadas, com uma frequência de cerca de 20 vezes/segundo, sempre na direção da faringe. Isto é, nos pulmões os cílios batem para cima, enquanto no nariz, para baixo. Esse batimento faz com que a camada de muco se desloque lentamente, com velocidade de cerca de 1 cm/minuto, em direção à faringe. A seguir, o muco e suas partículas aprisionadas são eliminados através da tosse, espirro, deglutição ou remoção manual.

## VENTILAÇÃO ALVEOLAR

O objetivo final dos movimentos inspiratórios é renovar o ar nas zonas de trocas gasosas dos pulmões, onde o ar fica próximo do sangue alveolar para que ocorra a hematose. Essas zonas incluem os alvéolos, sacos e ductos alveolares e bronquíolos respiratórios. A intensidade com que o ar fresco alcança essas áreas é denominada *ventilação alveolar*. A ventilação alveolar é um dos principais fatores que determinam as concentrações de oxigênio e dióxido de carbono nos alvéolos.

**Espaço morto.** Parte do ar inspirado não alcança as áreas onde ocorrem as trocas gasosas, preenchendo, apenas, as vias aéreas onde não ocorrem trocas, como nariz, faringe e traqueia. Esse ar é denominado *ar do espaço morto*, visto que é inútil para o processo das trocas gasosas. Para um volume corrente normal de 500 ml, um espaço morto normal de 150 ml e uma frequência respiratória de 12 incursões/minuto, a ventilação alveolar pode ser calculada, ficando em torno de 4,2 litros/minuto.

## EXPIRAÇÃO

A expiração é mais simples do que a inspiração porque o ar é simplesmente expelido, sem necessidade de processamento.

Na maioria das vezes, a expiração é passiva, pois dispensa esforço físico e se dá pela reversão do gradiente de pressão entre os pulmões e atmosfera, até que o sistema atinja um equilíbrio. Na expiração, ocorre mecânica oposta à inspiração, com relaxamento muscular, seguido de diminuição do volume torácico, aumento da pressão nas vias aéreas e expulsão do gás rico em dióxido de carbono.

**Tosse.** A tosse é um poderoso agente expiratório. É o “cão de guarda” do pulmão. A tosse é provocada por estímulo mecânico ou químico nas vias aéreas, desencadeando impulsos nervosos que passam até o bulbo, pelos nervos vagos. No bulbo, uma sequência automática de eventos é deflagrada acarretando os efeitos seguintes.

Em primeiro lugar, em torno de 2,5 litros de ar são rapidamente inspirados. Em segundo lugar, a epiglote se fecha e as cordas vocais aduzem-se firmemente, para aprisionar o ar no interior dos pulmões. A seguir, os músculos abdominais e outros músculos expiratórios, como os intercostais internos, se contraem vigorosamente, exercendo pressão contra o diafragma. Como consequência, a pressão nos pulmões frequentemente eleva-se acima de 100 mmHg. Em quarto lugar, as cordas vocais e a epiglote abrem-se subitamente,

de modo que o ar retido sob essa elevada pressão é explosivamente expelido, em uma velocidade que pode chegar a 160 quilômetros/hora. A forte compressão dos pulmões provoca o colapso dos brônquios e da traqueia, produzindo invaginação das partes não-cartilaginosas de modo que o ar, movendo-se com força arrasadora, passa, de fato, através de fendas brônquicas e traqueais. O ar em rápido movimento arrasta consigo qualquer material estranho que esteja na árvore respiratória.

O *reflexo do espirro* é desencadeado por uma série de reações semelhantes às da tosse, exceto que a úvula se abaixa, permitindo que o ar passe rapidamente pelo nariz, e não pela boca, ajudando a remover qualquer matéria estranha das vias nasais.

**Dispêndio de energia durante a ventilação.** Durante a respiração em repouso, praticamente nenhum trabalho muscular é executado durante a expiração, visto que ela resulta da retração espontânea tóraco-pulmonar. Entretanto, durante a respiração intensa, ou quando a resistência das vias aéreas e/ou dos tecidos são grandes, ocorre trabalho expiratório ativo pela contração dos músculos expiratórios, que, algumas vezes, fica ainda maior do que o trabalho inspiratório.

Durante a respiração normal em repouso, apenas 3 a 5% da energia total consumida pelo corpo são necessários para a ventilação; entretanto, durante exercício intenso, a quantidade de energia pode aumentar até 50 vezes.

## REGULAÇÃO DA VENTILAÇÃO

O controle da ventilação é feito por ajustes do volume de ar corrente e da frequência respiratória. Isso é feito de modo preciso por (1) *centros respiratórios*, (2) *quimiorreceptores* sensíveis a variações de oxigênio e dióxido de carbono no sangue, (3) *mecanorreceptores* sensíveis a estiramento dos músculos respiratórios, vias aéreas, pulmões e vasos pulmonares e (4) por *nervos espinhais* que transmitem os comandos para os músculos respiratórios. Entre esses nervos destacam-se os *frênicos*, *intercostais*, *espinhal acessório* e os *cervicais inferiores*.

Os *receptores de estiramento*, localizados nas túnicas musculares dos brônquios e bronquíolos, produzem sinais neurais sensitivos que sobem pelo nervo vago para os núcleos dorsais do centro respiratório quando os pulmões se distendem muito, desligando a rampa inspiratória e interrompendo inspiração. Trata-se do *reflexo de insuflação de Hering-Breuer*, o qual forma um mecanismo protetor contra hiperinsuflação pulmonar.

O controle voluntário da respiração é mediado através do *centro respiratório*. A via nervosa envolvida passa do córtex, e também de outros centros superiores, pelo *trato corticoespinal* para os neurônios medulares que estimulam os músculos respiratórios.

**Centro respiratório.** Este centro localiza-se no *bulbo* e na *ponte*, e é composto por seis núcleos, dois pares, os *dorsais* e os *ventrais*, e dois ímpares, os *centros pneumotáxico* e o *apnêustico*.

O ritmo básico da ventilação é gerado pelos núcleos dorsais, os quais emitem potenciais de ação inspiratórios repetitivos. Esses sinais são liberados em um *mecanismo de rampa*: começam fracamente, vão aumentando de modo constante e, quando estão em intensidade máxima, cessam subitamente. Esse término desativa a excitação do diafragma e permite que retração dos pulmões e caixa torácica produzam a expiração. A seguir, outro sinal inspiratório começa novo ciclo, o qual se repete sucessivamente.

O centro pneumotáxico determina o ponto de desligamento do mecanismo de rampa inspiratória, controlando, assim, a duração da fase inspiratória.

Os neurônios dos núcleos ventrais contribuem tanto para inspiração quanto para a expiração. Esses neurônios são importantes para proporcionar sinais expiratórios para os músculos abdominais durante uma expiração forte, operando, assim, como um centro de reforço quando altos níveis de ventilação são necessários, particularmente durante o exercício.

O *centro apnêustico* retarda o desligamento da rampa respiratória, prolongando as inspirações e encurtando as expirações. Esse centro atua conjuntamente com o pneumotáxico para controlar a intensidade da inspiração.

**Regulação química.** O dióxido de carbono, e não o oxigênio ou o pH sanguíneo, é o principal elemento químico que controla a respiração. O excesso de dióxido de carbono no sangue exerce ação indireta sobre o centro respiratório, produzindo acentuada intensificação dos sinais ventilatórios para os músculos da respiração.

O oxigênio não exerce efeito significativo sobre o centro respiratório, mas atua quase que totalmente sobre os quimiorreceptores carotídeos e aórticos, os quais, por sua vez, transmitem sinais nervosos ao centro respiratório para o controle da respiração.

Após a inspiração, o ar é submetido aos processos *perusão* e *hematose*.

## PERFUSÃO

### PAPEL DA SITUAÇÃO DOS PULMÕES

Os pulmões situam-se na parte alta do corpo, permitindo que os músculos respiratórios trabalhem a favor do peso, com mínimo dispêndio de força. Devido à força gravitacional, a circulação sanguínea dirige-se especialmente para a base do pulmão.

A proximidade com o coração deixa os vasos pulmonares curtos, o que proporciona fluxo sanguíneo rápido, intenso e com gasto reduzido de energia.

### PEQUENA CIRCULAÇÃO

**Vasos funcionais e nutridores.** Do ponto de vista fisiológico, a circulação pulmonar é constituída por dois tipos de vasos, os *funcionais* e os *nutridores*. Os primeiros realizam a troca gasosa e são representados pelos *vasos pulmonares*. Estes possuem o mesmo fluxo da circulação sistêmica, mas sua pressão é de 1/10 e sua distensibilidade seis vezes maior em relação à da circulação sistêmica.

A *artéria pulmonar* é do tipo elástico e contém sangue venoso a ser oxigenado nos alvéolos. No pulmão, essa artéria se ramifica, acompanhando a árvore brônquica. Nos ductos alveolares, elas se resolvem em uma rede de capilares, cujos ramos entram em íntimo contato com o epitélio alveolar. Dos capilares, originam-se vênulas que correm pelos septos interlobulares. Após saírem dos lóbulos, as veias com sangue oxigenado acompanham a árvore brônquica até os hilos.

Os *vasos nutridores* correspondem aos *brônquicos*, mais finos que os pulmonares. As *artérias brônquicas* se originam da aorta e das intercostais superiores; formam na túnica muscular das passagens aeríferas um plexo capilar que irriga um segundo plexo mucoso que se comunica com ramos da artéria pulmonar e drena para as veias pulmonares. As artérias bronquiais suprem a parede bronquial até os bronquíolos respiratórios. Elas se anastomosam com os ramos das artérias pulmonares situados nas paredes dos brônquios menores e na pleura visceral. Tais *anastomoses broncopulmonares* podem ser numerosas nos recém-nascidos. As *veias brônquicas* não recebem todo o sangue conduzido pelas artérias brônquicas; um pouco penetra nas veias pulmonares. As artérias e veias brônquicos correm sobre a face dorsal dos brônquios extrapulmonares.

**Shunt fisiológico.** Cerca de 98% do sangue que chega ao átrio esquerdo proveniente dos pulmões passaram pelos capilares pulmonares e foram oxigenados. Outros 2% passam diretamente da aorta pela circulação brônquica para as veias pulmonares, sem exposição ao ar pulmonar. Esse fluxo sanguíneo representa o *fluxo de shunt*, ou seja, o sangue que não passou pelas áreas de troca gasosa. Esse sangue combina-se nas veias pulmonares com o sangue oxigenado proveniente dos capilares alveolares. Essa *mistura venosa de sangue* faz com que o sangue bombeado pela aorta tenha um nível de oxigênio discretamente inferior àquele que chega pelas veias pulmonares ao átrio esquerdo.

**Capilares pulmonares.** O pulmão apresenta a rede capilar mais desenvolvida do organismo. As paredes alveolares são revestidas por número tão grande de capilares que estes quase chegam a se tocar lado a lado. Por conseguinte, diz-se que o sangue capilar flui nas paredes alveolares como um *lençol*, e não em capilares individuais.

Normalmente o sangue permanece 0,75 segundos nos capilares. Como apenas 1/3 desse tempo é necessário para que o sangue se equilibre com o gás alveolar, há uma ampla margem de segurança antes que uma patologia resulte em desequilíbrio.

Os vasos sistêmicos se dilatam em resposta às baixas tensões de oxigênio, em lugar de terem constrição. Esse efeito é oposto ao que ocorre nos capilares alveolares. Quando a concentração de oxigênio nos alvéolos diminui abaixo de 70% do normal, os vasos sanguíneos adjacentes liberam uma substância vasoconstrictora desconhecida, causando um aumento da resistência vascular local. Esse processo determina o fluxo de sangue para áreas dos pulmões que estão mais bem aeradas, proporcionando um sistema de controle automático de distribuição do fluxo sanguíneo para as áreas pulmonares em proporção a seus graus de ventilação. Em outras palavras, se alguns alvéolos estiverem pouco ventilados, de modo que sua concentração de oxigênio for baixa, os vasos locais sofrem constrição.

**Zonas de perfusão/ventilação.** Na posição ortostática, as pressões arteriais pulmonares na parte mais alta do pulmão são cerca de 15 mmHg menores do que a pressão arterial pulmonar existente no nível do coração, enquanto a pressão na porção mais inferior dos pulmões é cerca de 8 mmHg maior. Essas diferenças pressóricas determinam menos fluxo no ápice dos pulmões, enquanto o fluxo é cerca de 5 vezes maior nas partes inferiores.

Em consequência desse gradiente de pressão, o pulmão pode ser dividido em *zonas I, II e III*.

Na *zona I*, há ausência de fluxo sanguíneo durante qualquer parte do ciclo cardíaco, visto que a pressão capilar alveolar, nessa área do pulmão, nunca supera a pressão do ar alveolar.

Na *zona II*, o fluxo sanguíneo é intermitente; essa zona ocorre apenas durante picos de pressão arterial pulmonar que tornam a pressão sistólica maior do que a alveolar, enquanto a pressão diastólica é inferior à pressão alveolar.

Na *zona III*, o fluxo sanguíneo é contínuo, visto que a pressão capilar alveolar permanece superior à pressão alveolar durante todo o ciclo cardíaco.

Geralmente ocorre apenas a zona II, nos ápices, e a zona III, nas áreas inferiores dos pulmões. Entretanto, quando a pessoa está em decúbito, nenhuma parte dos pulmões fica mais de alguns centímetros acima do nível do coração; nessa situação, o fluxo sanguíneo consiste inteiramente em zona III, inclusive nos ápices; também durante o exercício todo o pulmão se transforma em zona III devido a elevação das pressões vasculares pulmonares. A zona I aparece apenas em condições anômalas, seja quando a pressão arterial sistólica pulmonar está muito baixa, por exemplo, na hemorragia aguda, ou quando a pressão do ar alveolar fica muito alta, por exemplo, na hiperinsuflação pulmonar induzida por ventilação mecânica.

## HEMATOSE

Após os alvéolos serem ventilados com ar fresco, a próxima etapa no processo da respiração é a *hematose*, isto é, a difusão de oxigênio dos alvéolos para o sangue pulmonar e a difusão de dióxido de carbono em sentido oposto.

## DIFUSÃO

Durante a respiração normal de repouso, estranhamente o volume de ar corrente é insuficiente para preencher as vias aéreas até os bronquíolos terminais e só pequenas parcelas do ar inspirado seguem até os alvéolos. Como é que o ar fresco percorre essa última distância curta dos bronquíolos terminais até os alvéolos? Isso ocorre por um mecanismo denominado *difusão*.

A difusão é determinada pela energia cinética derivada dos ininterruptos movimentos aleatórios das moléculas de ar dentro das pequenas vias respiratórias. Esses movimentos fazem com que as moléculas se choquem constantemente umas contra as outras e se desloquem centripetamente em todos os sentidos,



sobretudo em direção a capilares pulmonares e a regiões de baixa pressão atmosférica. A difusão de um gás no ar alveolar será tanto maior quanto maior a sua concentração e menor sua massa, quanto maior a temperatura do ar alveolar e a área da membrana alveolar e quanto menor a espessura dessa membrana. A velocidade do movimento das moléculas no ar inspirado é tão grande e as distâncias entre os bronquíolos e os alvéolos tão curtas, que os gases percorrem essa distância remanescente em apenas uma fração de segundo.

A difusão ocorre tanto no sentido alvéolo-capilar quanto no capilar-alvéolo. O que vai determinar o sentido efetivo da difusão é a diferença de pressão entre duas zonas de pressões parciais. Se a pressão parcial for maior na fase gasosa existente nos alvéolos, como normalmente ocorre para o oxigênio, maior número de moléculas passará dos alvéolos para o sangue do que em sentido contrário. Alternativamente, se a pressão do gás for maior no estado dissolvido no sangue, o que ocorre, normalmente, para o dióxido de carbono, a difusão efetiva irá ocorrer para a fase gasosa existente nos alvéolos.

O pulmão do ser humano adulto possui cerca de 300 milhões de alvéolos, cada um com mil ou mais capilares em suas paredes; o leito capilar do pulmão pode medir 2400 Km. A quantidade de sangue existente nos capilares pulmonares é de 60 a 140 mililitros. Isso significa que cerca de 1 ml de sangue deve ocupar 16 Km de capilares. Imaginando essa pequena quantidade de sangue espalhada por toda a superfície alveolar, fica fácil compreender a rapidez com que ocorre a difusão na hematose.

O diâmetro médio dos capilares pulmonares é de apenas cerca de 5  $\mu\text{m}$ , o que significa que os eritrócitos devem espremer-se para passar por eles. Por conseguinte, a membrana dos eritrócitos entra em contato com a parede capilar, de modo que o oxigênio e o dióxido de carbono não precisam percorrer quantidade significativa de plasma ao se difundirem entre os alvéolos e os eritrócitos. Isso também aumenta a rapidez da difusão.

### EFEITOS BOHRE HALDANE

Quando a pressão de oxigênio está elevada, como ocorre nos capilares pulmonares, o oxigênio liga-se à hemoglobina. Entretanto, quando a pressão de oxigênio está baixa, como nos capilares dos tecidos, o oxigênio dissocia-se da hemoglobina. Esse fenômeno constitui a base para os *efeitos Bohr* e *Haldane*, indispensáveis para a hematose e para o transporte de oxigênio até as células.

**Efeito Bohr.** À medida que o sangue passa pelos pulmões, o dióxido de carbono difunde-se para os alvéolos, reduzindo a quantidade de dióxido de

carbono nos capilares alveolares. Isso aumenta a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio e, por conseguinte, a quantidade de oxigênio que se liga à hemoglobina cresce consideravelmente, permitindo um maior transporte de oxigênio pela hemácea. Quando o sangue alcança os capilares dos tecidos, são observados efeitos opostos: o dióxido de carbono proveniente dos tecidos penetra no sangue a partir da célula, reduzindo a força de ligação da hemoglobina ao oxigênio, o que separa o oxigênio da hemoglobina e, portanto, libera grande quantidade de oxigênio para os tecidos.

**Efeito Haldane.** Este efeito consiste no deslocamento do dióxido de carbono do sangue para o ar alveolar, na hematose, causado pela ligação do oxigênio à hemoglobina. Por esse efeito, fica fácil deduzir que a pouca ligação do oxigênio à hemoglobina, como ocorre nos órgãos periféricos, causa a retenção de dióxido de carbono no sangue a partir de sua remoção das células teciduais.

Os efeitos Haldane e Bohr atuam simultaneamente e se retroalimentam. Na hematose, o primeiro causa liberação de dióxido de carbono para o ar alveolar, e o segundo, ligação de oxigênio à hemoglobina. Nos tecidos, o efeito Haldane determina um aumento da captação de dióxido de carbono pelo sangue, e o Bohr, a liberação de oxigênio da hemoglobina para as células. Desse modo, o efeito Haldane favorece o transporte de dióxido de carbono dos tecidos aos pulmões, enquanto que o Bohr, o transporte do oxigênio dos alvéolos para os tecidos. Como o efeito Haldane é mais intenso que o Bohr, conclui-se que a hematose tende a liberar mais dióxido de carbono do que reter oxigênio.

## FUNÇÕES DAS VIAS RESPIRATÓRIAS

### NARIZ

Ressecções cirúrgicas amplas de uma ou ambas maxilas para tratamento de tumores malignos têm demonstrado que o nariz, embora esteticamente importante, não é essencial do ponto de vista funcional. No entanto, duas importantes funções atribuídas ao nariz têm sido o *processamento do ar inspirado* e a *olfacção*.

**Válvulas nasais.** A *válvula nasal interna* é o ângulo formado pela junção do septo nasal com a margem caudal da cartilagem lateral, e geralmente é de 10 a

15° (figura 32). Esse ângulo é o segmento mais estreito da via aérea nasal e pode ser responsável por até 50% da resistência total da via aérea. Ocasionalmente, a porção inferior da concha nasal inferior pode aumentar excessivamente de volume a ponto de causar redução ainda maior da área de corte transversal dessa região. Tradicionalmente, um *teste de Cottle* positivo (tração lateral da bochecha levando a aumento de fluxo aéreo), indica o colapso da válvula interna e a necessidade de enxertos de cartilagem nesta região para aumentar o ângulo da válvula e fazer um sustentáculo para a via aérea permanecer aberta.

A *válvula nasal externa* é caudal à interna, e é o *vestíbulo nasal* que serve como entrada do nariz. Essa válvula pode ser obstruída por fatores extrínsecos, como corpos estranhos, ou fatores intrínsecos, como cartilagem alar fraca ou rota, perda de pele vestibular ou estreitamento cicatricial. Existem várias opções para corrigir esses problemas, incluindo enxertos cartilagosos ou de partes moles locais ou liberação de aderências cicatriciais.

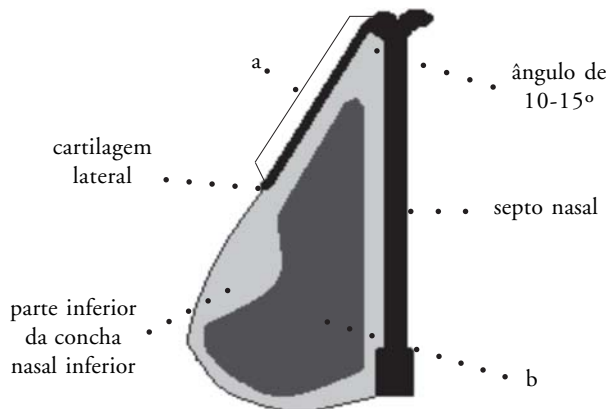


Figura 32 - Válvulas nasal interna (a) e externa ou vestibulo (b).

**Processamento do ar inspirado.** O nariz inicia o aquecimento, umidificação e purificação do ar inspirado, conforme os mecanismos já citados.

Muco nasal em abundância, proveniente das glândulas e células caliciformes, tornam a superfície mucosa viscosa, e o pó inspirado é depositado sobre a

superfície, enquanto o ar é umidificado e aquecido no nariz. A película mucosa é continuamente movimentada para trás pela ação dos cílios em uma velocidade de 6 mm/minuto. Os movimentos do palato transferem o muco e suas partículas aprisionadas para a orofaringe para a deglutição.

As secreções da mucosa nasal também servem para inibir a proliferação de micróbios nesse ambiente propício, por meio da produção de substâncias bactericidas, como a lisozima e IgA.

**Olfato e feromônios.** O sentido químico cumprido pelo epitélio olfatório difere do sentido gustatório na discriminação entre moléculas aerotransportadas, mesmo em concentrações muito baixas. Embora moderada em relação à dos animais, a olfação humana é mais relevante do que se imagina, podendo ser, em alguns casos, desenvolvida por treinamento e aprendizado.

O modo como substâncias aromáticas estimulam as células olfatórias e como essas células fornecem informação a partir dos estímulos, são desconhecidos. Postula-se que a forma de alguma parte da molécula odorífera se liga a um sítio complementar em proteínas receptoras na membrana plasmática exposta das células olfatórias, mudando a permeabilidade iônica das membranas aos íons cálcio. Isso gera potenciais de ação que são transmitidos ao longo das vias neurais odoríferas.

Nos mamíferos, substâncias voláteis presentes em odores específicos – os *ferormônios* –, afetam o comportamento social e sexual, o que evidencia conexões entre áreas olfatórias centrais com áreas cerebrais relacionadas com o comportamento emocional. Na espécie humana, a detecção de ferormônios parece ser mediada pelo órgão de Jacobson; este fato sempre deve ser levado em conta quando se cogita realizar cirurgias sobre o septo nasal.

O corpo possui sistemas de atração, como as mensagens olfativas a que os seres humanos têm deixado de atribuir importância, possivelmente por operarem em níveis muito sutis, mas que funcionam plenamente entre os animais, sobretudo nos insetos. No entanto, a nossa espécie ainda é dotada de mecanismos que nos levam a escolher um par de cheiro atraente, uma opção com profundas repercussões biológicas.

A fragrância corporal contém informações sobre aspectos genéticos e imunológicos. Por isso, um indivíduo pode cheirar bem a uma pessoa e mal a outra. Embora as moléculas que emanam do corpo sejam as mesmas, o cérebro analisa e seleciona as mais compatíveis. O segredo desses fenômenos olfativos reside nos ferormônios, que funcionam como mensageiros interpessoais

e transmitem informação sexual aos neurônios sensoriais do órgão de Jacobson. Um exemplo do poder destas substâncias é a forma com que as mulheres que vivem na mesma casa sincronizam as menstruações.

O cheiro parece funcionar como um cartão de visita que informa, pelo ar, a eficiência sexual de cada indivíduo. Uma evidência disto é dada pela atuação da *copulina*, um feromônio liberado pelas mulheres nas secreções vaginais durante a ovulação. Essa substância alerta os homens para o fato de suas parceiras estarem aptas para a cópula e para a concepção. Ao ser inalada, a copulina estimula a produção de testosterona pelo homem, estimulando seu desejo sexual. Algumas experiências demonstram que a mulher, nesta altura do ciclo, torna-se mais atraente, o que aumenta sua chance de encontrar um parceiro sexualmente competente.

Quando o marido toca com o nariz o pescoço de sua esposa ou cheira lascivamente a sua roupa íntima, o cérebro de alguma maneira registra informações sobre o *complexo maior de histocompatibilidade* (MHC) dela. Estas moléculas contêm proteínas que ajudam nosso sistema imunológico a reconhecer elementos biopatogênicos, estranhos ou tóxicos. Assim como as impressões digitais, o MHC é único em cada pessoa.

Habitualmente, as mulheres atribuem um maior valor ao cheiro, possuindo, portanto, uma maior capacidade de discernir o MHC e, sem ter consciência disso, consideram este dado ao escolher um namorado. Isso faz todo o sentido, pois um futuro casal com sistemas imunitários distintos terá maior chance de gerar filhos com resistência a um maior número de doenças.

Para ambos os sexos, o cheiro mais *sexy* corresponde ao odor do corpo do(a) parceiro(a) sem perfume. Por isso, os hábitos cosméticos da modernidade podem ser prejudiciais. Os desodorizantes, perfumes, cremes e sabonetes podem mascarar o *sex appeal*; não se consegue fazer chegar o cartão de visita volátil ao outro, e não se pode saber se o verdadeiro odor do outro é atraente. A grande quantidade de produtos de higiene corporal que se utilizam atualmente pode representar um impedimento para a sinalização sexual.

## SEIOS PARANASAIS

As funções dos seios paranasais são incertas. Parece que eles tornam mais leve o crânio e adicionam ressonância a voz. Mas a diminuição do peso é trivial, e a ausência dos seios não acrescenta um volume equivalente de osso sólido porque o peso do osso esponjo que ocuparia tal volume seria irrelevante. É mais provável que os seios sejam apenas consequência de um padrão peculiar de crescimento nos ossos no qual eles ocorrem.

A possível função dos seios frontais é de barreira mecânica ao cérebro. Estes seios são cavidades compressíveis preenchidas por ar que absorvem energia de impactos que, de outra forma, ocorreriam iretamente sobre o parênquima cerebral.

## BOCA

A inspiração através da boca é, naturalmente, possível. Mas isso nega as funções olfatórias e de condicionamento de ar existente na cavidade do nariz. Por outro lado, a *expiração* oral é preferencial à nasal porque o maior diâmetro bucal proporciona eliminação mais volumosa e rápida de ar.

A separação das funções olfatória e respiratória, pela boca, permite ao ser humano respirar enquanto mastiga.

A boca também participa da fonação, na qual atua como elemento ressonador e articulador da voz.

## LARINGE

A laringe possui triplo comportamento: canal aberto durante a expiração, permitindo livre fluxo aéreo, um canal semi-aberto durante a fonação, propiciando a produção de sons, e um canal completamente fechado durante a deglutição, impedindo a passagem de alimento para a traqueia e pulmões.

A laringe é tão frequentemente fonatória que esta costuma ser considerada como sua função primordial. A elaboração da musculatura da laringe e seu controle neural, integrando a produção do som com movimentos dos músculos respiratórios, faríngeos, palatais, linguais e labiais durante a articulação complexa da fala, mune a raça humana com uma habilidade única.

**Fonação.** Possivelmente, a linguagem é a mais complexa aquisição sensório-motora na vida do indivíduo. Grandes territórios do cérebro estão envolvidos nos aspectos sensitivo, perceptivos e motores da linguagem verbal. A produção de uma fala de qualidade plena requer um sistema auditivo eficaz e um intrincado trato fonatório que inclui não apenas a laringe e outros órgãos da respiração como a faringe, a boca e as fossas nasais, mas também um extenso arranjo de músculos, da parede abdominal até os lábios. Nesse contexto, existe um verdadeiro *aparelho* ou *trato vocal*, constituído de uma *coluna longa*, que vai das pregas vocais até a ponta da língua, combinada com uma *coluna curta*, que vai dos dentes até os lábios.

Como na maioria dos instrumentos musicais, o mecanismo da fala consiste em três elementos indispensáveis: uma fonte de energia, estruturas capazes

de oscilações periódicas e aperiódicas e um ressoador. As variações em todos os três elementos da fala são complicadas, rápidas e requerem integração neural complexa. A energia é derivada da velocidade do ar expirado, a oscilação, das pregas vocais, e a ressonância, dos seios paranasais, a partir da coluna de ar que se estende das pregas até os lábios e narinas.

No início da fonação, a glote se fecha para uma fenda linear. À medida que a pressão do ar aumenta abaixo das pregas vocais, elas são repentinamente forçadas para cima, retraindo-se elasticamente para o lado; a passagem de ar entre as pregas vocais entreabertas produz vibração dos ligamentos vocais e reduz a pressão infraglótica momentaneamente. A intensidade da vibração é determinada pela massa das bordas das pregas vocais bem como pela intensidade de estiramento das pregas e pelo grau de aproximação entre elas. Esse ciclo é repetido em uma frequência fundamental dependente de inúmeros fatores, entre eles a velocidade e a pressão do ar corrente. Estes eventos são medidos em microssegundos e concedem ondas de pressão de frequências semelhantes para as colunas de ar acima das pregas vocais, que atuam como um ressoador seletivo.

Mudanças nas dimensões e no posicionamento da língua, fauces, palato mole etc., todas remodelam o aparelho fonatório. O som impresso no ressoador, em toda a sua variação dinâmica de tom e harmônicos fundamentais, é, assim, submetido a uma segunda modificação, com alguns harmônicos sendo abafados, outros aumentados. Assim, o trato vocal atua como um filtro ressoador seletivo, propagando um padrão individual, sem restrição das frequências fundamentais produzidas pelas pregas vocais. Isso é essencial para a manutenção de um timbre constante, a despeito de um tom continuamente variado.

Os tons produzidos no aparelho vocal não constituem a fala, na qual a permutação fonética de um pequeno repertório de vogais é amplamente enriquecida pela imposição das consoantes, isto é, pela articulação. As consoantes estão associadas com locais anatômicos particulares, a partir dos quais elas são designadas na terminologia da fonética. Por exemplo, falamos das consoantes *labiais* (p e b), *dentais* (t e d), *nasais* (m e n), e assim por diante. Esses locais possuem duas semelhanças: (1) uma obstrução parcial em algum nível do trato vocal e (2) a produção de vibração aperiódica, isto é, um ruído sobreposto ou interrompendo o fluxo dos tons laríngeos.

Mudanças anatômicas na laringe e no trato vocal ressonante são efetuadas em pequenas frações de segundo, com uma velocidade, habilidade e sutileza impossível de exprimir na descrição verbal. A multiplicidade dos músculos da laringe, hióideos, do palato, da língua e circum-orais, ligados em combinações que mudam rapidamente para a fonação e articulação, reflete a acentuada complexidade da fala.

**Deglutição.** Embora os alimentos não penetrem na laringe, seus movimentos determinam a passagem de comida para o esôfago durante a deglutição. Esses movimentos são complexos e, por hora, faz-se apenas menção do papel da epiglote (frequentemente superestimado) no ato de engolir.

No homem, a epiglote possui uma função obscura. Ela não é essencial para a deglutição, que é normal mesmo se a epiglote for destruída por doença. Nem é essencial para a respiração ou fonação. Durante a deglutição, diz-se que a epiglote se move para cima e para frente, numa posição um tanto verticalizada, comprimida entre a base da língua e o resto da laringe. O bolo alimentar é, assim, fragmentado em duas porções laterais, que deslizam ao longo dos seios piriformes para a hipofaringe e para o esôfago. Em seguida, acompanhando a descida da laringe para a sua posição de repouso, o restante do bolo alimentar desliza sobre face anterior da epiglote à medida que esta se curva para trás sobre a abertura da laringe, como se fosse uma pálpebra, o que impede que material sólido passe para a árvore respiratória.

## TRAQUEIA, BRÔNQUIOS E BRONQUÍOLOS

Os ductos respiratórios devem se manter abertos para permitir a passagem de ar para dentro e para fora dos alvéolos.

Os canais respiratórios mais calibrosos, como a traqueia e os brônquios principais, têm um trajeto retilíneo e curto, e um diâmetro grande. Suas superfícies internas são lisas, escorregadias e sem obstáculos. Apresentam cartilagens semi-rígidas, que impedem colapso inspiratório e a explosão expiratória de suas paredes. Nas paredes dos brônquios, um grau razoável de rigidez também é mantido por placas cartilaginosas menos extensas, mas que permitem mobilidade suficiente para a expansão e a retração dos pulmões. Assim, os canais maiores proporcionam um fluxo aéreo, laminar, caudaloso, constante e sem vazamento.

Os menores condutos, como os bronquíolos, apresentam músculo liso espiral em sua parede, que se relaxa durante a inspiração, favorecendo o influxo para os pulmões. Os bronquíolos não têm paredes rígidas para impedir seu colapso. Em vez disso, são mantidos expandidos pelas pressões transpulmonares que expandem os alvéolos. Em outras palavras, quando os alvéolos se expandem, o mesmo ocorre com os bronquíolos.



---

# SISTEMA DIGESTÓRIO

---

*Jesus respondeu: não só de pão viverá o homem,  
mas de toda a palavra que sai da BOCA de Deus.*  
(São Mateus 4:4)

O *sistema digestório* (SD) consiste do *tubo digestório* (TD) – canal que se estende dos lábios ao ânus –, ligado em níveis sucessivos com uma série de *órgãos acessórios* – *língua, dentes e glândulas associadas*. A função principal do SD é obter, a partir dos alimentos, as moléculas necessárias para manutenção, crescimento e outras necessidades energéticas do organismo (figura 33).

---

## DESENVOLVIMENTO

---

O SD se origina de um *tubo endodérmico* embrionário que se alonga paulatinamente para se desenvolver como *intestino anterior, médio e posterior*.

### INTESTINO ANTERIOR

O intestino anterior compreende o *pâncreas, baço, fígado, estômago* e o duodeno até a papila de Vater (*duodeno suprapapilar*). O intestino anterior é suprido pelo *tronco celiaco*, artéria que se origina na linha mediana da aorta abdominal em nível de T<sub>12</sub>.

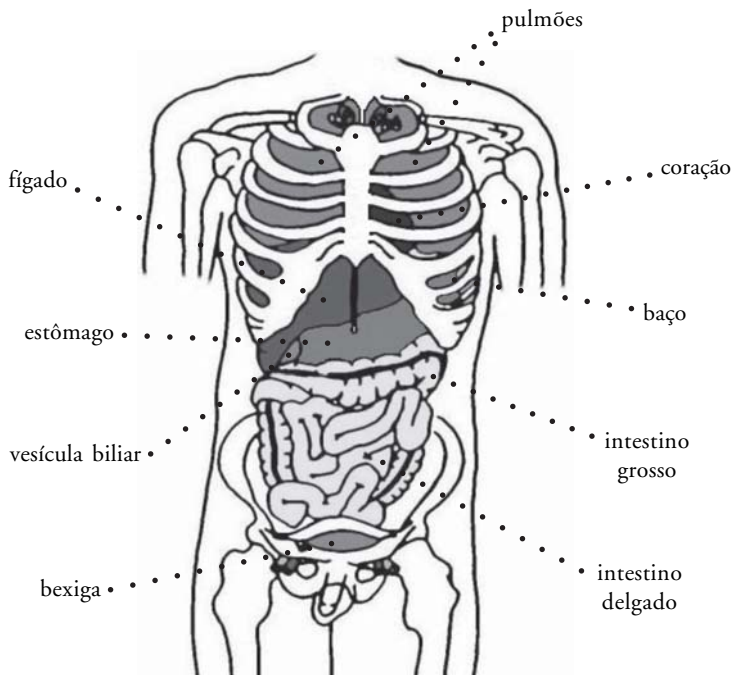


Figura 33 - Vísceras torácicas e abdominais.

## INTESTINO MÉDIO

O intestino médio inclui o *duodeno infrapapilar*, *jejuno*, *íleo* e *hemicólon direito* (apêndice, ceco, cólon ascendente e metade direita do transverso). O intestino médio é suprido pela *artéria mesentérica superior*, que também se origina na linha mediana da aorta abdominal, mas 2 cm abaixo do tronco celíaco, em nível de L<sub>1</sub>.

## INTESTINO POSTERIOR

O intestino posterior abrange o *hemicólon esquerdo* (1/2 esquerda do cólon transverso, cólon sigmoide e reto) até a 1/2 cranial do *canal anal*. O intestino posterior recebe seu suprimento da *artéria mesentérica inferior*, que se origina da aorta abdominal na altura de L<sub>3</sub>.

Cada ramo da artéria mesentérica superior e da inferior desenvolve anastomoses com seu vizinho, acima e abaixo, de modo que se forma uma arcada vascular contínua ao longo de toda a extensão do TD no adulto.

## MESOGÁSTRIOS

Em um estágio inicial de desenvolvimento intrauterino, a rápida proliferação da parede do intestino oblitera seu lúmen e isto é seguido pela recanalização subsequente.

A borda ventral original do estômago é inicialmente fixada à parede anterior do corpo pelo *mesogástrio ventral*. Essa borda torna-se a *curvatura menor*, e no mesogástrio ventral forma-se, a partir do estômago, ventralmente, o *omento menor*, *fígado* e o *ligamento falciforme*. O omento menor movimentase durante o desenvolvimento de forma que, na época do nascimento, situa-se em um plano mais ou menos coronal, e posteriormente a ele e ao estômago situa-se o *saco menor* da cavidade peritoneal.

A borda original dorsal do estômago, que mais tarde origina a *curvatura maior*, está fixada à parede dorsal do corpo pelo *mesogástrio dorsal*. O baço desenvolve-se nesse meso, dividindo-o em duas partes: da parede posterior até o baço e do baço até o estômago. Subsequentemente, parte do mesogástrio dorsal adere à parede posterior do corpo, de forma que sua fixação dorsal passa a se situar sobre o rim esquerdo, dando origem à porção situada entre a parede posterior do corpo e o baço, o *ligamento esplenorrenal*.

Entre o baço e o estômago, o mesogástrio dorsal se desenvolve em duas partes contínuas: uma de cima, que passa a se chamar de *ligamento gastroesplênico*, e uma de baixo, que cresce inferiormente e forma o *omento maior*.

No embrião, o tubo intestinal passa do tórax para o abdome por trás de uma massa de mesoderma denominada *septo transverso*, que posteriormente se torna parte do diafragma, fígado e as conexões entre eles e a parede ventral do corpo.

**Rotação intestinal e zigose.** O intestino anterior gira com o desenvolvimento da bolsa omental de modo que a parede direita original do estômago forma sua face posterior e a parede esquerda sua face anterior. Os *nervos vagos* giram com o estômago e conseqüentemente se situam anterior e posteriormente a ele, no hiato esofágico. Essa rotação move o duodeno para a direita e o mesentério desse órgão então se funde com o peritônio da parede abdominal posterior – esse processo de fusão é chamado de *zigose*.

O intestino médio aumenta rapidamente no feto de 5 semanas, torna-se muito grande para ser contido dentro do abdome e se hernia no cordão umbilical. O ápice desse intestino herniado é contínuo com o ducto vitelino-

intestinal e com o saco vitelino, mas esta conexão, mesmo nesse estágio inicial da vida fetal, já está reduzida a um filamento fibroso.

O eixo dessa alça prolapsada do intestino médio é formado pela artéria mesentérica superior, que assim demarca um ramo cefálico e outro caudal no intestino médio. O elemento cefálico se desenvolve na parte proximal do intestino delgado. O segmento caudal se diferencia nos 60 cm terminais do íleo, no ceco e cólon até a junção dos 1/3 médio e esquerdo do cólon transversos.

Na 10ª semana começa o retorno do intestino para o abdome. A alça do intestino médio primeiro gira 90° no sentido anti-horário, de modo que o membro cefálico agora se situa à direita e o caudal à esquerda. O membro cefálico retorna primeiro, passando para cima e para a esquerda em direção ao espaço disponível deixado pelo fígado volumoso. Em assim fazendo, esse intestino médio passa atrás da artéria mesentérica superior (que assim cruza pela frente a 3ª parte do duodeno) e também empurra o intestino posterior – a parte distal do cólon definitivo – para cima e para a esquerda.

Quando o membro caudal volta, ele se aloja no único espaço restante para ele, superficial e acima do intestino delgado com o ceco se situando imediatamente abaixo do fígado. O ceco desce então para sua posição definitiva na fossa ilíaca direita, arrastando o cólon com ele. O cólon transversos assim se situa na frente dos vasos mesentéricos superiores e do intestino delgado. Finalmente, os mesentérios das partes ascendentes e descendentes do cólon se fundem com o peritônio da parede abdominal posterior por meio da zigose.

---

## INERVAÇÃO

---

A inervação intestinal possui um componente *intrínseco* e outro *extrínseco*. O primeiro é formado pelo *sistema nervoso entérico* (SNE). A inervação extrínseca pertence ao sistema nervoso autônomo e é dividida em *parassimpática* e *simpática*.

### PARASSIMPÁTICO

As fibras parassimpáticas cranianas suprem o esôfago, o intestino anterior e o médio, e são conduzidas quase que exclusivamente pelo *nervo vago*.

As fibras parassimpáticas sacrais atuam no reflexo da defecação. Essas fibras seguem pelos *nervos pélvicos* a partir dos segmentos espinhais S<sub>2-4</sub> para o intestino posterior.

Os neurônios pós-ganglionares de todas as fibras parassimpáticas localizam-se no SNE de modo que a estimulação parassimpática provoca aumento geral da atividade gastrointestinal.

Os terminais nervosos parassimpáticos sistema digestório, e também os de todo o organismo, são *colinérgicos*, isto é, secretam *acetilcolina* como neurotransmissor.

## NERVO VAGO

Sempre é útil enfatizar a Anatomia deste nervo, pois o vago é o nervo craniano de distribuição mais vasta. Ele atravessa o pescoço, tórax e abdome e sucessivamente inerva o coração e a parte principal dos tratos respiratório e alimentar.

**Conexões centrais.** O nervo vago se origina no bulbo a partir de quatro núcleos, sendo os mais importantes os *núcleos dorsal* e *ambíguo*. O primeiro é um agregado neuronal formado da união de neurônios aferentes e eferentes viscerais, recebendo fibras sensitivas do coração, parte inferior do trato respiratório e do trato alimentar para baixo até o cólon transversos; além disso, dá origem às fibras motoras parassimpáticas pré-ganglionares para o coração e para os músculos lisos dos brônquios e intestinos. O núcleo ambíguo emite fibras eferentes para os músculos estriados da faringe e laringe.

**Trajetos.** O nervo vago emerge do tronco encefálico por cerca de dez filamentos que se situam em série com o nervo glossofaríngeo ao longo do sulco pósterolateral do bulbo. Esses filamentos se fundem para formar um único feixe que passa abaixo do cerebelo, em direção ao forame jugular, e é embainhado no mesmo envoltório de dura-máter que o nervo acessório. Dois gânglios sensitivos estão associados a esta parte do nervo: um *superior*, dentro do forame jugular, e um *inferior*, logo abaixo do crânio.

O nervo vago passa, então, verticalmente para baixo até a raiz do pescoço, situando-se na parte posterior da bainha carótica, entre a veia jugular e a artéria carótida interna e depois artéria carótida comum. No pescoço, são emitidos ramos importantes: *a) faríngeos*, para a musculatura da faringe e do palato mole por meio do *plexo faríngeo*; *b) laríngeos superiores*, que suprem o

interior da laringe acima das pregas vocais e os músculos cricótireóideo e constrictor inferior; *c) cardíacos superior e inferior*, que são inibidores para o coração.

Devido a assimetria dos grandes vasos cardíacos, abaixo do nível das artérias subclávias o trajeto e relações do nervo dos dois lados diferem. À direita o *ramo laríngeo recorrente* se origina ao cruzar a artéria subclávia; além desta o nervo desce através do mediastino superior, em íntima associação com as grandes veias. Atrás da raiz do pulmão ele participa da formação do *plexo pulmonar* e depois passa para o esôfago para formar, com o seu associado, o *plexo esofágico*. À esquerda, o nervo vago entra no tórax em íntima associação com as grandes artérias, situando-se, primeiro, lateral à artéria carótida comum e, depois, cruzando o arco aórtico. O *ramo laríngeo recorrente esquerdo*, que se origina quando o nervo cruza o arco da aorta, passa abaixo do ligamento arterioso, atrás do arco e, depois sobe no sulco entre a traqueia e o esôfago. O vago, então, passa atrás da raiz do pulmão, entra na formação do plexo pulmonar e passa para o esôfago. Em seguida, os dois nervos entram no abdome através do hiato esofágico do diafragma, com o nervo esquerdo passando para face anterior e o direito para a posterior do estômago. Além deste local é difícil seguir o trajeto dos nervos, mas são dados ramos para os *plexos celíaco, hepático e renal* e, por meio destes plexos, são distribuídos para os intestinos anterior e médio e para os rins.

A distribuição do nervo vago transporta, sem dúvida, as maiores e mais importantes contribuições do sistema nervoso parassimpático para o organismo. Ele é responsável por todas as funções do efluxo craniano parassimpático, exceto a inervação do olho e o suprimento secretomotor para as glândulas salivares e lacrimais. As fibras pós-ganglionares fazem relé nos minúsculos gânglios que se situam nas paredes das vísceras relacionadas; no intestino, estes constituem o *plexo submucoso de Meissner* e o *plexo mioentérico de Auerbach*.

## SIMPÁTICO

A inervação simpática origina-se entre os segmentos espinhais T<sub>5</sub>-L<sub>2</sub>, seguem pela *cadeia simpática* ao longo dos *nervos esplâncnicos* até gânglios abdominais (celíacos e mesentéricos), onde fazem sinapse com neurônios pós-ganglionares e, a seguir, disseminam-se para todas as partes do intestino ao longo de suas artérias, terminando no SNE. As terminações simpáticas são adrenérgicas, isto é, secretam *noradrenalina*.

A estimulação simpática inibe a atividade do SD, produzindo efeitos opostos às da inervação parassimpática.

## FISIOLOGIA

Para fornecer um suprimento regular de água, eletrólitos e nutrientes, o SD exerce sequencialmente o movimento de alimento ao longo do tubo digestório, a digestão por meio da produção de sucos digestivos, absorção e a circulação de sangue através de órgãos gastrointestinais para transporte de substâncias absorvidas. Essas funções são coordenadas pelo sistema neuro-hormonal.

### MOTILIDADE

**Sincício entérico.** Os sinais elétricos que desencadeiam contrações musculares se propagam através de numerosas *junções abertas* entre as membranas plasmáticas de miócitos vizinhos. As junções permitem um fluxo iônico rápido entre as fibras musculares. A configuração reticular da musculatura entérica faz com que ela funcione como um *sincício*, isto é, um potencial de ação desencadeado em qualquer ponto do sistema percorre todas as direções na mesma camada e entre as camadas circular e longitudinal, com poucos miócitos sendo diretamente inervados. Assim, a propagação da excitação é feita especialmente através de junções comunicantes intermiócitos.

O músculo é excitado intrínseca e continuamente por meio de potências elétricos de membrana. Estes fluxos iônicos, lentos ou pulsados, se dão ao longo de *canais de cálcio-sódio*. A contração ocorre em resposta à entrada de cálcio na fibra muscular.

Atualmente, aceita-se que os plexos mioentéricos formam um *encéfalo intestinal*. Este tem sua própria atividade intrínseca, que pode ser modificada pela atividade simpática e, talvez, parassimpática de alguma outra área.

**Atividade dos plexos neurais.** O plexo de Auerbach, graças à sua localização intramuscular, regula a atividade motora de todo o intestino. Sua ação resulta em movimentos peristálticos intensos, rápidos e frequentes. Algumas

de suas terminações secretam o *peptídeo intestinal vasoativo*, que inibe esfínteres entéricos, como o piloro e a valva ileocecal, de modo a permitir passagem de alimento entre segmentos sucessivos.

O *plexo de Meissner* está relacionado com o controle da parede de diminutos segmentos intestinais, integrando impulsos neuronais que auxiliam no controle local da secreção, absorção, fluxo sanguíneo e contração do músculo submucoso responsável pelos diversos graus de pregueamento da mucosa.

**Peristaltismo.** O movimento propulsivo digestório básico é o *peristaltismo*. Este aparece como um anel contrátil em torno da alça entérica, que se move distalmente, empurrando por 5 a 10 cm qualquer material que estiver à frente. O peristaltismo é inerente a muitos tubos de músculo liso sincicial, como os ductos biliares e ureteres.

A distensão do intestino, juntamente com descargas parassimpáticas, constituem os estímulos mais comuns para o peristaltismo. Quando grande quantidade de alimento se acumula em um ponto, o estiramento entérico estimula o SNE a formar anéis peristálticos que se propagam cerca de 3 cm a partir do ponto inicial de distensão.

A “lei do intestino” é a tendência das contrações peristálticas de se propagarem em direção ao ânus. Isso ocorre devido à polarização do plexo mioentérico neste sentido. Um relaxamento receptivo precede o anel de contração, permitindo que o alimento seja propelido mais facilmente na direção anal do que na oral.

Os *movimentos de mistura* são causados por movimentos peristálticos que colidem contra um esfíncter fechado. A onda passa a comprimir e misturar o bolo alimentar. Outras vezes ocorrem *contrações constrictivas intermitentes locais*, simultâneas, em múltiplos pontos próximos na alça intestinal, “cortando” e “cisalhando” o conteúdo, inicialmente aqui, em seguida ali.

## DIGESTÃO

Os alimentos não podem ser absorvidos, em sua forma natural, pela mucosa gastrointestinal e, por isso, são inúteis como nutrientes se não forem desdobrados na digestão.

A química da digestão é simples, baseada no mesmo processo básico, a *hidrólise*. Neste processo, os três tipos principais de alimentos – *carboidratos*, *lipídios* e *proteínas* – são reduzidos às suas moléculas constituintes pela adição



enzimática de moléculas de água. Nesse contexto, a *celulose* não pode ser considerada como alimento para o ser humano porque o SD não secreta qualquer enzima para digeri-la.

## ABSORÇÃO

A absorção no SD ocorre através de (1) *transporte ativo*, com gasto de energia, para a passagem de substâncias através da membrana plasmática dos enterócitos, contra um gradiente de concentração, (2) *difusão*, em consequência de movimento molecular aleatório desencadeado por um gradiente osmótico, e (3) *tração pelo solvente*, onde o fluxo de água absorvida “arrasta” consigo solutos.

## PROTEÇÃO

O SD é o maior órgão imune do corpo. Sua extensa superfície mucosa está constantemente exposta a microorganismos causadores de doenças e precisa impedi-los de entrar no corpo através dos tecidos absorptivos. Faz isso através de órgãos como o apêndice. Se patógenos ou substâncias tóxicas invadem o intestino, receptores sensitivos e células imunes do tecido linfático reagem prontamente.

Imunoglobulinas da classe A (*IgA*), presente nas secreções, são sintetizadas por plasmócitos e formam a primeira linha de defesa do intestino. Outro mecanismo protetor é a presença de *junções intercelulares oclusivas* que fazem da camada de células epiteliais uma barreira para a penetração de patógenos. No entanto, a principal barreira é formada pelo Gastrointestinal-Associated Lymphoid Tissue (GALT), um escudo constituído por uma grande quantidade de macrófagos e linfócitos presentes na mucosa e submucosa do TD.

## FLUXO SANGUÍNEO

A *circulação esplâncnica* é formada pela junção dos vasos do intestino, baço, pâncreas e fígado. Sua disposição é tal que todo o sangue drena para o *sistema porta*.

O fluxo sanguíneo em cada setor do SD será tanto maior quanto mais intensa a atividade absorptiva e motora no local.

Os *vasos linfáticos* das vilosidades são importantes para a absorção de lipídios porque a circulação sanguínea não aceita facilmente as lipoproteínas produzidas pelos enterócitos.

**Trocas de contracorrente.** O fluxo arterial para as vilosidades e o fluxo venoso para fora delas seguem direções opostas, estando os vasos intimamente apostos uns aos outros. Devido a esta disposição, cerca de 80% do oxigênio segue um curto-circuito, difundindo-se diretamente das arteríolas para as vênulas sem alcançar o cume das vilosidades. Portanto, a maior parte do oxigênio não é disponibilizada para as funções metabólicas das vilosidades. Esse *mecanismo de contracorrente* nas vilosidades é similar ao que ocorre nos vasos retos da medula renal. Normalmente, esse desvio não é prejudicial, mas em condições onde o fluxo sanguíneo intestinal se torna acentuadamente reduzido, como no *choque circulatório*, o *déficit* extremo de oxigênio pode causar desintegração isquêmica do ápice ou de toda a vilosidade.

---

# TUBO DIGESTÓRIO

---

*Jamais terão FOME, nunca mais terão SEDE, não cairá sobre eles o Sol, nem ardor algum, pois o Cordeiro que se encontra no meio do trono os apascentará e os guiará para as fontes da água da vida. E Deus lhes enxugará dos olhos toda lágrima.*

(Apocalipse 7:16 e 17)

O canal alimentar, *tubo* ou *trato digestório* (TD) é um conduto contínuo, de cerca de nove metros de extensão, formado por um centro oco de diâmetro variável, a *luz* ou *lúmen*, e uma parede miofibrótica resistente, revestida por epitélio liso. O TD começa na boca, onde é feita a redução mecânica da comida (*mastigação*) e sua mistura com a secreção das glândulas salivares (*insalivação*). Os *órgãos da deglutição* – o *palato*, *faringe* e *esôfago* – conduzem a mistura para o *estômago*, onde começa o processo digestivo principal.

O estômago se esvazia no *intestino delgado*, onde a digestão continua e muitos produtos resultantes são absorvidos pelo sangue e linfa. O intestino delgado leva ao *intestino grosso*, principalmente relacionado com a reabsorção do líquido ingerido, e se abre finalmente no *ânus* (figura 34).

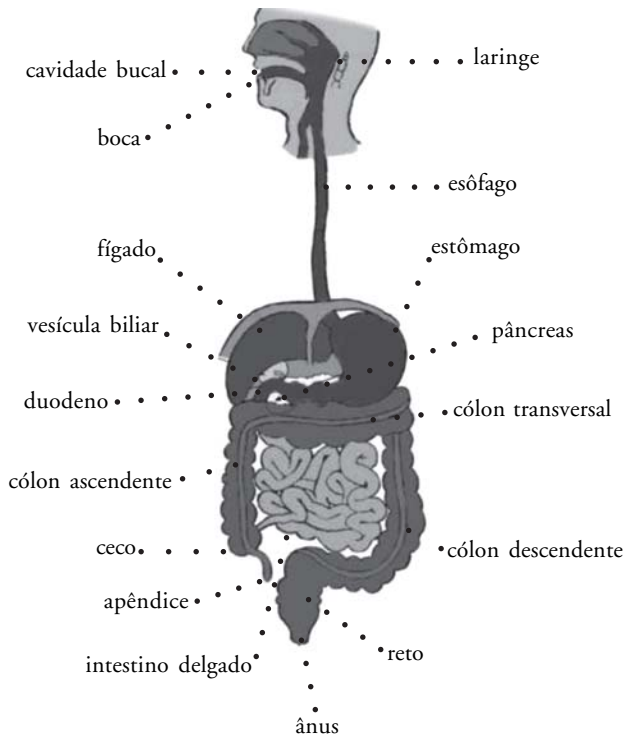


Figura 34 - Tubo digestório.

## MICROANATOMIA

### ASPECTOS GERAIS

A despeito das diferenças estruturais ao longo do TD, existe um plano básico comum a todos os seus componentes. Sua parede é formada, do lúmen para a periferia, das seguintes camadas: *mucosa*, *submucosa*, *muscular* e *serosa* (figura 35).

### MUCOSA

A mucosa intestinal é formada de um epitélio revestindo uma lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo que, por seu turno, reveste uma fina faixa de miócitos lisos que separam a mucosa da submucosa, a *muscular da mucosa*.

## SUBMUCOSA

A submucosa é uma membrana fibroelástica rica em vasos e nervos (*plexo de Meissner*) que contém quantidades variáveis de glândulas e tecido linfóide.

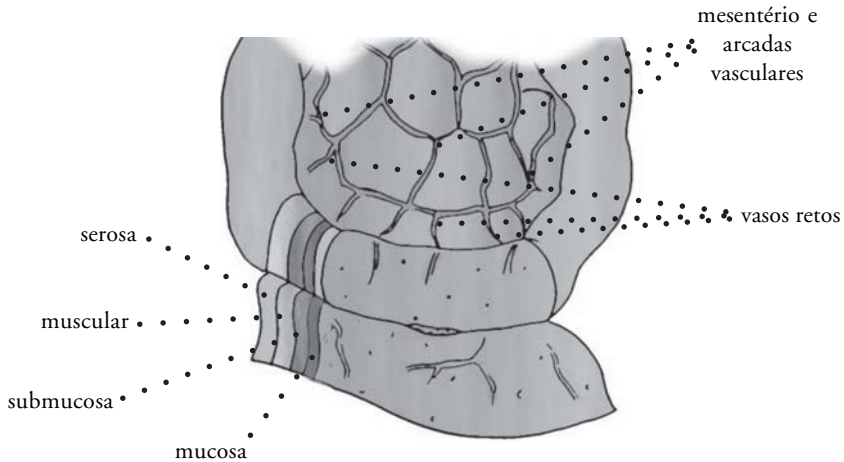


Figura 35 - Íleo e sua estrutura (pontos escuros: criptas de Lieberkühn).

## MUSCULAR

Esta camada é formada de miócitos dispostos em espirais, agrupados em duas subcamadas, de acordo com a direção de suas fibras musculares: *circular interna*, próximo ao lúmen, e *longitudinal externa*, periféricamente.<sup>1</sup> Entre estas subcamadas está um fino *estroma intermuscular*, de natureza conjuntiva frouxa, contendo o *plexo mioentérico de Auerbach*.

As fibras musculares se dispõem em feixes de até 1000 fibras paralelas, as quais se fundem em determinados pontos, conferindo a musculatura o aspecto geral de um retículo.

## SEROSA

Na cavidade abdominal, as vísceras são envolvidas pela serosa abdominal, o *peritônio*, uma túnica de tecido conjuntivo frouxo revestido por um epitélio pavimentoso simples, o *mesotélio*. O *tecido conectivo submesotelial* contém

<sup>1</sup> Na verdade, estas duas camadas são helicoidais de passo curto (a circular) e passo longo (a longitudinal) até a pila de Vater.

numerosos macrófagos, linfócitos e adipócitos. Nos locais onde o TD está fixado a estruturas vizinhas (como ocorre no esôfago), a serosa é substituída por uma *camada adventícia*, fibrosa e sem mesotélio.

Uma quantidade de *tecido conjuntivo extraperitoneal* separa o peritônio das paredes abdominais, fundindo-se com seus revestimentos fasciais. A espessura e conteúdo de gordura no tecido extraperitoneal variam nas diferentes regiões do abdome.

## OUTROS COMPONENTES

**APUD.** O intestino contém as *células enteroendócrinas*, *enterocromafins*, *argentafins* ou *endocrinócitos*, amplamente distribuídos, formando, em conjunto, um *sistema neuroendócrino difuso*, antigamente denominado *Amine Precursor Uptake Descarboxylation* (APUD) ou *sistema endócrino gastroenteropancreático*. Estas células liberam grânulos de secreção por exocitose e os hormônios expelidos, como *glucagon*, *secretina*, *gastrina* e *colecistocinina*, podem exercer efeitos *parácrinos* (locais) ou *endócrinos* (via sangue).

Já foram identificados pelo menos 15 tipos de endocrinócitos, cada um secretando um tipo de aminas e/ou péptides distintos como hormônios ou neurotransmissores. A quantidade de endocrinócitos é tão grande no TD que intestino é também considerado como o maior órgão endócrino do corpo.

**SNE.** O TD tem seu próprio sistema nervoso, o *sistema nervoso entérico* (SNE), formado pelos *plexos mioentérico* e *submucoso* e suas interconexões. O SNE localiza-se dentro da parede intestinal e estende-se do esôfago ao canal anal, formando uma grande cadeia neuronal com aproximadamente 100 milhões de *neurônios viscerais multipolares* interligados. Isso corresponde a quase o número de todos os neurônios da medula espinhal.

**Células-tronco.** As células epiteliais do TD são constantemente descamadas e substituídas por novas células formadas pela divisão mitótica de *epiteliócitos indiferenciados* ou *células-tronco*. Estas células são as mais abundantes do intestino e estão localizadas na camada basal do epitélio do TD, onde se multiplicam à razão de 1 célula/100 horas, uma das taxas de proliferação mais rápidas do corpo. A partir da zona proliferativa profunda, as células-tronco se movem para uma zona de diferenciação mais superficial, onde amadurecem, provendo uma população celular para cada região. No intestino delgado, as células-tronco já diferenciadas morrem por *apoptose*, no topo do vilão, de onde são descamadas.

**Células M.** As células M ou *células microprega*, são células epiteliais especializadas que revestem a superfície luminal das placas de Peyer localizadas no íleo. Estas células caracterizam-se pela presença de invaginações basais que contêm muitos linfócitos e células apresentadoras de antígenos, como macrófagos.

## MICROANATOMIA DE SETORES ESPECÍFICOS

### BOCA

A boca é revestida por um epitélio estratificado não-cornificado, exceto nas gengivas, palato duro e dorso da língua, onde há uma queratinização parcial ou paraqueratinização, que protege a mucosa do atrito provocado pela mastigação.

A submucosa bucal contém grande quantidade de glândulas salivares menores.

### FARINGE

A faringe possui, de dentro para fora, as túnicas *mucosa*, *fibrosa interna*, *muscular* e *fibrosa externa*.

A mucosa contém as *tonsilas* e muitas glândulas salivares menores. O epitélio dessa mucosa é estratificado pavimentoso, exceto na rinofaringe, onde é do tipo respiratório.

A túnica muscular é formada de um trio de *músculo constrictores faríngeos*, estriados, superpostos, que descem da base do crânio e do palato mole e penetram obliquamente na parede muscular. O *músculo cricofaríngeo* é a parte do músculo constrictor inferior da faringe que forma um esfíncter na altura da cartilagem cricóidea, controlando a entrada de alimento no esôfago.

A túnica fibrosa interna e a externa são, respectivamente, o epimísio profundo e superficial dos músculos constrictores da faringe.

**Crista de Passavant.** Uma faixa muscular, o *esfíncter palatofaríngeo*, passa do palato mole para a parte superior do músculo constrictor superior da faringe. Durante a deglutição, a nasofaringe é fechada pela elevação do palato mole, que se junta contra uma crista resultante da contração do esfíncter palatofaríngeo, a *crista de Passavant* ou *palatofaríngea*, o que evita o refluxo de alimento para o nariz.

## ESÔFAGO

O esôfago é revestido por epitélio pavimentoso estratificado. Na submucosa estão as *glândulas esofágicas*, compostas, racemosas, ou seja, produtoras de muco.

A musculatura esofágica é lisa no 1/3 distal do canal e esquelética no proximal, onde é formada pelo músculo *constrictor inferior da faringe*. No 1/3 médio há uma mistura de ambos os tipos de músculo.

Apenas a parte ântero-esquerda do setor abdominal do esôfago é revestida por serosa. Portanto, em todo o esôfago, a túnica externa predominante é de natureza fibrosa, em vez de peritoniais.

**Linha zigzag.** Esta é uma linha indentada que visivelmente separa, na junção gastroesofágica, a mucosa do esôfago, róseo-acinzentada e lisa, da estomacal, vermelha e mamilada.

## ESTÔMAGO

A mucosa gástrica é espessa, marrom-avermelhada, com superfície luminal lisa e mamilada. O epitélio da mucosa é colunar simples, secretor de muco alcalino. A mucosa e submucosa dos estômago formam dobras longitudinais “as *rugae gástricas*” que desaparecem com a distensão do estômago.

A camada muscular do estômago é composta por uma camada longitudinal externa, uma circular média e uma oblíqua interna. No piloro, a túnica muscular se engrossa intensamente e forma o *esfíncter pilórico* ou, simplesmente, *piloro*. Neste, a musculatura, circular, é 50 a 100% mais espessa que nas porções iniciais do antro. A muscular da mucosa envia feixes de miócitos entre as glândulas, com a contração auxiliando seu esvaziamento.

**Glândulas e fossetas gástricas.** As *fossetas gástricas* são pequenas invaginações da mucosa do estômago, no fundo das quais desembocam glândulas, as *glândulas gástricas*. Estas glândulas tubulares são classificadas em três grupos conforme a região do estômago onde são encontradas: *glândulas fúndicas*, *pilóricas* e *cárdicas*.

As *glândulas fúndicas*, *oxínticas* ou *gástricas* são localizadas na superfície luminal do corpo e fundo do estômago, ocupando 80% proximais do órgão. As glândulas gástricas são longas e desembocam em fossetas gástricas curtas.

As *glândulas cárdicas*, localizadas em torno da terminação do esôfago no estômago, ocupam 1% da extensão da mucosa gástrica. As glândulas cárdicas são similares às glândulas da porção terminal do esôfago. São, assim, glândulas



tubulosas simples ou racemosas compostas, com luz ampla e porção terminal geralmente enovelada. Suas células mais abundantes são os mucócitos, com pouca ou nenhuma células zimogênicas, parietais ou endocrinócitos.

As *glândulas pilóricas* se situam no antro, ocupando os 19% distais do estômago. As glândulas pilóricas são como as cárdicas, tanto na forma quanto na constituição celular. No entanto, as glândulas pilóricas são curtas e desembocam em fossetas longas e apresentam muitos endocrinócitos produtores do hormônio gastrina.

**Glândulas fúndicas.** As glândulas fúndicas são as mais complexas do estômago. Apresentam os seguintes tipos celulares, de distribuição não-uniforme: *mucócitos cervicais*, *células-tronco*, *células parietais*, *células principais* e *endocrinócitos*.

Os *mucócitos cervicais* ou *células mucosas do colo* são escassas células que estão dispersas entre as células parietais na parte alta das glândulas. São típicas células secretoras de muco, mas suas secreções são histoquimicamente distintas daquelas das células mucosas superficiais. Os mucócitos cervicais estão em constante atividade mitótica e substituem as células produtoras de muco localizadas nas fossetas e na superfície estomacal.

As *células-tronco*, também pouco numerosas nas glândulas fúndicas, podem se diferenciar e repor qualquer tipo celular epitelial gástrico.

As *células (exocrinócitos) parietais* ou *oxínticas*, grandes e redondas ou piramidais, são mais numerosas nas paredes periféricas e na metade luminal das glândulas fúndicas. Estas células estão aplicadas ao exterior de outras células ou parcialmente intercaladas entre elas, comunicando-se com o lúmen das glândulas por finos processos entre as células vizinhas. Como são salientes na lâmina própria adjacente e ocorrem somente a intervalos, as células parietais conferem as glândulas gástricas um aspecto moniliforme. As células parietais apresentam um *canaliculo intracelular* por onde é expelido o ácido clorídrico; as células parietais também revelam uma peculiar eosinofilia pela presença de muitas mitocôndrias em seu citoplasma.

As *células (exocrinócitos) principais*, ou *zimogênicas*, são células cubóides presentes na metade inferior das glândulas fúndicas. Estas células apresentam uma característica basofilia devido à abundância de retículo endoplasmático rugoso, produtor de grande quantidade de *grânulos de pepsinogênio*.

Os *endocrinócitos* ocorrem em todos os tipos de glândulas do estômago, porém mais frequentemente nas glândulas fúndicas. Estas células são mais comuns nas partes profundas das glândulas, entre as células principais e a

lâmina basal. Seu citoplasma contém muitos grânulos basais que se coram fortemente por sais de prata, por isso os endocrinócitos gástricos fazem parte do sistema APUD. Os grânulos dos endocrinócitos contêm diversos produtos biologicamente ativos, como a serotonina, somatostatina, polipeptídeo intestinal vasoativo, a substância glucagoniforme e, no antro, a gastrina.

## INTESTINO DELGADO

**Dobras luminais.** As *pregas circulares*, *válvulas coniventes* ou *valvas de Kerckring* são dobras de mucosa e submucosa de forma circular ou espiral, estendendo-se por quase todo o intestino delgado. São especialmente desenvolvidas no duodeno e jejuno, onde costumam a se projetar na luz intestinal por até 8 mm.

Em toda a extensão do intestino delgado, a partir da papila de Vater, existem milhões de *vilosidades* ou *vilos*, que são pequenas projeções digitiformes de mucosa, altamente vasculares, revestindo as pregas circulares. Os vilos são em número de 10 a 40/mm<sup>2</sup>, se projetam por cerca de 0,5 a 1 mm da mucosa e estão tão próximas uns dos outros que ficam em contato entre si (figura 36).

Entre as bases dos vilos estão as pequenas aberturas de *glândulas intestinais*. O epitélio dos vilos é cilíndrico simples e contínuo com o das glândulas intestinais. Os vasos linfáticos surgem como capilares dilatados de fundo cego, os *vasos quilíferos*, no centro da vilosidade.

As vilosidades são revestidas por uma única camada de células colunares, os *enterócitos*, que se caracterizam pela presença de uma margem enrugada voltada para a luz intestinal, a *borda estriada* ou *em escova*, formada de cerca de 3000 *microrovilosidades*, em média; estima-se que 1 mm<sup>2</sup> de mucosa contenha 200 milhões destas estruturas. Estendendo-se do corpo celular para as microvilosidades existem filamentos de actina que apresentam contrações intermitentes, ocasionando movimento contínuo das microvilosidades.

**Glândulas intestinais ou criptas de Lieberkün.** Estas são glândulas tubulares simples cujos ductos desembocam na luz intestinal entre os vilos. As glândulas intestinais apresentam, além de enterócitos, células-tronco e caliciformes, as *células de Paneth*, zimogênicas, produtoras de *lisozima* – enzima capaz de digerir a parede celular bacteriana.

As *glândulas de Brunner* são glândulas mucosas tubulares enoveladas; encontram-se na submucosa do duodeno e desembocam nas criptas de Lieberkün.

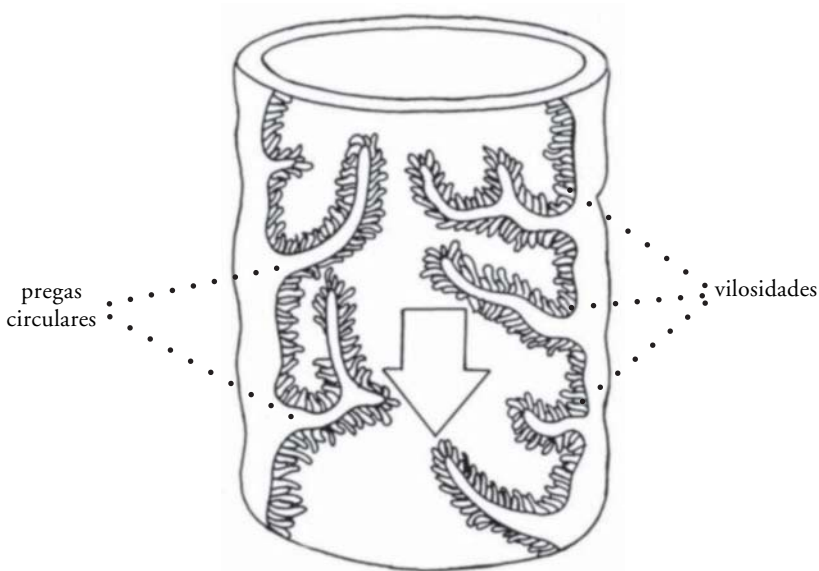


Figura 36 - Dobras luminais do intestino delgado.

**Placas de Peyer.** Estas placas são agregados de 10 a 300 nódulos linfóides na mucosa e submucosa. O diâmetro de cada placa varia entre 2 a 10 cm. Elas são visíveis como cerca de trinta áreas ovais esbranquiçadas na borda antimesentérica, a maioria no íleo terminal. As placas não apresentam vilosidades e, em vez de células absorptivas, seu epitélio é formado pelas células M.

## INTESTINO GROSSO

A mucosa do intestino grosso contém criptas de Lieberkün, porém sem vilosidades ou enzimas nas células epiteliais. As células mais abundantes da mucosa do intestino grosso são as células mucosas, que só secretam muco. A mucosa e submucosa são ricas em nódulos linfóides, o que se justifica pela sua população bacteriana abundante.

**Tênias.** As fibras musculares da camada longitudinal do cólon formam um estrato contínuo, mas também se concentram em três faixas longitudinais de 6 a 12 mm de largura, as *tênias*.

São descritas três tênias: *livre, omental e mesocólica*. No ceco, cólons ascendente, descendente e sigmoide, a tênia livre é anterior, a omental posterolateral e a mesocólica posteromedial. No cólon transverso, a tênia livre é inferior, a omental antero-superior e a mesocólica posterior. No reto e canal anal não existem tênias, pois a camada longitudinal volta a se espalhar formando duas largas faixas macroscopicamente reconhecíveis, uma anterior e outra posterior.

O desvio de fibras longitudinais das tênias para o estrato circular é um elemento que pode explicar a saculação do cólon; também porque as tênias são aproximadamente 30 cm mais curtas do que o cólon, o intestino grosso se torna “sanfonado” na sua típica forma saculada. Se as tênias forem removidas por dissecação, o cólon se alonga e perde suas haustrações.

---

## A N A T O M I A

---

### BOCA

A boca é um espaço mioesquelético ogival formado de uma fenda externa – o *vestíbulo* – e uma *cavidade* interna, separadas entre si pelos *arcos dentários*. As *glândulas salivares labiais, bucais e parótidas* desembocam no vestíbulo, enquanto que as *palatinas, linguais, sublinguais e submandibulares*, na cavidade.

Os *lábios* são duas pregas carnosas formadas pelo músculo *orbicular da boca*. A borda livre de cada lábio, de coloração viva, é o *vermelhão labial*, o qual forma o limite da abertura ou *rima da boca*. As *bochechas* são continuações laterais dos lábios, sendo deles separados externamente pelos sulcos bucolabiais. O *músculo bucinador* forma o principal conteúdo da bochecha.

O teto da cavidade bucal é o *palato*. Sua parte anterior ou *palato duro* é ósseo e revestido por denso *mucoperiósteo*; a parte posterior ou *palato mole* consiste de uma prega de mucosa envolvendo um estrato mioaponeurótico de cinco pares de músculos esqueléticos: *tensor do véu palatino, elevador do véu palatino, músculos palatoglosso, palatofaríngeo e uvular*. A *úvula* está no centro de borda posterior do palato mole e se continua com os *arcos palatais*, que formam o limite posterior da boca – a *fauce* ou *garganta* –, que separa da boca da faringe.

O *assoalho da boca* é formado pelos *músculos milo-hióideos*. Estes se esticam como um diafragma desde a sua origem na face interna da mandíbula até sua inserção ao longo de uma rafe mediana e no osso hioide. Os músculos milo-hióideos suportam a língua como uma tipoia.

## FARINGE

A faringe é um tubo miomembranoso de 14 cm, que se estende da base do crânio, onde é mais larga (cerca de 3,5 cm de largura), até a raiz do pescoço na altura da cartilagem cricóide, onde se continua com o esôfago. Na sua junção com o esôfago, a faringe reduz-se para 1,5 cm de largura, com esta sendo a parte mais estreita do canal alimentar após a luz do apêndice vermiforme. A parede anterior da faringe é descontínua, pois se comunica amplamente com as cavidades do nariz, da boca da laringe, formando, respectivamente, os três setores: *nasofaringe*, *orofaringe* e *larínfaringe*.

**Nasofaringe ou rinofaringe.** Esta é a parte da faringe posterior ao nariz e superior ao palato mole.

Com exceção do palato mole, as paredes da rinofaringe são estáticas, sua cavidade estando sempre aberta e, neste aspecto, ela difere das demais partes da faringe e assemelha-se mais à cavidade do nariz. A rinofaringe se comunica anteriormente com as cavidades nasais através das aberturas nasais posteriores, as *coanas*, as quais medem cada uma cerca de 2,5 cm x 1,3 cm, e são separadas entre si pela margem posterior do septo nasal.

Duas importantes estruturas estão na rinofaringe: (1) o *óstio da tuba auditiva* na sua parede lateral a cerca de 1 cm atrás da extremidade inferior da concha nasal inferior; o óstio estabelece uma comunicação aerada entre a faringe e o ouvido médio; o lábio posterior do óstio é proeminente devido a saliência da cartilagem subjacente da tuba, e é denominado *toro tubário*; atrás deste, a mucosa faríngea reveste um *recesso faríngeo* variável; (2) a *tonsila faríngea*, uma massa linfática situada na submucosa do teto e dorso da nasofaringe; é mais desenvolvida na infância.

**Orofaringe ou *cavum*.** A orofaringe se estende da borda livre do palato mole à borda livre epiglote.

O *cavum* é separado da boca pelo *istmo da fauce*. Este é uma abertura em forma de escudo limitada superiormente pelo borda livre do palato mole, lateralmente pelas pregas palatofaríngeas e inferiormente pela borda livre da

epiglote; através dela, a orofaringe se abre na boca olhando para a face posterior da língua.

As paredes laterais da orofaringe contêm uma massa de tecido linfático, as *tonsilas palatinas*, cada uma localizada no *seio tonsilar* entre os *arcos palatoglossos* e *palatofaríngeos*. A superfície da tonsila é escavada por cerca de trinta fissuras, as *criptas*.

As tonsilas são elementos de um círculo protetor de tecido linfático, o *anel de Waldeyer*. A parte inferior do anel é formada pela tonsila lingual, a superior pela tonsila faríngea e as partes laterais pelas tonsilas palatina; existem massas linfáticas menores entre estes grupos principais.

**Laringofaringe ou hipofaringe.** A hipofaringe se estende da borda livre da epiglote até a borda inferior da cartilagem cricóide, onde se continua com o esôfago.

Na parede anterior da laringofaringe, incompleta, está a abertura da laringe, o *ádito da laringe*, ao lado da qual se encontra a abertura proximal do pequeno e estreito *seio piriforme*.

A hipofaringe é dividida arbitrariamente em três regiões anatomicamente contíguas: 1) *região pós-cricóide*, que se estende das cartilagens aritenóides superiormente até a cartilagem cricóide inferiormente, 2) *seio piriforme*, de forma piramidal, com base superior e ápice inferior, limitado medialmente pela prega ariepiglótica e pelo lado da cartilagem cricóide, lateralmente pela cartilagem tireóidea e pela membrana tiro-hióidea, e posteriormente pelas paredes laterais e posteriores da faringe. Abaixo da mucosa do seio piriforme estão os ramos do nervo laríngeo interno; corpos estranhos podem alojar-se no recesso e, se a mucosa for lesada durante sua remoção, o nervo pode ser danificado, resultando em anestesia da região supraglótica da laringe e das cordas vocais; 3) *parede posterior da faringe*, que se estende da borda livre da epiglote até a borda inferior da cartilagem cricóide, anteriormente ao espaço retrofaríngeo e as vértebras C<sub>3</sub> a C<sub>6</sub>.

Os ramos faríngeos dos nervos vago e glossofaríngeo (parassimpáticos) e do gânglio cervical superior (simpático) formam uma rede neuronal no tecido conectivo externo aos músculos constritores, o *plexo faríngeo*. A partir deste plexo, fibras autônomas se misturam e se ramificam nas túnicas muscular e mucosa, inervando-as. O acentuado desenvolvimento do plexo faríngeo na espécie humana é atribuído à fonação.

## ESÔFAGO

O esôfago é um tubo muscular de 25 cm de comprimento, que une a faringe ao estômago. O esôfago começa na base do pescoço, na altura da cartilagem cricóide, desce anteriormente à coluna vertebral através do mediastino, atravessa o *hiato esofágico* do diafragma e termina no *óstio cardíaco* do *estômago*, em nível de T<sub>11</sub>. Geralmente vertical, apresenta discretas curvaturas laterais e ântero-posteriores, as últimas acompanhando as sinuosidades da coluna vertebral (figura 37).

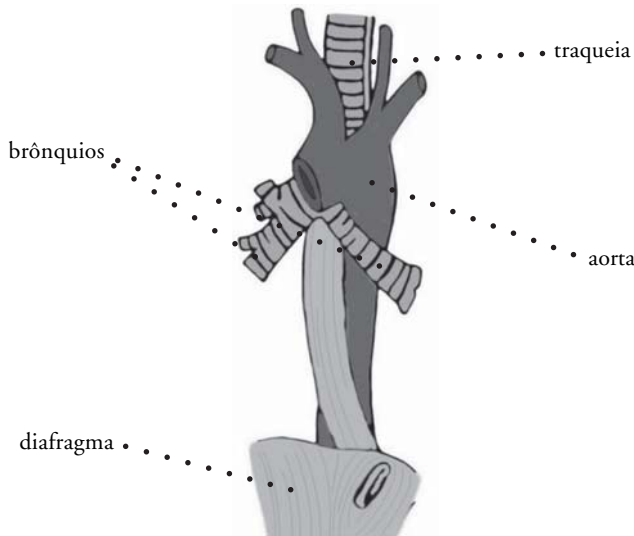


Figura 37 - Esôfago e suas relações com a traquéia, aorta, brônquios e diafragma.

No mediastino, o esôfago se localiza no *espaço retrocardíaco*, uma zona estreitada entre a coluna vertebral e o pericárdio. Este espaço é identificável especialmente em vistas laterais dos exames radiológicos contrastados do esôfago conhecidos como *esofagogramas*.

Após o apêndice vermiforme, o esôfago é a parte mais estreita do TD, sendo constringido (1) no seu início, 15 a 17 cm dos dentes incisivos, na altura da cartilagem cricoide, (2) onde é cruzado pelo arco aórtico, 20 a 23 cm dos dentes incisivos, (3) onde é cruzado pelo brônquio esquerdo, a 27-28 cm dos incisivos, e (4) quando atravessa o diafragma, 40 a 43 cm dos dentes

incisivos. Estes estreitamentos são importantes referenciais para a localização de anomalias detectadas durante exames de endoscopia digestiva. Além disso, os estreitamentos são locais sujeitos a obstrução por corpos estranhos, perfurações instrumentais e estenoses por ingestão de substâncias cáusticas.

O esôfago está preso anteriormente à traqueia até a carina, a nível de T<sub>5</sub>. Abaixo dos hilos pulmonares, os nervos vagos descem em contato com o esôfago, o direito atrás e o esquerdo na frente, unindo-se para formar um *plexo esofágico* em torno dele.

A inervação do esôfago é parassimpática, através dos *nervos vagos*, e simpática, através dos *plexos simpáticos* e *nervos esplâncnicos*. Todos estes nervos enviam ramos que se misturam entre si na parede esofágica para formar os plexos de Auerbach e Meissner.

## PERITÔNIO

O *mesotélio* é o revestimento endotelial da cavidade celômica primitiva do embrião. No adulto, o mesotélio se torna a *pleura*, no tórax, e o *peritônio*, no abdome. Tanto a pleura quanto o peritônio são invaginados pelas vísceras que crescem para dentro e, assim, se tornam cobertas por uma membrana serosa e são comodamente compactadas dentro de uma cavidade revestida de serosa.

O peritônio é a maior e mais complexa das membranas serosas. Trata-se de um saco que reveste o abdome e reflete-se sobre as suas vísceras.

Nos homens, o peritônio é uma bolsa fechada; nas mulheres, as extremidades laterais das tubas perfuram a cavidade do saco, o que constitui uma possível via de infecção a partir do exterior.

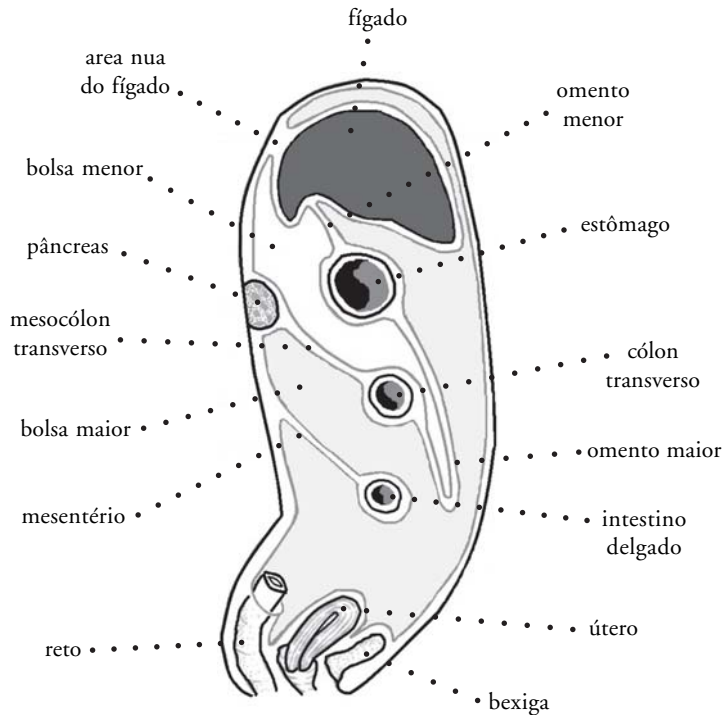
**Peritônio visceral e parietal.** Onde a serosa reveste a parede abdominal, o peritônio é denominado *peritônio parietal*, e onde reveste as vísceras é denominado de *peritônio visceral*. O último está firmemente unido aos tecidos subjacentes, sendo sua camada de tecido conectivo contínua com o estroma visceral fibroso; conseqüentemente, o peritônio visceral deve ser considerado como parte da víscera. A superfície peritoneal livre é revestida pelo mesotélio, o qual é mantido úmido e liso por uma película de líquido seroso.

**Bolsas maior e menor.** As camadas visceral e a parietal do peritônio estão separadas entre si por um espaço potencial, a *cavidade peritoneal*, a qual consiste de uma região principal, o *saco* ou *bolsa peritoneal maior*, e um divertículo,



a *bolsa omental* ou *menor* ou *saco peritonial menor*, atrás do estômago e à direita do baço.

**Revestimento peritonial.** Para revisar as complicadas inserções do peritônio, é melhor começar em um ponto na bolsa maior e seguir esta membrana em uma viagem de ida e volta da cavidade abdominal, passando pela bolsa menor (figuras 38).



**Figura 38** - Cavidade peritonial feminina em corte sagital.

Um ponto conveniente de partida é o peritônio parietal da parede abdominal anterior abaixo do umbigo. Neste nível, a membrana é lisa, não considerando as cristas superficiais formadas pela *prega umbilical mediana* (o úraco fetal obliterado que passa da bexiga para o umbigo), pelas *pregas umbilicais mediais* (as artérias umbilicais obliteradas que passam para o umbigo a partir das artérias ilíacas internas) e as *pregas umbilicais laterais* (o peritônio que cobre os vasos epigástricos inferiores).

Uma cicatriz geralmente pode ser sentida e vista na face posterior do umbigo, e a partir desta, o *ligamento falciforme* estende-se para cima e ligeiramente para a direita da linha mediana. Na margem livre deste ligamento, situa-se o

*ligamento redondo do fígado* (a veia umbilical esquerda fetal obliterada) que passa para o sulco entre o lobo quadrado e lobo esquerdo do fígado.

Da face anterior do fígado, o peritônio se reflete para a face inferior do diafragma, delimitando uma *área nua* ao longo dos *ligamentos coronários do fígado* e sobre a margem direita do esôfago abdominal.

Após envolver o fígado, o peritônio desce da porta hepática como uma lâmina dupla, o *omento menor*, para a curvatura menor do estômago. Aqui ele se divide novamente para envolver este órgão, se refaz na curvatura gástrica maior, depois faz uma alça para baixo, e então volta para cima novamente para se inserir no comprimento do colo transversos, formando o *omento maior*.

O colo transversos, por sua vez, está incluído dentro deste peritônio, que então passa para cima e para trás como o *mesocólon transversos* para a parede abdominal posterior, onde é inserido ao longo da face anterior do pâncreas.

Na base do mesocólon transversos, esta lâmina peritonial dupla se divide novamente; o folheto superior passa para cima sobre a parede abdominal posterior para se refletir sobre a área nua fígado, o folheto inferior passa sobre a parte inferior da parede abdominal posterior para cobrir as vísceras pélvicas e se ligar uma vez mais com o peritônio da parede anterior. Esta lâmina posterior é, portanto, interrompida por estar sendo refletida ao longo de uma lâmina oblíqua que corre da flexura duodenojejunal até a junção iliocecal para formar o *mesentério*.

A *bolsa omental*, geralmente obliterada, é a extensa bolsa que se situa atrás do omento menor e do estômago e que se projeta para baixo entre as lâminas do omento maior. Sua parede esquerda é formada pelo baço preso pelos *ligamentos gastroesplênico e esplenorrenal*. A extremidade direita da bolsa menor se abre na bolsa maior através de uma fenda vertical de 3 cm de altura, à direita da linha mediana do abdome, o *forame epiploico* ou de *Winslow*, logo acima do bulbo duodenal. O forame epiploico é limitado anteriormente pela margem livre do omento menor, posteriormente pela veia cava inferior, inferiormente pela 1ª parte do duodeno e superiormente o processo caudado do fígado.

**Mesentério.** *Meso* é uma lâmina peritonial, revestida em ambos os lados por mesotélio, que fixa diversas vísceras ao retroperitônio. Apresenta uma borda dorsal curta, a *raiz*, que se insere na parede abdominal posterior, e uma borda ventral livre muito maior, a *borda entérica*, onde se encontra o segmento intestinal correspondente; entre essas bordas, o meso se expande como um leque.

O meso contém linfonodos, gordura, tecido conjuntivo, vasos e nervos em trânsito para o órgão correspondente; recebe o nome de acordo com a estrutura atendida: *mesentério* (jejuno-íleo), *mesocólon mesoapêndice* e *mesossigmoide* (cólon sigmoide). Nem todas as vísceras abdominais têm meso.

**Omentos.** Os *omentos* ou *epíploos* (*maior e menor*) são pregas de peritônio derivadas do *mesogástrio embrionário* e, assim, ligadas anatomicamente ao estômago. Apresentam forma similar a um avental de cozinheira, com uma ou mais bordas livres e pendentes. Na espessura dos omentos, encontram-se vasos, nervos, linfonodos, tecido gorduroso e conjuntivo.

O omento menor se estende da curvatura gástrica menor ao hilo hepático. Contém a neurovasculatura e os linfonodos que suprem o fígado (envolvidos em uma *cápsula fibrosa perivascular de Glisson*) e o estômago. Portanto, por natureza, trata-se de um *mesofígado* ou *mesogástrio*, e não de um efetivo epíploo. A palavra *omento* é usada para designar um “avental” e, assim, é mais apropriada para o omento maior do que para o menor.

O ducto hepático comum e a parte supraduodenal do colédoco se situam na margem livre, direita, do omento menor, onde estão relacionados como se segue: colédoco – anterior direito, artéria hepática – anterior esquerda, veia porta – posterior entre ambos, e veia cava inferior ainda mais posterior, separada da veia porta pelo forame de Winslow.

O omento maior é uma folha dupla, dobrada sobre si mesma. Desce a partir da curvatura maior do estômago por uma distância variável, pendendo sobre as alças do intestino delgado. Em seguida sobe atrás de si mesmo para terminar no cólon transversal. O omento apresenta máculas visíveis, densas, arredondadas, as *manchas lácteas*, as quais contêm grande quantidade de macrófagos fixos que podem ser facilmente mobilizados.

O grande epíploo é o maior e o verdadeiro omento, pois não dá passagem, como o pequeno omento, a estruturas que nutrem a víscera correspondente. Na sua espessura, os vasos gástricos apenas formam um arco anastomótico.

**Recessos e espaços peritoneais.** Inúmeras fossetas ou recessos se formam dentro da cavidade peritoneal na qual as alças do intestino podem se tornar presas e estranguladas, formando *hérnias internas*. As fossetas de maior importância são (1) a *bolsa omental*, através do forame epiplóico, (2) o *recesso paraduodenal*, entre a flexura duodenojejunal e os vasos mesentéricos inferiores, (3) o *recesso retrocecal*, no qual o apêndice frequentemente se situa, e (4)

*recesso intersigmoide*, formado pela inserção em V invertido do mesossigmoide na parede abdominal posterior.

Abaixo do diafragma estão inúmeros espaços potenciais formados em relação às inserções do fígado. Um ou mais desses espaços podem se tornar preenchidos com pus – um *abscesso subfrênico* –, fechado inferiormente por adesões. São descritos cinco espaços peritoneais de importância clínica: *subfrênico direito*, *subfrênico esquerdo*, *infra-hepático direito*, *infra-hepático esquerdo* e *extraperitonal direito*.

Os espaços subfrênicos direito e esquerdo se situam entre o diafragma e o fígado, separados um do outro pelo ligamento falciforme.

Os espaços infra-hepáticos direito e esquerdo se situam abaixo do fígado. O direito é o *espaço hepatorenal de Morinson* e está limitado pela parede abdominal posterior, atrás, e pelo fígado, acima. Ele se comunica anteriormente com recesso subfrênico direito em torno da margem inferior do lobo direito do fígado e abaixo ambos se abrem na cavidade peritoneal geral a partir da qual a infecção pode projetar-se, por exemplo, a partir de um apêndice perfurado ou de uma úlcera péptica perfurada.

O espaço subfrênico esquerdo é a bolsa omental que se comunica com o direito através do forame epilóico. Ele pode se encher de líquido como resultado de uma perfuração na parede posterior do estômago ou a partir de um pâncreas inflamado ou lesado para formar um pseudocisto do pâncreas.

O espaço extraperitonal direito se situa entre a área nua do fígado e o diafragma. Ele pode se tornar envolvido nas infecções intraperitoneais ou diretamente a partir de um abscesso do fígado.

**Apêndices omentais ou epiploicos.** Estas estruturas são massas de gordura e de tecido conjuntivo envolvidas por peritônio. Os apêndices epiploicos são pediculados e de forma redonda ou alongada, estando presentes especialmente nos cólons transverso e sigmoide; muitos contêm uma arteríola proveniente do intestino. As funções dos apêndices epiploicos são obscuras.

## ESTÔMAGO

Parte mais dilatada do TD, o estômago está situado entre o esôfago e o duodeno (figura 39). Sua forma e posição variam conforme a constituição individual, postura, conteúdo, estado dos intestinos, tônus da parede abdominal e da musculatura do estômago. Tende a ser alto e transversal na pessoa obesa e baixa, e alongado no indivíduo astênico. Comumente, a forma é de

um J, mas a víscera pode se dispor mais horizontalmente, em uma configuração tipo *chifre de novilho*. Tipos intermediários também podem ocorrer. A capacidade do estômago adulto é de cerca de 1500 ml.

O estômago repousa sobre uma “cama” retroperitoneal, o *leito gástrico*, formado pelo diafragma, pâncreas, mesocólon transverso, baço, suprarenal esquerda e pólo superior de rim esquerdo. Somente a parte superior do estômago é fixada a esse leito pelos *ligamentos gastroesplênico* (até o baço) e *gastrofrênico* (até o diafragma).

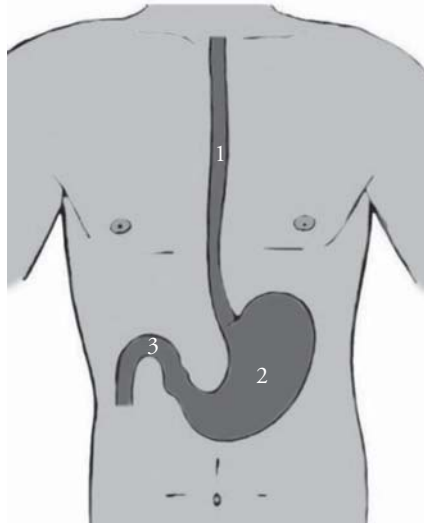


Figura 39 - Esôfago (1), estômago (2) e início do duodeno (3).

**Bordas e orifícios.** O orifício proximal do estômago, o *óstio cárdico*, está à esquerda da linha mediana e corresponde à desembocadura do esôfago. O *óstio pilórico* é a abertura distal do estômago, no duodeno, à direita; é sulcado externamente pela *constricção pilórica*, que marca a posição do *esfincter pilórico*.

As bordas ou *curvaturas gástricas* se estendem do óstio cárdico ao pilórico. A *curvatura menor* ou *direita* é côncava e dá inserção ao omento menor; apresenta em sua parte ínfero-direita uma indentação, a *incisura angular*. A *curvatura maior* ou *esquerda* é convexa e começa em um ângulo agudo, a *incisura cárdica*. O omento maior está preso a essa curvatura.

**Setores.** Um plano unindo a incisura angular a uma protuberância oposta na curvatura maior divide o estômago em uma parte grande, esquerda e dilatada, o *corpo*, e em uma parte direita menor, tubular, o *antro*. A parte do corpo do estômago que está acima do óstio cárdico, semelhante a um domo, é o *fundo gástrico*. A *parte cárdica* do estômago é uma faixa de cerca de 1 cm de largura que circunda óstio cárdico.

Do ponto de vista fisiológico, é mais apropriado dividir o estômago em porção *esquerda, oral* ou *sacular*, que compreende cerca dos primeiros 2/3 do corpo, e *porção direita, caudal* ou *tubular*, incluindo o restante do corpo e todo o antro.

**Neurovasculatura.** A neurovasculatura do estômago é farta. Um par de caudalosas artérias (*gástricas e gastroepilóicas*) provenientes do *tronco celiaco* penetram no órgão a partir de suas curvaturas, formando extensos plexos na parede gástrica. A inervação simpática provém do *plexo celiaco*, acompanhando as artérias.

O suprimento parassimpático sai do nervo vago. Na região da cárdia, o plexo esofágico se reúne formando um *vago anterior* e outro *posterior*. Cada um fornece quatro a dez pequenos *ramos gástricos* para o fundo e corpo, e um *nervo gástrico maior de Latarjet* ao longo do pequeno epíploo, próximo à curvatura menor. Um *ramo hepático* sai do vago anterior e segue a artéria homônima para suprir o fígado. Os *ramos celiacos*, maiores do que os gástricos, saem do vago posterior, atravessam o pequeno omento para o plexo celiaco, a partir do qual são redistribuídos para o intestino anterior.

## INTESTINO DELGADO

O intestino delgado é um tubo contorcido que vai do *piloro* à *valva íleo-cecal*. No cadáver fresco, se alonga devido a atonia muscular e a distensão gasosa *pós-mortem*; nas peças formolizadas, sofre um encurtamento de quase 50% em sua extensão. Assim, seu tamanho funcional é o que ocorre em vivos, em torno de cinco metros, e não de sete, como geralmente divulgado.

O intestino delgado ocupa a parte central e a inferior do abdome circunscrito pelo cólon. Por isso, diz-se que sua disposição é *tipo quadro*, sendo o intestino grosso a sua moldura (figura 40).

O lado onde o mesentério se insere no intestino delgado é chamado de *borda mesentérica*. A *borda antimesentérica* é aquela diametralmente oposta ao mesentério na alça intestinal. As placas de *Peyer* são mais numerosas na borda

antimesentérica do que na mesentérica. A importância do conceito dessas bordas é médica: por ser menos vascular e ter maior número de placas de *Peyer*, a borda antimesentérica está mais sujeita as perfurações induzidas por infecções que afetam estruturas linfóides intestinais, como a *febre tifoide*.

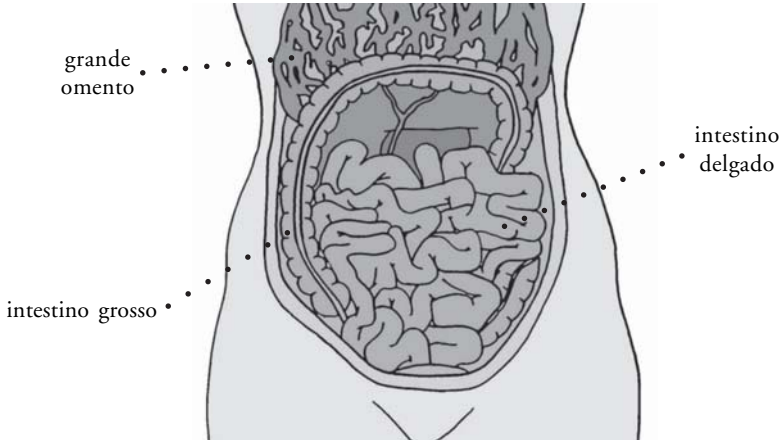


Figura 40 - Intestino delgado.

**Setores.** O intestino delgado é dividido em (1) uma parte sésil, o *duodeno*, curvado em forma de C para se encaixar na cabeça do pâncreas, e em (2) uma parte longa, retorcida dotada de mesentério, o *jejuno* e o *íleo*, envolvidos por peritônio.

O duodeno é a parte mais curta, larga e fixa do intestino delgado. Ele não possui mesentério e é, assim, desperitonizado em muitas áreas, especialmente em sua face posterior.

O duodeno mede cerca de 25 cm ou 12 dedos, daí o nome. Ele estende-se desde o piloro até o ângulo duodeno-jejunal, se dividindo em quatro partes ao longo de seu trajeto.

A *1ª parte do duodeno*, ou *bulbo duodenal*, tem 5 cm de comprimento e vai do piloro ao colo da vesícula biliar. No seu término, este segmento curva-se abruptamente na *flexura duodenal superior* para se continuar como *2ª porção do duodeno*. O bulbo duodenal está abaixo do lobo quadrado do fígado, da vesícula biliar e do forame epiplóico, e na frente da artéria gastroduodenal, colédoco e veia porta. A *1ª parte* geralmente é impregnada pela bile após a morte devido a seu contato com a vesícula biliar.

A 2ª parte ou *parte descendente do duodeno*, de 8 a 10 cm de extensão, desce ao longo do lado direito da coluna vertebral para a margem inferior do corpo de L<sub>3</sub>, onde se curva transversalmente para a esquerda na *flexura inferior do duodeno* para se continuar como 3ª porção do duodeno.

O meio da parte descendente é cruzado, pela frente, pelo mesocólon transverso. Atrás desta porção do duodeno está a margem medial do rim direito; medialmente estão o colédoco e a cabeça do pâncreas. Os ductos colédoco e pancreático entram em contato no seu lado medial, penetrando obliquamente em sua parede e se unindo para formar a ampola hepatopancreática.

A 3ª parte do duodeno, a *parte horizontal*, tem cerca de 10 cm e passa horizontalmente para a esquerda, pela frente da veia cava inferior, para terminar na frente da aorta abdominal. Esta parte é cruzada na frente pela raiz do mesentério e pelos vasos mesentéricos superiores.

A 4ª parte ou *parte ascendente do duodeno*, com aproximadamente 2,5 cm de comprimento, sobe sobre a aorta, em nível com a parte alta de L<sub>2</sub>, onde se curva para frente em direção ao jejuno no ângulo duodeno-jejunal. A parte ascendente está entre o corpo do pâncreas e o rim esquerdo.

A divisão jejuno-ileal é arbitrária porque a natureza do intestino muda gradualmente, mas amostras provenientes destas duas partes mostram diferenças características (quadro 9). A separação entre duodeno e jejuno é evidente pela presença de uma curvatura anterior pronunciada na altura de L<sub>2</sub>, o *ângulo duodeno-jejunal, d-j* ou *ângulo de Treitz*, o qual é formado pela inserção de um feixe fibromuscular, o *músculo suspensor do duodeno*.

JEJUNO x ÍLEO		
caracter	jejuno	íleo
localização	umbilical	hipogástrica e pélvica
extensão	2/5 proximais	3/5 distais
diâmetro	2 a 4 cm	2 a 3 cm
paredes	espessas, vermelhas e mais vasculares	finas, rosa-pálido e menos vasculares
pregas circulares	aveludadas, grandes, altas, juntas, numerosas e com vilos maiores	lisas, pequenas, baixas, esparsas e com vilos menores
placas de Peyer	raras e menores	comuns e maiores
arcadas vasculares	poucas alças longas (1 a 3)	muitas alças curtas (5 a 6)
vasos retos	longos	curtos
mesentério	mais gorduroso	menos gorduroso

Quadro 9 – Jejuno X Íleo.



A *papila duodenopancreática maior* ou *papila de Vater* se localiza na parte medial do segmento descendente do duodeno, 8 a 10 cm distal ao piloro; apresenta um ou dois pequenos orifícios para a desembocadura dos ductos colédoco e pancreático. Um ducto pancreático acessório pode se abrir cerca de 2 cm proximal a papila de Vater sobre uma *papila menor do duodeno*. A papila de Vater é o marco de separação, no adulto, dos intestinos anterior e médio do embrião.

**Vasos retos.** No jejuno, os vasos retos provêm de uma ou duas arcadas vasculares. Seus ramos terminais, os *vasos retos*, são longos e infreqüentes, e passam para a parede do intestino. O íleo é suprido por vasos retos mais curtos e mais numerosos, que se originam de uma série completa de três a cinco arcadas (figura 35).

## INTESTINO GROSSO

O intestino grosso é a parte do TD entre a valva íleo-cecal e o ânus. Difere em estrutura, tamanho e disposição em relação ao intestino delgado (quadro 10).

**Setores.** O intestino grosso curva-se em torno das alças do delgado (disposição *tipo moldura*), começando na região ílaca direita como um fundo-de-saco, o *ceco*, o qual conduz ao *apêndice*, em forma de verme, e ao *cólon ascendente*, que sobe à região lombar e à hipocondríaca direita até a face inferior do fígado; aqui ele se curva para a esquerda formando a *flexura direita do cólon* e, com uma convexidade anterior, curva-se como *cólon transverso* em direção ao hipocôndrio esquerdo, onde se curva novamente para constituir a *flexura esquerda do cólon*. Em seguida, desce pelas regiões ílaca e lombar esquerda até a pelve menor, formando uma alça sinuosa, o *cólon sigmóide*, que se retifica ao longo da parte posterior da pelve como *reto* e *canal anal* (figura 41).

A abertura íleo-cecal é oval ou linear e possui uma valva formada de dois lábios semilunares que se projetam em direção ao

lúmen do ceco. A musculatura do íleo terminal se prolonga para dentro da valva formando um esfíncter.

O *apêndice vermiforme* é um verdadeiro divertículo, pois é uma bolsa formada de todas as túnicas da parede intestinal. O apêndice parece um verme dependurado e está preso ao ceco, póstero-medialmente, a aproximadamente 2,5 cm abaixo da junção íleo-cecal. Varia de 2 a 22 cm de comprimento, com a média de 9 cm. Sua posição é extremamente variável – mais do que de

qualquer outro órgão – e se ele for muito longo, pode se estender a qualquer parte do abdome. Assim diz-se que o apêndice é o único órgão do corpo que não tem anatomia fixa.

Mais frequentemente (75% dos casos), o apêndice se situa atrás do ceco; em 20% das vezes está abaixo do ceco ou inclina-se para baixo em direção a pelve; menos comumente (5%), ele passa à frente ou atrás do íleo terminal, ou se situa na frente do ceco ou no sulco paracólico direito.

INTESTINO GROSSO X DELGADO		
caracter	grosso	delgado
extensão	15% (1,5 m)	65% (5 m)
disposição	moldura	quadro
calibre	maior	menor
mucosa	lisa, pálida, sem vilos e válvulas coniventes	aveludada, rosada, com vilos e válvulas coniventes
apêndices epiplóicos, haustros e tênias	presentes	ausentes
mobilidade	menor	maior

Quadro 10 – Intestino grosso x delgado

O lúmen do apêndice é estreito e se abre no ceco por um pequeno orifício. Esse canal faz parte do meio externo e, portanto, seu revestimento é um possível local de entrada de elementos estranhos. O lúmen do apêndice é irregular e muito estreitado pela presença de cerca de 200 nódulos linfóides. Essas massas são grandes acúmulos esféricos de células imunitárias, representando uma defesa local contra infecção e um ambiente de amadurecimento de linfócitos.

O *reto* é retilíneo em mamíferos inferiores (daí o nome), mas curvado no homem para caber na concavidade do sacro. Ele apresenta uma série de três inflexões laterais, cobertas no lúmen pelas *pregas transversas do reto* ou *válvulas de Houston*, que se projetam para a esquerda, direita e para a esquerda, de cima para baixo.

Atrás da próstata, ou da vagina, está a *ampola retal*, uma dilatação do reto na qual os excrementos se acumulam antes de serem expelidos. As fezes são mantidas aí pela *porção puborretal do músculo levantador do ânus*, que traciona

o reto para diante, de modo que apenas abaixo da ampola o reto se vira subitamente para trás e para baixo em um ângulo de 90°, a seguir atravessando o diafragma da pelve. Esse ângulo e a atuação do músculo puborretal são importantes na continência fecal, e a lesão do diafragma da pelve ou do corpo do períneo pode causar perda de capacidade de reter as fezes.

O *canal anal* é o trajeto terminal do intestino grosso. Tem 4 cm de extensão e é completamente envolvido por um complexo de esfíncteres: o *esfíncter interno* é um espessamento da musculatura circular do reto em torno dos  $\frac{3}{4}$  proximais do canal anal, e o *esfíncter externo* é um músculo esquelético circular, voluntário, que envolve todo o canal anal, por fora do esfíncter interno. Na parte inferior do canal, o esfíncter externo se curva medialmente para ocupar uma posição abaixo da margem inferior do esfíncter interno, próximo à pele anal; na sua metade superior, o esfíncter externo se funde com as fibras da faixa puborretal do músculo levantador do ânus, na junção anorretal.

**Fezes.** Estes refugos são massas semi-sólidas de coloração amarronzada formadas pelo acúmulo de resíduos alimentares não absorvidos e modificados por ação dos sucos e micróbios entéricos. São constituídas de 70% de água e 30% de substâncias sólidas, as últimas formadas de 30% de bactérias, 30% de resíduos não digeridos, 20% de gordura, 15% de matéria orgânica e 5% de proteínas. Sua cor é produzida pela *estercobilina* e *urobilina*, derivados da bilirrubina. O odor é devido a produtos voláteis formados pela ação bacteriana, incluindo *indol*, *escatol*, *mercaptano* e *sulfeto de hidrogênio*.

---

## FISILOGIA

---

### TÚNICAS DIGETÓRIAS

#### EPITÉLIO

As principais funções do revestimento epitelial do TD são prover uma barreira seletivamente permeável entre o conteúdo do lúmen e os tecidos orgânicos, facilitar o transporte e a digestão de alimentos, promover a absorção destes produtos de digestão, produzir hormônios que regulam a atividade digestória e produzir muco para lubrificação e proteção.

O epitélio do sistema digestório é uma interface de interação entre o alimento e o meio interno. Sua citologia varia com as funções regionais. O epitélio pavimentoso estratificado, presente na boca, faringe, esôfago e canal anal, exerce função impermeabilizante e condutora para o material intraluminal, devido à presença de uma mucosa com várias camadas celulares.

Ademais, o epitélio escamoso protege o tecido subjacente e facilita a passagem de alimento por meio de secreções lubrificantes. Na língua, o epitélio é queratinizado anteriormente, sobre as papilas, porque o ápice lingual sofre uma grande desidratação e fricção durante a mastigação.

Em outras partes do aparelho digestório, o epitélio é simples, composto de células secretoras, que fornecem muco, enzimas e íons, e de células de absorção, colunares, com borda estriada. O epitélio intestinal tem claramente efeito absorptivo, que se manifesta pela presença de uma única camada de células com borda em escova de grande superfície.

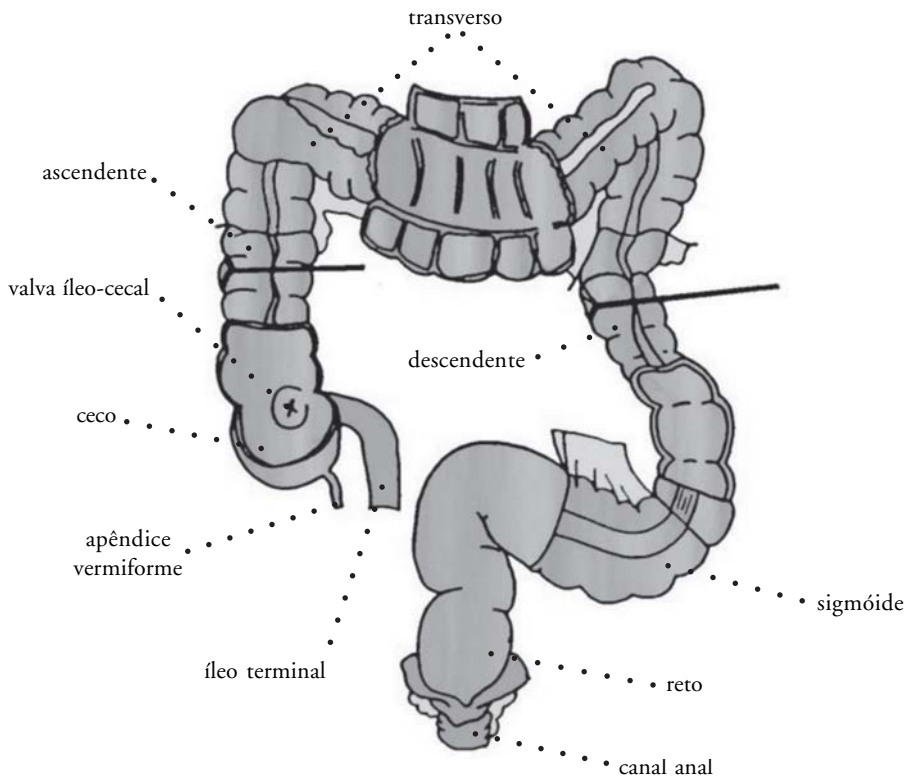


Figura 41 - Intestino grosso.

## MUSCULATURA LISA

As túnicas musculares conferem motilidade ao TD. A muscular da mucosa promove um movimento focal da mucosa, independente de outros movimentos do TD. Sua contração provoca um maior enrugamento na mucosa local, aumentando-lhe a superfície absorptiva e o contato com os alimentos. As fibras dessa musculatura prolongam-se para as vilosidades ao longo dos vasos quilíferos, causando, por contração intermitente, a ordenha desses linfáticos, o que leva a linfa a fluir através dos vasos quilíferos para o sistema linfático. Já as contrações da muscular principal impulsionam e misturam os alimentos.

A atividade do TD é controlada pelo sistema nervoso e modulada pelo sistema neuroendócrino difuso através da ação de seus diversos hormônios peptídicos.

## SEROSA

A função essencial de uma serosa é a separação das vísceras o suficiente para uma atividade livre. O *peritônio* forma uma superfície lisa, brilhante e escorregadia, permitindo aos órgãos intra-abdominais deslizarem livremente sobre a parede abdominal, e uns sobre os outros, dentro de limites ditados por suas inserções.

O mesotélio assemelha-se ao endotélio em sendo uma membrana dialisadora em que líquidos e pequenas moléculas podem passar. Normalmente pequenos volumes de líquidos são absorvidos pelo peritônio, mas grandes volumes podem ser administrados via intraperitoneal; ao contrário, substâncias como a *ureia* podem ser dialisadas a partir do sangue através da cavidade peritoneal.

O peritônio também exerce função imunitária. Macrófagos, leucócitos, mastócitos e linfócitos migram livremente entre a cavidade peritoneal e os tecidos adjacentes. Partículas tóxicas extravasadas da luz intestinal ou injetadas intraperitonealmente são ingeridas por fagócitos e transportadas para vários locais do sistema imunológico. No peritônio, como também em outros tecidos, os linfócitos exercem os mecanismos celular e humoral de defesa imunitária.

Muitas pregas peritoneais são erroneamente chamadas de “ligamentos”. Com pouco em comum na estrutura e função com os ligamentos esqueléticos, eles são mais apropriadamente *pedículos neurovasculares* de órgãos revestidos por peritônio, alguns tendo poder de sustentação limitado.

O meso propicia a existência de um TD extenso. Sua raiz, pequena, permite a entrada de vasos e nervos supridores. À medida que se dirige para a alça entérica, a parte ventral do meso se expande enormemente, como um leque, formando uma borda livre de grande extensão, onde pode alojar um segmen-

to intestinal enovelado e igualmente longo, dentro de uma cavidade abdominal relativamente exígua.

O omento maior funciona como *reservatório* de *gordura*, a qual pode ser desdobrada para a obtenção de aminoácidos e glicose durante períodos de desnutrição ou jejum prolongado. Também é um depósito de células imunitárias e vasos sanguíneos. Este suprimento vascular adicional pode ser mobilizado em casos de infecções intra-abdominais, provendo um aporte suplementar de células imunocompetentes, responsáveis pela eliminação de microorganismos e pela cicatrização. Assim, além de armazenar lipídios, o omento pode limitar a disseminação de *peritonites*. O omento não é vital, pois em condições normais não apresenta função aparente, portanto podendo ser removido sem dano imediato.

A bolsa omental separa o estômago dos órgãos que formam o leito gástrico, facilitando o movimento do estômago sobre estas estruturas.

Os recessos peritoneais são de interesse clínico porque um segmento do intestino pode penetrar em um e ser comprimido pela prega na entrada do recesso, formando um tipo de *hérnia interna*. Visto que a entrada do recesso pode ser cortada para aliviar o estrangulamento e liberar o intestino, o grau de vascularização da prega pode tornar-se importante. Os recessos também podem acumular ocultamente líquidos patológicos, como pus, dificultando o diagnóstico de abscessos abdominais ou mesmo perpetrando uma infecção peritoneal já instalada.

## NÓDULOS LINFOIDES

Os nódulos linfoides presentes na lâmina própria e na submucosa protegem o organismo contra invasão bacteriana. A necessidade deste suporte imunológico é óbvia porque a maior extensão do TD é revestida por epitélio simples. Células linfoides da lâmina própria produzem anticorpos que, secretados para o lúmen, protegem contra invasões virais e bacterianas.

## BOCA

### INGESTÃO

Os componentes mecânicos da ingesta são representados pela *mastigação* e pela *deglutição*; esta é executada por várias estruturas incluídas no *canal*

*orofaríngoesofágico*, enquanto que a mastigação é feita na cavidade bucal exclusivamente.

A quantidade de alimento posta na boca é determinada pelo desejo intrínseco de comer, a *fome*. O tipo de alimento ingerido é determinado pelo *apetite*.

**Mastigação.** A mastigação é um fenômeno complexo resultante da ação harmônica do bloco *mastigas-músculos mastigatórios* (força compressiva), *dentes* (trituração) e *língua-lábios-bochechas* (orientação dos alimentos para as superfícies oclusais dos dentes).

A abertura da boca depende dos nervos *mandibular* e *facial*. O primeiro supre os músculos que abaixam e elevam a mandíbula e o facial, os músculos que movimentam os lábios. O processamento do alimento na boca é servido por esses mesmos nervos acrescidos do *nervo hipoglosso*: o nervo facial mantém os lábios fechados, o mandibular inerva os músculos que trituram os alimentos, e os nervos facial e hipoglosso mantêm o alimento no plano oclusal mediante a ativação e coordenação das contrações do músculo bucinador e dos músculos linguais.

Os componentes sensitivos da mastigação e da ingestão também são supridos pelos nervos trigêmio e facial. Tanto o nervo mandibular quanto o maxilar percebem a posição e consistência do alimento e regulam a força de contração dos músculos, e a percepção do paladar é provida por vários ramos do nervo facial.

Quando mastigamos, é necessário que a força de contração de músculos, como o masseter e o temporal, seja monitorizada; se esses músculos exercessem força indevida, e eles são muito fortes, os dentes e gengivas seriam esmiuçados; deste modo, os impulsos proprioceptivos das mastigas são conduzidos por neurônios especializados contidos nos nervos mandibular e maxilar do trigêmio, para o tronco encefálico e córtex cerebral.

A mastigação começa com a *mordida*, cujo mecanismo resulta de uma combinação de forças a partir da pressão dos dentes sobre um objeto mole. A mordida inicia-se com o fechamento mandibular, seguindo-se de sucção do alimento e a ação de uma força no sentido contrário, impulsionada pela língua. Assim, o alimento se projeta nas superfícies oclusais dos dentes, o que permite a remoção de um fragmento do objeto mordido após o fechamento das *mastigas* com força adequada.

O *reflexo mastigatório* determina a mastigação. A presença de comida na boca inibe os músculos mastigatórios, permitindo queda da mandíbula, estiramento dos músculos mandibulares, resultando em *contração de rebote*, reflexa; isto eleva a mandíbula, fecha os dentes, comprime o bolo alimentar contra as paredes orais, o que inibe os músculos mastigatórios causando outra queda da mandíbula e nova contração de rebote. Este processo se repete muitas vezes.

A mastigação tem fundamental importância na digestão de vegetais crus, visto terem paredes de celulose não digerível em torno das porções nutritivas. A trituração aumenta a superfície alimentar exposta a ação de sucos digestivos, além de evitar escoriações e facilitar a propulsão de alimentos ao longo do TD.

**Deglutição.** Através da dinâmica dos músculos linguais e palatinos, o alimento na boca é impelido para a faringe durante a fase voluntária da deglutição (ver adiante).

## FONAÇÃO

A cavidade bucal tem a forma de uma abóbada, com a mesma função daquela encontrada em catedrais: ressoar a voz. Dessa forma, um som mais alto pode ser emitido como menor gasto de energia.

A intelegibilidade da comunicação verbal é otimizada na boca pela movimentação de estruturas aí presentes, como dentes, línguas e lábios, que atuam como órgãos articuladores da fala.

## RESPIRAÇÃO

A boca é a dilatação inicial dos aparelhos digestório e alimentar. Suas generosas dimensões formam um amplo conduto que proporciona fluxo aéreo intenso durante a inspiração e a expiração.

## DIGESTÃO

Na boca, o alimento mastigado é misturado com a saliva, que contém a *ptialina*, uma *á-amilase* secretada especialmente pela parótida. Esta enzima hidrolisa o amido em diversos polímeros de glicose. No entanto, como o alimento permanece na boca pouco tempo, não mais do que 5% dos amidos são inicialmente hidrolisados.



## MÍMICA E ESTÉTICA

Por intermédio da fonação e da expressão fisionômica, os lábios são capazes de expressar dramaticamente eventos emocionais. Esse é um atributo fundamental que diferencia o homem, com seu intelecto, na escala da criação.

Do ponto de vista estético, a coloração viva, a existência de detalhes anatômicos finos e a presença em um setor evidente da face, conferem aos lábios uma graciosidade nobre, interpretada como beleza, a qual exerce papel decisivo na integração social, familiar e sexual do indivíduo.

## RELAÇÃO

Na nossa espécie, a boca atua no relacionamento interpessoal através da execução do *beijo* e do *sorriso*.

**Beijo.** O ato de succionar levemente os lábios contra uma superfície configura o beijo.

O beijo é um ato tipicamente humano. Ele é usado para manifestar uma disposição psíquica de apreço ou, entre casais, de libido.

Embora corriqueiro e facilmente efetuado, o beijo é uma tarefa complexa. Inicialmente, os lábios contactam com a zona a ser beijada; em seguida, a contração do músculo bucinador produz uma força de aspiração através do vestibulo bucal, puxando o objeto beijado em direção à língua; a entrada na boca é impedida pela borda livre dos lábios. Essa contraposição de forças causa um contato firme da região beijada contra o vermelhão labial. Se o contato for bruscamente interrompido por movimentos da cabeça, ocorre o estalido característico da *bicota*.

O *beijo lingual* é feito entre amantes e, assim, tem frequentemente uma conotação erótica. Esse tipo de beijo é uma combinação dinâmica de sucessivas bicotas com movimentos ativos de abertura e fechamento da boca, sucção de lábios e lambidas ardentes. O beijo lingual pode, assim, ser considerado como uma espécie de ato pré-nupcial ou um tipo de cópula atenuada, não-inseminativa.

O beijo é uma forma de contato por excelência. Através dele, ativam-se múltiplos sinais. O beijo não apenas serve para obter uma amostra do complexo maior de histocompatibilidade do parceiro/a por meio da saliva como também amplia os sinais de atração, como o cheiro, o som da voz e a cadência da respiração. Além disso, os vestígios de testosterona na saliva masculina podem funcionar como um potente afrodisíaco, que aumenta a excitação e dispõe a mulher para a relação sexual.

**Sorriso.** Os movimentos característicos de abertura labial executados para expressar sentimentos de alegria configuram o sorriso. Este é uma das maneiras mais eficazes de manifestação de felicidade.

O sorriso é executado especialmente por movimentos dos lábios superiores. Há vários modelos de sorriso, sendo os principais o *tipo Mona Lisa* e o *tipo canino*. O primeiro é o mais comum e é determinado por contrações dos músculos zigomáticos, que elevam as comissuras orais até o ponto mais alto do sorriso; elevação acentuada dos cantos labiais constitui o tipo extremo do sorriso *Mona Lisa*, o *sorriso Coringa*. O sorriso canino é dominado pelo músculo elevador do lábio superior, e a parte mais alta do sorriso é a porção central do lábio superior; os indivíduos que mostram muito a gengiva apresentam um padrão de *sorriso canino extremo*.

## FARINGE

### DEGLUTIÇÃO

Na maior parte do tempo, a faringe atua na respiração, funcionando como trato propulsor para alimentos por apenas alguns segundos.

O ato de engolir não apenas transporta alimento para o esôfago, mas também o muco carregado com pó e bactéria provenientes das passagens respiratórias. Além disso, durante a deglutição, a tuba auditiva é aberta, equilibrando a pressão em ambos os lados do tímpano.

**Fases da deglutição.** A *fase voluntária da deglutição* é a inicial e ocorre quando o alimento é conscientemente empurrado para a faringe pela pressão exercida, para cima e para trás, pela língua sobre o palato.

A seguir, o processo passa a ser automático, configurando a *fase involuntária* ou *faríngea* da deglutição. Na parte posterior da boca, o bolo alimentar estimula as áreas receptoras epiteliais em torno da fauce, especialmente sobre os pilares das amígdalas, originando impulsos sensitivos que seguem através dos nervos vagos e glossofaríngeos para o *centro da deglutição*, localizado no bulbo e na parte inferior da ponte, próximo do núcleo dos nervos vagos e dos centros respiratórios.

No centro da deglutição, os complexos movimentos deglutitórios são coordenados. Os impulsos motores são liberados para a faringe e esôfago ao longo dos nervos trigêmeo, glossofaríngeo, vago e espinhal acessório, o que desencadeia a seguinte série de contrações automáticas:

- O palato mole é empurrado para cima e para trás a fim de fechar as coanas e evitar o refluxo de alimentos para as fossas nasais; nesse momento, exerce especial efeito a formação da crista de *Passavant*.
- Os pilares palatofaríngeos se aproximam medialmente, formando uma fenda sagital mediana. Essa fenda exerce ação seletiva, permitindo que somente o alimento bem mastigado passe, ao mesmo tempo em que evita a passagem de grandes objetos.
- As cordas vocais se aduzem fortemente e a laringe é puxada para cima e frente. Essa ação, combinada com a presença de ligamentos que impedem a ascensão da epiglote, faz com que esta cartilagem se dobre para trás sobre o ádito da laringe, afastando o alimento das cordas vocais já fechadas. Todos esses movimentos evitam a passagem do alimento para a traqueia.
- A subida da laringe aumenta a abertura esofágica. O músculo cricofaríngeo se abre e os quatro centímetros iniciais do esôfago, na área chamada de *esfíncter faringoesofágico* ou *esfíncter esofágico superior*, relaxam-se e permitem a descida do alimento. Entre as deglutições, esse esfíncter permanece contraído, impedindo a dilatação gasosa do esôfago durante a respiração. A subida da laringe retira a glote da corrente do fluxo alimentar, de modo que o alimento passa ao lado da epiglote, e não sobre sua superfície, e escoar ao longo das fossetas piriformes para o esôfago.
- Toda a parede muscular da faringe se contrai como uma onda peristáltica rápida, propelindo o alimento ao esôfago.

Até a faringe, o processo da deglutição ocorre em menos de dois segundos, interrompendo, assim, a ventilação por curto intervalo. O centro da deglutição inibe o da respiração, cessando os movimentos respiratórios em qualquer ponto do seu ciclo para que ocorra a deglutição. Por isso não é possível respirar e engolir simultaneamente.

A terceira etapa da deglutição é a *fase esofágica*, descrita adiante.

## FUNÇÃO IMUNITÁRIA

O anel de Waldeyer forma o setor proximal do Mucosa-Associated Lymphoid Tissue (MALT), que fornece defesa humoral e celular contra infecções da boca, nariz, faringe e áreas relacionadas dos tratos alimentar e respiratório (ver adiante – sistema imunológico).

## ESÔFAGO

### CORRELAÇÕES ANÁTOMO-FISIOLÓGICAS

A morfologia e o peristaltismo esofágico são consequências da sua função primordial de transferir rapidamente o alimento para o estômago. Este trabalho aparentemente simples deve ser feito contra ou a favor dos efeitos da postura ereta.

O esôfago é um tubo mais ou menos retilíneo, mostrando sua tendência de percorrer um mínimo caminho até o abdome, o que torna a transferência do bolo alimentar rápida e econômica. Essa função é potencializada pela presença de um calibre luminal avantajado, elástico e dilatável.

A superfície mucosa do esôfago é escorregadia pela secreção das glândulas submucosas, possibilitando o deslizamento distal do alimento. As secreções das glândulas esofágicas são totalmente mucóides e proporcionam lubrificação para facilitar a deglutição. O muco alcalino produzido pelas glândulas cárdicas protege a parede do esôfago da digestão pelo suco gástrico, que frequentemente reflue para o esôfago inferior.

A camada fibrosa estabiliza o esôfago em seu sítio, obstando oscilações laterais causadas pela deglutição, batimentos cardíacos, respiração e locomoção.

### DEGLUTIÇÃO

**Fase esofágica da deglutição.** Essa fase é determinada pela presença de *peristaltismo primário* e *secundário* no esôfago. O primeiro é a simples continuação da onda contrátil da faringe, a qual chega ao estômago dentro de 8 a 10 segundos. Se a onda primária não consegue transportar todo o alimento, este continua a distender o esôfago e desencadeia ondas *peristálticas secundárias*, seja por descargas neurais intrínsecas do SNE, seja por reflexos vagais. Os movimentos são tão eficientes que o alimento progride para o estômago a favor ou contra a gravidade.

A mobilidade propulsiva da fase esofágica da deglutição é conferida pela atuação dos músculos lisos e estriados do esôfago. A musculatura da faringe e 1/3 superior do esôfago é estriada. Por conseguinte, nestas regiões, ondas peristálticas são controladas por impulsos esqueléticos através dos nervos glossofarínge e vago. Nos 2/3 inferiores do esôfago, a musculatura é lisa e controlada pelo vago por meio de suas conexões com o SNE.

**Mecanismo antirrefluxo gastro-esofágico.** A musculatura circular dos 3 cm terminais do esôfago e da região cárdica não apresentam qualquer

espessamento anatômico, mas atuam como um inequívoco *esfíncter gastroesofágico* ou *esofágico inferior* (EEI). Este permanece tonicamente contraído com pressão intraluminal de 30 mmHg, maior que a da porção média relaxada do esôfago, entre os esfíncteres superior e inferior. Quando a onda peristáltica se propaga, ocorre relaxamento receptivo do EEI, permitindo passagem do alimento.

As secreções gástricas são ácidas, proteolíticas e, assim, corrosivas para a mucosa esofágica. A constrição tônica do EEI impede a ocorrência de refluxo significativo para o esôfago.

Qualquer aumento da pressão intraperitoneal comprime a porção abdominal do esôfago e aumenta a pressão intragástrica, formando um mecanismo valvular que impede o refluxo gastro-esofágico; isso ocorre, por exemplo, com a tosse ou defecação. A incisura cárdica se afunda cada vez mais na cavidade do estômago à medida que este órgão se distende, atuando como uma válvula e impedindo a regurgitação para o esôfago.

## ESTÔMAGO

### ARMAZENAMENTO

O alimento recém-chegado do esôfago se acumula concentricamente na porção oral do estômago, desencadeando um *reflexo vagovagal* para o tronco cerebral. Isso relaxa a parede gástrica, permitindo que o alimento passe para a porção caudal e se acumule quantidades cada vez maiores até um limite de cerca de 1,5 litros, sem aumentar a pressão luminal.

A forma sacular do estômago e a consistência elástica de sua submucosa permitem a distensão do órgão; por isso a forma do estômago é variável conforme a fase da digestão.

### MISTURA E TRANSPORTE

Quando o estômago contém alimento, surgem *ondas constrictoras fracas* ou *de mistura* na sua porção média, que se movem para o antro em um ritmo espontâneo de 20 pulsos/minuto. À medida que se movem, as ondas se aprofundam, algumas se tornando, a partir da incisura angular, em verdadeiros anéis constrictores, os quais forçam o conteúdo antral contra o piloro, sob pressão. A associação desta peristalse com abertura do piloro transporta o bolo alimentar para o duodeno. Se a contração colide contra o piloro fechado, a

maior parte do conteúdo antral é impelido de volta sob o anel peristáltico (*retropulsão*), causando a mistura adicional do alimento com o suco gástrico. Essa forte capacidade das ondas peristálticas de propelir e misturar o alimento tem sido chamada de *bomba pilórica*.

A mistura do alimento com o suco gástrico resulta em uma massa semilíquida espessa chamada de *quimo*.

O estiramento da parede gástrica e a presença de certos tipos de alimentos no estômago – particularmente produtos da carne – desencadeiam a liberação de *gastrina* pelo antro. Esse hormônio aumenta a secreção ácida e incrementa a atividade da bomba pilórica.

O duodeno fornece os mais potentes sinais para o controle da bomba pilórica, por meio de reflexos simpáticos, vagais e mioentéricos. Esses reflexos inibem a descarga gástrica e aumentam o tônus pilórico quando o volume de alimento é muito grande no duodeno, sempre em uma velocidade que não ultrapassa a capacidade de digestão e absorção do intestino delgado. Substâncias liberadas pela porção superior do intestino delgado, especialmente a *colecistocinina* ou *pancreozimina*, exercem o mesmo efeito, atuando sobre o estômago via sangue. A colescistocinina é um hormônio polipeptídico produzido pelas *células I* da mucosa duodenojejunal, sendo seu principal estímulo de liberação a chegada de produtos da degradação de gorduras e proteínas no duodeno.

A tripla camada muscular do estômago proporciona movimentos peristálticos significativos e, assim, uma elevada demanda de energia e de coordenação motora, o que justifica a presença de uma vasta neurovasculatura gástrica. Os esfíncteres do estômago são fechados durante a mistura, impedindo o refluxo gastro-esofágico e a passagem de alimento não digerido ao duodeno.

A contração das fibras oblíquas da parede gástrica causa a formação temporária de um trajeto ao longo da curvatura menor, o *canal gástrico*, o qual favorece o transporte do quimo para o duodeno.

Os *ligamentos* – *pequeno omento*, *gastroesplênico*, *gastro-cólico* e *gastrofrênico* – impedem a formação de *vólvulos gástricos*, ou seja, de torções axiais no estômago. Essas distopias são preocupantes devido ao risco de causarem obstrução dos vasos gástricos e da luz do estômago.

## SECREÇÃO

As rugas gástricas ampliam a superfície interna do estômago para maior produção de suco gástrico.

As glândulas oxínticas secretam de acordo com seus tipos celulares: *muco* pelas células homônimas, *ácido clorídrico* e *fator intrínseco* pelas parietais e *pepsinogênio* pelas células principais. As glândulas pilóricas secretam principalmente *muco* e *gastrina*, esta última por meio das *células G*.

**Elementos secretados.** O muco forma uma camada viscosa de mais de 1 mm de espessura, proporcionando um revestimento protetor para a parede gástrica, além de contribuir para a lubrificação do transporte de alimentos.

O mecanismo básico para acidificar o suco gástrico é oferecido por uma *bomba de prótons* existente na célula parietal. Neste mecanismo, o ácido não é formado dentro das células, mas fora delas: prótons e íons cloreto extraídos do sangue gástrico são lançados ativamente no canalículo intracelular da célula parietal, onde se combinam para formar o ácido clorídrico; isso evita a corrosão da própria célula parietal e da parede do estômago. Ainda no canalículo da célula parietal, o ácido clorídrico altamente concentrado é diluído pelo acréscimo de água, que atravessa passivamente as células parietais, a favor de um gradiente osmótico. Seguindo o canalículo intracelular, o ácido clorídrico assim formado atinge o lúmen do estômago, onde pode atuar exclusivamente sobre os alimentos.

A abundância de mitocôndrias nas células parietais sugere que a bomba de prótons consome muita energia. A concentração de prótons na luz do estômago é três milhões de vezes maior que a do sangue. Para fazer esta enorme concentração, estima-se que são gastas mais de 1500 calorias/litro de suco gástrico.

A *pepsina* é uma protease que só atua em  $\text{pH} < 5$ . Essa enzima resulta da conversão molecular do pepsinogênio após o contato desse precursor com o ácido clorídrico e com a pepsina já ativada.

O fator intrínseco determina a absorção da *vitamina B<sub>12</sub>* no íleo. Essa substância é fundamental para a maturação de hemácias. A ausência do fator intrínseco causa a *anemia perniciosa*.

**Regulação da secreção.** *Acetilcolina*, *histamina* e *gastrina* são as substâncias que se ligam a receptores específicos para a estimulação da secreção gástrica. A primeira estimula todos os tipos celulares nas glândulas gástricas, enquanto as duas últimas são específicas para a produção ácida.

A chegada de carne e outros alimentos proteínicos no antro estimulam as glândulas pilóricas a liberar gastrina no suco gástrico. A mistura do suco gástrico transporta a gastrina até as células enterocromafins do corpo do estôma-

go, causando a liberação de histamina, a qual atua rapidamente, estimulando a secreção ácida. O pepsinogênio é liberado em resposta a liberação de ácido clorídrico e de acetilcolina e, em menor escala, por estimulação do nervo vago e do SNE.

As glândulas gástricas são inibidas pela acidez, que atua por meio de um *mecanismo de retroalimentação negativo* sobre a secreção de gastrina. Isso protege o estômago contra excesso de secreção ácidopéptica e evita que o pH fique abaixo de um limite ótimo ( $\text{pH}=3$ ) para o funcionamento das enzimas estomacais.

**Fases da secreção.** Diariamente, 1500 ml de suco gástrico são secretados ao longo de três fases: *cefálica, gástrica e intestinal*.

A fase cefálica é responsável por 20% da secreção e ocorre antes da chegada de alimento no estômago. A fase cefálica resulta da visão, olfato, pensamento, paladar e ingestão do alimento. Os sinais neurogênicos se originam no córtex cerebral ou no centro do apetite e seguem através do nervo vago até o estômago.

A fase gástrica produz 70% do suco gástrico. Ocorre com a chegada dos alimentos no estômago, os quais desencadeiam longos reflexos vagovagais e entéricos locais e a liberação massiva de gastrina.

Na fase intestinal, a presença do alimento no duodeno estimula o estômago a secretar os 10% finais de volume de suco gástrico pela liberação de pequenas quantidades de gastrina. Simultaneamente, a secreção pancreática torna-se abundante pelo estímulo da secretina e colecistocinina.

**Digestão.** A localização do estômago, no início do tubo digestório abdominal, é importante para a digestão inicial dos alimentos.

A *ptialina* misturada com o alimento mastigado é desativada no estômago quando o pH intragástrico fica  $\leq 4$ . Como isso demora cerca de uma hora após a deglutição, a amilase salivar consegue ainda digerir uma parcela adicional de 30 a 40% de amido no estômago.

A digestão de proteínas é iniciada pela pepsina no estômago. Esta enzima é responsável por apenas 10 a 20% da digestão proteica, convertendo as proteínas em *polipeptídeos, proteoses e peptonas*.

No estômago ocorre digestão de pequena quantidade de gordura (<10%) pela ação da *lipase lingual*, enzima secretada pelas glândulas salivares bucais e deglutidas com a saliva. Praticamente toda digestão de gordura ocorre no intestino delgado.



## ABSORÇÃO

O estômago absorve pouco, visto que não tem membrana absorptiva típica dotada de vilosidades.

## INTESTINO DELGADO

O intestino delgado leva o bolo alimentar em direção ao ânus. Durante o trajeto, absorve nutrientes e expurga refugos, o que justifica a sua forma de canal com parede reforçada com dupla camada de músculo liso. O alto suprimento neurovascular do intestino delgado supre as exigências energéticas da peristalse e da absorção intestinal. O revestimento externo peritonial, liso e úmido, permite mínimo atrito das alças jejunoileais contra outras estruturas intra-abdominais.

## MOTILIDADE

Contrações constrictivas intermitentes locais causam segmentação no intestino delgado, isto é, divide-o em partes separadas por anéis de contração, dando-lhe a aparência de uma fileira de salsichas. Essa fragmentação muda de posição de duas a três vezes por minuto, dividindo o quimo várias vezes de modo a promover sua mistura com as secreções do intestino delgado.

O quimo é propelido por ondas peristálticas, que se movem em uma velocidade de 0,5 a 2,0 cm/segundo ao longo de 3 a 5 cm, resultando em um movimento efetivo lento, na faixa de 2 cm/minuto. Isso significa que são necessários 3 a 5 horas para o trânsito do quimo do piloro à valva íleo-cecal.

O peristaltismo intestinal é iniciado pela chegada de quimo ao duodeno e pela ação de hormônios como a gastrina e a colecistocinina, e também pelo *reflexo gastroentérico* desencadeado pela distensão do estômago. Este reflexo é conduzido pelas fibras do plexo de Auerbach ao longo de todo o intestino delgado.

As ondas peristálticas não apenas empurram o quimo, mas também o espalha sobre a mucosa intestinal, produzindo uma camada fina, de mais fácil absorção. Ao atingir a valva íleo-cecal, o quimo é retido até que haja nova refeição, quando um *reflexo gastroileal* intensifica o peristaltismo no íleo e força o quimo acumulado para o ceco.

A contração do músculo suspensor do duodeno aumenta a angulação da flexura d-j, atuando como válvula para impedir refluxo de quimo do jejuno para o duodeno.

## SECREÇÃO

As glândulas de Brunner localizam-se especialmente entre o piloro e a papila de Vater, justamente onde a bile e o suco pancreático deságuam. Estas glândulas são volumosas para a secreção de grande quantidade de muco alcalino, o qual neutraliza o ácido clorídrico e forma uma película viscosa sobre a mucosa duodenal, protegendo a parede do duodeno contra a digestão pelo suco gástrico.

As criptas de Lieberkühn produzem grande quantidade de secreção, na ordem de 1800 ml/dia, formada especialmente de água e eletrólitos. Sobre as vilosidades, essa secreção é absorvida, o que produz uma circulação aquosa das criptas para as vilosidades, que facilita a absorção de nutrientes do quimo. Os enterócitos que revestem a superfície das vilosidades contêm enzimas – *lipases*, *dissacaridases* e *peptidases* – que digerem substâncias enquanto estão sendo absorvidas.

O peristaltismo constante, o atrito com o quimo e o contato com as secreções digestivas abrasivas exigem uma mucosa com alto poder de renovação. Isso ocorre graças a existência, nas criptas, de células epiteliais profundas de grande capacidade mitótica, as células mucosas. As células novas formadas migram para a ponta das vilosidades substituindo rapidamente o epitélio; as células velhas descamam para a luz intestinal. O ciclo vital de uma célula entérica é de cerca de 5 dias.

Os principais estímulos para as secreções do intestino delgado são dados por reflexos locais e pelos hormônios secretina e colecistocinina liberados em resposta à presença de quimo. Quanto mais quimo, mais secreção é produzida.

## DIGESTÃO

A *amilase pancreática* é mais potente que a ptialina. Assim, dentro de trinta minutos após o esvaziamento do quimo no duodeno, praticamente todo o amido já pode estar digerido por essa enzima.

*Catalases* presentes na borda em escova dos enterócitos – *lactase*, *sacarase* e *maltase* – clivam dissacarídeos, enquanto estão sendo absorvidos, aos seus monossacarídeos constituintes. Todos esses são hidrossolúveis e assimilados imediatamente pelo sistema porta. A *glicose* representa 80% do produto

final da digestão de carboidratos, enquanto a *frutose* e a *galactose* os 20% restantes.

A maior parte das proteínas é digerida no duodeno e jejuno proximal pela ação do suco pancreático. As proteases clivam os polipeptídeos, peptonas e proteoses provenientes do estômago, reduzindo-os para di-tripeptídeos e pequenos polipéptides. Estes produtos são clivados a aminoácidos pela ação de peptidases microvilares e citosólicas, no enterócito, enquanto vão sendo absorvidos. Mais de 99% das proteínas são assim assimiladas, isto é, na forma de aminoácidos.

Algumas características anátomo-fisiológicas do duodeno justificam sua capacidade de receber diretamente os sucos gastro-pancreáticos e a bile: (1) presença da papila de Vater, (2) ausência de mobilidade não-peristáltica para se adaptar a vísceras fixas adjacentes, como o fígado e o pâncreas, e (3) calibre avantajado, conferindo a função de armazenamento rápido para que o bolo alimentar seja exposto aos sucos digestivos por um intervalo de tempo, ainda que curto.

## ABSORÇÃO

A principal função dos enterócitos é prover absorção de moléculas nutrientes produzidas durante a digestão (quadro 11).

CIPAIS ELEMENTOS ABSORVIDOS NO INTESTINO DELGADO			
grupo	produto de absorção	quantidade/dia	mecanismo
carboidrato	monossacarídeos: glicose, frutose e galactose	500 gramas	difusão facilitada (frutose) ou co-transporte de sódio
proteína	aminoácidos	100 gramas	co-transporte de sódio
lipídeo	ácidos graxos e monoglicérides		difusão simples
água	—	8 litros	bomba de sódio
íons	Sódio	2 a 5 gramas	difusão passiva dependente da bomba de sódio
	Cloreto	2 a 3 miligramas	transporte ativo
	Potássio	1 a 2 miligramas	transporte ativo controlado pelo PTH e pela vitamina D
	Cálcio	800 miligramas	

Quadro 11 - Principais elementos absorvidos no intestino delgado.

O intestino delgado é adaptado à absorção de elevadas taxas de nutrientes, pois apresenta (1) grande superfície mucosa gerada pela presença de quatro tipos de dobras sucessivas – alças intestinais, válvulas coniventes, vilos e microvilos; (2) longa extensão; (3) trajeto enovelado, que permite a existência de grandes segmentos intestinais no espaço relativamente pequeno representado pela cavidade peritoneal.

As válvulas coniventes aumentam a superfície mucosa em cerca de três vezes; as vilosidades, em dez; e as microvilosidades, em vinte. Por conseguinte, a combinação de todas estas dobras aumenta a área absorptiva em cerca de cem vezes, criando uma superfície luminal enorme, de 250 a 500 m<sup>2</sup> – aproximadamente uma ou duas quadras de tênis.

### DESCONTAMINAÇÃO

Os lábios da valva íleo-cecal fazem protrusão para o ceco e, portanto, são forçosamente ocluídos por qualquer força que tenta empurrar o conteúdo do intestino grosso contra esses lábios. Devido a sua inervação simpática, o *esfincter íleo-cecal* permanece parcialmente contraído, diminuindo a velocidade do esvaziamento ileal, o que prolonga a permanência do alimento no intestino delgado e favorece a absorção. Toda a vez que o ceco estiver distendido pelo quimo que chega do delgado, reflexos mioentéricos aumentam o tônus da valva e inibem o peristaltismo do íleo. A entrada de alimento no estômago inicia a contração do delgado, expelindo os conteúdos ileais para o intestino grosso (*reflexo gastro-ileal*).

A lisozima, produzida pelas células de *Paneth*, desempenha importante papel no controle da flora intestinal devido a sua atividade bactericida.

As placas de Peyer reduzem a contaminação entérica, especialmente na parte do delgado mais sujeita a contato com o bolo fecal, o íleo terminal. Essas placas e outras massas semelhantes de tecido linfático não-encapsulado fornecem linfócitos T e B para defesa do TD e fazem parte, como o anel de Waldeyer e o apêndice, do MALT.

As células M presentes nas placas de *Peyer* representam um importante elo na defesa do intestino. Elas captam antígenos por endocitose para transportar para células macrófagos e células linfóides subjacentes, as quais migram para nódulos linfóides, desencadeando uma resposta imunológica contra esses antígenos. A lâmina basal sob as células M é descontínua, o que permite um melhor contato entre estas células e as células imunitárias.

## INTESTINO GROSSO

### ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE

O *hemicólon direito* está relacionado à absorção, e o esquerdo, com o processo de armazenamento. Como não há necessidade de movimentos peristálticos intensos para o desempenho destas funções, os movimentos do cólon são mais lentos, embora no restante similares aos do intestino delgado.

Contrações constrictivas intermitentes locais, circulares, que percorrem cerca de 2,5 cm de extensão, reduzem o diâmetro luminal do cólon quase à oclusão. Combinadas com a contração das tênias, fazem as porções não estimuladas do segmento se dilatarem, formando sacos, as *haustreações*, que se movem lentamente em direção ao reto. Depois de alguns minutos, novas haustreações surgem perto das prévias. Desse modo, o material fecal é lentamente revolvido, expondo-o à mucosa, e o líquido e as substâncias absorvidas progressivamente, até que apenas 80 a 800 ml de fezes sejam expelidos diariamente. São necessárias 8 a 15 horas para mover o quimo da valva íleo-cecal ao cólon transverso; nesse trajeto, o quimo se torna semi-sólido e adquire características fecais.

A partir do cólon transverso, o peristaltismo ocasionalmente se diferencia em *movimentos de massa*: 20 cm ou mais do cólon distal ao anel contrátil perdem os haustros, se contraem como um todo, forçando as fezes a se deslocar em bloco. Esses movimentos duram cerca de dez a trinta minutos e ocorrem uma a duas vezes ao dia logo após a ocorrência dos reflexos gastro e duodeno-cólicos desencadeados pelas refeições.

**Continência fecal.** Na junção retossigmóidea há um fraco esfíncter funcional e uma angulação aguda que contribuem para manter o reto vazio. Quando um movimento de massa empurra as fezes, ocorre o relaxamento do esfíncter e a contração reflexa do reto, iniciando o desejo de defecar.

O gotejamento contínuo de fezes é impedido pela poderosa contração tônica dos esfíncteres anais. O esfíncter externo é controlado pelo *nervo pudendo*, que faz parte do sistema nervoso somático e que, portanto, está sob controle consciente. Na junção retoanal, o músculo puborretal e os esfíncteres externo e interno formam coletivamente o *anel anorretal*, que é palpável pelo canal anal. O anel constitui o principal mecanismo de contenção fecal; sua divisão cirúrgica ou laceração durante o parto causa perda contínua de fezes pelo ânus.

Outro processo que auxilia a continência fecal é a sobreposição das válvulas de Houston quando o reto está vazio. A válvula direita se encaixa entre as

duas da esquerda, fechando a ampola retal; com a distensão do reto, as válvulas se afastam permitindo a descida do bolo fecal.

**Reflexo da defecação.** O principal mecanismo para a dejeção consiste no *reflexo parassimpático da defecação*. A distensão do reto causa esse reflexo espinal, o qual é transmitido pelos nervos pélvicos, levando a um potente aumento do peristaltismo a partir do cólon descendente. Próximo ao ânus, a onda contrátil relaxa o esfíncter anal externo, levando a expulsão fecal.

## SECREÇÃO

O muco tem papel adicional de proteger a parede colônica da grande quantidade de bactérias e de ácidos liberados pelas fezes. A quantidade de muco é regulada por estimulação tátil causada pelo bolo fecal, reflexos locais no SNE e por descargas parassimpáticas através dos nervos pélvicos.

## ABSORÇÃO

Cerca de 1500 ml/dia de quimo passam para o cólon. A maior parte de água no quimo sofre absorção no cólon, deixando menos de 100 ml para as fezes. Praticamente todos os íons são absorvidos, deixando apenas 1 a 5 mEq de sódio e cloreto; o sódio tem uma absorção muito mais completa no intestino grosso que no delgado.

A maior parte da absorção ocorre na metade proximal do intestino grosso, razão pela qual esta parte é denominada *cólon absorptivo*, enquanto que a metade distal atua como depósito de fezes, sendo, por isso, denominado *cólon de armazenamento*.

## DESCONTAMINAÇÃO

*Colonus* é o verbete latino que origina o nome do intestino grosso. Ao pé da letra, significa *colônia*. Recebe esse nome porque é densamente “povoado”, sobretudo no cólon absorptivo, por uma grande quantidade de “colonos”, as *bactérias*; estima-se que um grama de fezes contenha até 100 bilhões delas. Esses microorganismos, constituídos especialmente por bacilos, normalmente são simbioses, exercendo as seguintes funções em troca do abrigo colônico: (1) digestão de pequenas quantidades de celulose, (2) produção de gases da flatulência: *metano*, *dióxido de carbono* e *hidrogênio*, e (3) produção de vitaminas com efeitos biológicos: *vitamina K*, *cianocobalamina*, *tiamina* e *riboflavina*.

Os microorganismos são impedidos de penetrar no sangue, através das paredes colônicas, pelo MALT do intestino grosso. Aqui esse sistema atua através de estruturas linfoides locais, como o *apêndice vermiforme*.

A posição estratégica do apêndice vermiforme é crucial para a realização de sua função defensiva, através da produção de macrófagos, linfócitos, plasmócitos e eosinófilos. Está junto ao ceco que, retendo o maior volume de fezes do intestino grosso, é a estrutura mais contaminada do corpo. No ceco, o apêndice funciona como um verdadeiro “vigia”, evitando superproliferação bacteriana; portanto, está em atividade constante, permanentemente inflamado. A infecção do apêndice (*apendicite aguda*) se instala apenas quando a capacidade de defesa do órgão é suplantada. A atuação do apêndice é tão eficiente que a maior parte da população geral (80%) jamais sofrerá da doença.

Em vista de sua complexa anatomia, da função evidente, da rica vascularidade, da diferenciação microscópica e do tamanho considerável, o apêndice é mais provavelmente uma estrutura especializada do que um resquício evolutivo.





---

# ÓRGÃOS ACESSÓRIOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO

---

*Mete uma faca à tua garganta se és homem GLUTÃO.*

( Provérbios 23:2)

Os *órgãos acessórios do sistema digestório* são as estruturas digestivas localizadas fora da espessura da parede do trato digestório, mas que estão a ela conectados, auxiliando direta ou indiretamente a digestão. Estes elementos incluem os *dentes, língua, glândulas salivares, pâncreas e fígado.*

---

## MICROANATOMIA

---

### DENTES

Os dentes são formados de três partes: *raiz, colo e coroa.*

O *colo* é a parte do dente revestida por uma membrana mucoperiostal rosa-pálido, pontilhada, a *gengiva*, a qual é contínua, na *junção mucogengival*, com a mucosa oral, vermelha e lisa. Cada dente possui uma parte acima da gengiva, a *coroa*, e uma ou mais *raízes* abaixo da gengiva que se encaixam em alojamentos ósseos nas *mastigas* (mandíbula e maxilas), os *alvéolos*. Os dentes caninos possuem raiz mais longa e, assim, se encaixam em alvéolos mais profundos.

A coroa é recoberta pelo tecido mais duro do corpo humano, o *esmalte*, um material cerâmico formado de 96% de sais de cálcio dispostos na forma de cristais sinuosos de *hidroxiapatita*. As raízes são revestidas externamente por uma delgada camada de outro tecido mineralizado, o *cemento*. A *dentina* ou *marfim* é um material avascular amarelado atravessado por microcanais; a dentina constitui a maior parte do dente, sendo formada de 70% de minerais – especialmente *hidroxiapatita* ou *fluorapatia* – e 30% de matriz orgânica – *colágeno* e *glicosaminoglicanas*.

O esmalte é sintetizado antes da erupção do dente por células epiteliais especializadas, os *ameloblastos*. Depois que o dente irrompe, não ocorre mais formação de esmalte. O esmalte dificilmente faz intercâmbio de seu conteúdo mineral com os tecidos vizinhos, de modo que ele mantém a maior parte de seu elemento mineral original durante toda vida.

A dentina está no cerne do dente, logo abaixo do esmalte e do cimento, circundando um oco central, a *cavidade pulpar*, a qual é preenchida por um tecido conjuntivo frouxo muito vascularizado e innervado, a *polpa dental*. Fibras nervosas da polpa penetram na dentina até próximo da *junção amelodentária*. O *ápice* da cavidade pulpar está dentro do alvéolo e apresenta um orifício por onde penetram ramúsculos dos vasos e nervos alveolares.

O *ligamento periodontal*, de 0,2 mm de espessura, é formado de feixes grosseiros de fibras colágenas dispostas em várias direções – horizontal, oblíqua e radial. Essas fibras se inserem no cimento, de um lado, e no osso alveolar, de outro, ligando o dente ao alvéolo.

## LÍNGUA

A língua é uma massa carnosa de músculos estriados esqueléticos entrecruzados, revestida por uma mucosa gustatória.

O dorso lingual é recoberto, na sua parte bucal, por uma grande quantidade de *papilas linguais*. Estas são projeções da lâmina própria da mucosa do dorso da língua pré-sulcal, revestidas por epitélio pavimentoso estratificado. As papilas podem ser classificadas como *valadas*, *filiformes*, *fungiformes*, *follhadas*

e *simples*. As valadas são cônicas, com ápice para baixo, circundada por um sulco circular; localizam-se na frente do sulco terminal. As filiformes são cilíndricas ou pontiagudas; localizam-se em todo o dorso lingual paralelamente às papilas valadas, exceto no ápice da língua, onde são transversas. As papilas filiformes são ásperas e de coloração esbranquiçada. As papilas fungiformes são arredondadas, semelhantes a cogumelos e têm coloração vermelho-escura; localizam-se nas bordas da língua e espalhadas pelo seu dorso, entre as papilas filiformes. As papilas folhadas são pequenas dobras paralelas localizadas na parte posterior da borda lateral da língua, na frente dos arcos palatoglossos. As papilas simples são pequenas e semelhantes às papilas dérmicas encontradas na pele; encontram-se espalhadas por toda a mucosa lingual. Com exceção das papilas filiformes, todas as papilas possuem botões gustativos.

*Calículos, gemas* ou *botões gustativos* são estruturas microscópicas similares a uma cebola. Os calículos são formados de 50 a 100 células dispostas em torno de terminações dos *nervos gustatórios* (*facial, glossofaríngeo e vago*). Há um poro no cume dos botões, no interior do qual as células gustativas insinuam sua microvilosidades. As gemas são encontradas difusamente sobre a língua, epiglote e palato, e são muito mais frequentes do que as papilas linguais.

As *glândulas serosas de von Ebner* secretam seu conteúdo na profunda depressão que circunda as papilas circunvaladas, permitindo um fluxo contínuo de líquido sobre um grande número de botões gustatórios presentes nessas papilas. Este fluxo é importante na remoção de partícula de alimento dos botões gustativos, para que eles possam receber novos estímulos. As glândulas de *von Ebner* também produzem a *lipase lingual*.

Na parte pós-sulcal da língua existem saliências compostas por *nódulos linfóides* isolados ou por *tonsilas linguais*, estas últimas sendo agregados de nódulos linfóides em torno de *criptas linguais*.

A língua é dividida por um *septo fibroso* mediano. Em cada metade estão situados seus numerosos músculos esqueléticos – dezesseis no total – divididos em *intrínsecos* e *extrínsecos*. Os primeiros estão completamente dentro da língua, enquanto que os últimos se estendem para fora dela. Todos os músculos linguais, exceto o palatoglosso, são inervados pelo *nervo hipoglosso*.

## GLÂNDULAS SALIVARES

O parênquima dessas glândulas consiste de terminações secretoras e um sistema de ductos que se arranjam em *lóbulos*, separados entre si por septos de tecido fibroso.

As terminações secretoras possuem dois tipos de células, de acordo com a viscosidade da saliva produzida – *serosas* e *mucosas*. As terminações das glândulas serosas se agrupam sob a forma de *ácinos*, e as das mucosas, de *túbulos*.

Os *mioepiteliócitos* são células musculares lisas, contráteis, que envolvem as terminações secretoras e ductos excretórios.

O tecido conjuntivo das glândulas salivares maiores contém grande quantidade de plasmócitos e linfócitos.

As *glândulas salivares menores* são histologicamente semelhantes às maiores.

## PÂNCREAS

O pâncreas é uma glândula exócrino-endócrina que produz enzimas e hormônios.

Uma fina cápsula envolve o pâncreas e envia septos para seu interior, separando-o em lóbulos, daí sua textura irregular.

**Pâncreas exócrino.** A porção exócrina do pâncreas, produtora de suco pancreático, tem estrutura similar à da parótida. É, portanto, uma glândula acinosa ramificada formada por células serosas repletas de acúmulos de enzimas digestivas não ativadas, os *grânulos de zimogênio*.

**Pâncreas endócrino.** Embora seja principalmente uma glândula exócrina, o pâncreas possui uma parte hormonal – o *pâncreas endócrino* – formada pelo ajuntamento das chamadas *ilhotas pancreáticas de Langerhans*.

Cada ilhota pancreática é um agrupamento esferóide de células epiteliais de cor mais clara do que o tecido pancreático exócrino circundante e repletas de grânulos citoplasmáticos. Essas células são *endocrinócitos* de aspecto poligonal ou arredondado, dispostos em cordões; entre elas há uma rica rede de capilares sinusóides e um grande número de filetes de nervos autônomos. Envolvendo a ilhota e separando-a do tecido pancreático vizinho há uma fina cápsula de fibras reticulares.

Nas ilhotas distinguem-se, com colorações histológicas especiais, três tipos de células epiteliais – os *endocrinócitos A, B e D*, que secretam *glucagon, insulina* e *somatostatina*, respectivamente.

Os endocrinócitos B são os mais numerosos, constituindo 60 a 80% das células das ilhotas de Langerhans. Estas células são pequenas e apresentam grânulos citoplasmáticos maiores e irregulares. Em relação aos endocrinócitos

B, os endocrinócitos A são células maiores, menos numerosas e possuidores de grânulos citoplasmáticos menores e mais arredondados. Em algumas espécies de animais foi descrito o *endocrinócito C*, cujo citoplasma não contém grânulos e é pobre em organelas. Os endocrinócitos D são os menores em tamanho e de coloração histológica mais fraca.

Estima-se que o pâncreas humano contenha um a três milhões de ilhotas de Langerhans, geralmente mais numerosas na cauda. Isso corresponde a cerca de 1 a 2 gramas de tecido ou 1 a 2% da massa total do pâncreas.

## FÍGADO

O fígado é uma glândula formada de uma rede intrincada de tecido conjuntivo em cujas malhas encontram-se suas células. Toda a estrutura é permeada por grande quantidade de vasos sanguíneos contendo sangue artério-venoso proveniente da veia porta e da artéria hepática.

**Lóbulos.** O fígado é formado de unidades estruturais chamadas de *lóbulos*, cada um dos quais sendo uma massa poligonal de placas interconectadas de *hepatócitos*. Os lóbulos contêm em sua periferia 3 a 6 espaços circulares delimitados por tecido fibroso e contendo um ramo da veia porta, da artéria hepática e do ducto biliar, além de vasos linfáticos – os *espaços porta*.

Arteriolas hepáticas e vênulas porta desembocam diretamente nos sinusóides, provendo uma mistura de sangue arterial e venoso no fígado. Consequentemente, oxigênio, metabólitos e todas as substâncias absorvidas no intestino alcançam primeiro, no lóbulo, as células periféricas e depois as centrais. Esse *fluxo centrípeto* explica parcialmente porque o comportamento dos hepatócitos periféricos difere dos centrais.

**Células do fígado.** Os hepatócitos estão radialmente dispostos, como tijolos em uma parede, da periferia para o centro do lóbulo e anastomosam-se livremente, formando um labirinto semelhante a uma esponja. Os espaços entre essas placas contêm capilares sinusóides. Cerca de 60% das células do fígado e 80% do volume dessa glândula são formados só de hepatócitos. Estas células são poliédricas, repletas de mitocôndrias, retículo endoplasmático, glóbulos de glicogênio e de triglicérides, e de vacúolos contendo cristais de *ferritina* e *hemossiderina*. A superfície do hepatócito está em contato, por um lado, com o sinusóide, e por outro, com a parede do hepatócito vizinho.

Os *macrófagos estrelados de von Kupffer* ou *células de Kupffer* estão aderidos à superfície luminal dos sinusóides, constituindo cerca de 15% da população celular do fígado. Os *adipócitos perissinusoidais* ou *células de Ito* estão no espaço entre os hepatócitos e os sinusóides e contêm inclusões lipídicas ricas em vitamina A.

**Sistema biliar.** No local de contato entre dois hepatócitos há um espaço tubular, o *canalículo biliar*, o qual constitui a primeira porção do sistema biliar. Os canalículos formam uma rede que se anastomosa progressivamente ao longo do lóbulo, terminando no espaço porta. Nessa rede, a bile flui em sentido *centrífugo*, isto é, do centro para a periferia do lóbulo. Do espaço porta, os canalículos vão se unindo até formar tubos mais calibrosos, os *ductos biliares*. Estes se fundem para formar os *ductos hepáticos direito e esquerdo*, que subsequentemente deixam o fígado pelo hilo hepático.

O sistema biliar é revestido por epitélio simples colunar. Sua túnica muscular é fina, exceto na vesícula biliar e na papila de Vater, onde se espessa formando o *esfíncter de Oddi*. O epitélio da vesícula biliar apresenta microvilos e vesículas endocíticas e pinocíticas, o que indica absorção ativa de bile para concentrá-la. Os grandes ductos bilíferos possuem em suas paredes muitas glândulas mucosas secretoras de mucina.

---

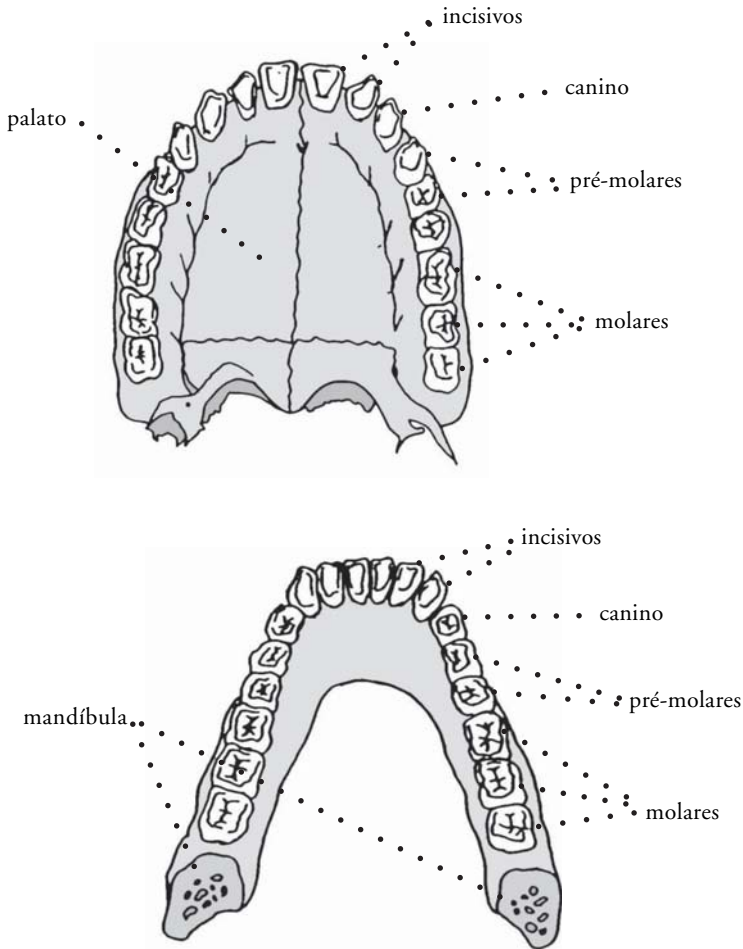
## A N A T O M I A

---

### DENTES

Os dentes se engastam no *arco dentário*, uma linha curva e simétrica na borda oclusal das *mastigas* (figuras 42 e 43).

As superfícies dos dentes, opostas entre as *mastigas*, que trituram o alimento, são chamadas de *faces oclusais*. O aspecto dessa face determina o nome da peça dentária: se a forma for de um fio, o dente é *incisivo*, se de um ponto, *canino*, e se de uma superfície tuberculada por *cúspides* e fissuras, *pós-incisivos* (*pré-molares* ou *molares*).



Figuras 42 e 43 - Arcos dentários

Existem trinta e dois *dentes permanentes* em adultos, dispostos em oito unidades em cada quadrante dos arcos dentais: dois *incisivos*, um *canino*, dois *pré-molares* e três *molares*. Vinte destes dentes são precedidos por *dentes de leite* ou *decíduos*; os demais (*molares permanentes*) não possuem precursores.

Os dentes são supridos por *feixes neurovasculares* formados pelos *vasos e nervos alveolares*, os quais penetram pelo forame apical das raízes dos dentes a partir dos *vasos e nervos maxilares* (na mandíbula, *nervos mandibulares* em vez de maxilares).

## LÍNGUA

A língua está dividida em duas metades por um *septo mediano* fibroso preso ao osso hióide. Em cada hemilíngua estão situados nove músculos estriados esqueléticos, os *músculos intrínsecos* e os *extrínsecos da língua* (quadro 12), com os primeiros estendendo-se para fora da língua e os últimos estando completamente dentro dela.

A face superior da língua – o *dorso lingual* – é dividida por um sulco em forma de V, o *sulco terminal*, em duas partes: *pré* e *pós-sulcal*.

A *pré-sulcal* ou *parte oral*, corresponde aos 2/3 anteriores da língua. Essa parte é móvel e seu dorso é áspero pela presença de pequenas saliências gustativas, as *papilas linguais*. A parte oral repousa sobre o assoalho bucal e apresenta um *ápice* em contato com os dentes incisivos.

A *parte pós-sulcal*, *faríngea* ou *base da língua* está logo adiante da orofaringe. Essa parte corresponde ao 1/3 posterior da língua e apresenta um grupo de elevações baixas de nódulos linfóides, chamadas em conjunto de *tonsila lingual*. O *forame cego* está no ângulo do V do sulco terminal, na base da língua. A parte pós-sulcal é a parte fixa da língua, e está presa ao osso hióide, mandíbula, processo estiloide, palato mole e faringe.

MÚSCULOS DA LÍNGUA	
extrínsecos	intrínsecos
genioglosso, hioglosso, condroglosso, palatoglosso e estiloglosso	longitudinal superior, longitudinal inferior, transverso da língua e vertical da língua

Quadro 12 – Músculos da língua.

No dorso da língua há um *sulco mediano* de profundidade variável. A mucosa da superfície inferior da língua é lisa e se reflete para o assoalho e bochechas, sendo ligado ao primeiro pelo *frênulo lingual* mediano; lateralmente a este, a veia profunda da língua se torna visível, e lateralmente a veia está uma *prega franjada* direcionada para frente e medialmente em direção ao ápice lingual.

A inervação lingual é vultuosa, sendo feita por quatro nervos cranianos (quadro 13).



## GLÂNDULAS

Diversos tipos de glândulas digestórias são descritas. No epitélio intestinal existem bilhões do tipo *unicelular*, as *células mucosas* ou *caliciformes*, que recebem esse nome devido a sua forma de taça. No intestino delgado, as glândulas assumem a configuração de depressões, as *criptas de Lieberkühn*, as quais contêm uma grande quantidade de células secretoras especializadas. No estômago e duodeno existem muitas *glândulas tubulares profundas*. Por fim, as *glândulas complexas* – *salivares, pâncreas e fígado* – diferem das demais por se localizarem fora das paredes do tubo digestório.

As glândulas salivares e o pâncreas contêm milhões de agrupamentos globulares de células secretoras, os *ácinos*, os quais abastecem um sistema de ductos que desembocam no trato alimentar.

### GLÂNDULAS SALIVARES

As glândulas salivares dividem-se em *maiores* e *menores*. As primeiras são constituídas pelas *parótidas, glândulas sublinguais, submandibulares* e *sublinguais* (figura 44). As glândulas maiores são volumosas e agrupadas aos pares, localizando-se a alguma distância da mucosa intestinal, com a qual se unem através de ductos extraglandulares.

Existem cerca de 600 a 1000 glândulas salivares menores distribuídas ao longo da cavidade oral e tubo aerodigestivo superior; elas recebem o nome de *buciais, labiais, palatinas, tonsilares* e *linguais*, segundo o local em que estão. Essas glândulas são essencialmente pequenas para que possam se acomodar na espessura da mucosa ou submucosa da boca, abrindo-se diretamente na sua cavidade ou indiretamente nela através de muitos ductos curtos.

INERVAÇÃO DA LÍNGUA		
caracter	pré-sulcal	pós-sulcal
sensibilidade	trigêmio	glossofaríngeo
gustação	facial	
motricidade	hipoglosso	

Quadro 13 – Inervação da língua.

**Glândulas salivares maiores.** A *parótida*, a maior glândula salivar, mede cerca de 25 gramas e é uma massa piramidal amarelo-lobulada entalada entre a mandíbula, meato acústico externo e o músculo esternocleidomastóideo. Seu ducto excretor (*Stensen* ou *Stenon*) é espesso e relativamente longo (5 cm), correndo pelo lado da face para se abrir em uma papila oposta ao 2º dente molar superior, no vestíbulo bucal.

A *glândula submandibular* está no triângulo digástrico, tendo uma forma e tamanho similar a uma noz. Seu ducto excretor (*Wharton*) transita de baixo para cima pelo assoalho da boca e desemboca em uma papila no lado do frênulo da língua. Esse arranjo anatômico antigravitacional do canal de *Wharton* é responsável pelo acometimento da glândula na inflamação crônica (*sialoadenite*) e na formação de cálculos (*sialolitíase*), a afecção cirúrgica mais comum da glândula submandibular.

A *glândula sublingual*, a menor glândula salivar maior, está abaixo da mucosa bucal, em contato com a mandíbula, próximo a sua sínfise. Tem formato semelhante a de uma amêndoa, pesa aproximadamente 4 gramas e possui oito a vinte curtos ductos excretores (*Bartholin*), que se abrem, de cada lado do assoalho da boca, em uma linha encurvada, a *prega sublingual*.

As glândulas salivares maiores são inervadas pelo plexo simpático e pelo nervo facial, exceto a parótida, que é suprida pelo nervo glossofaríngeo.

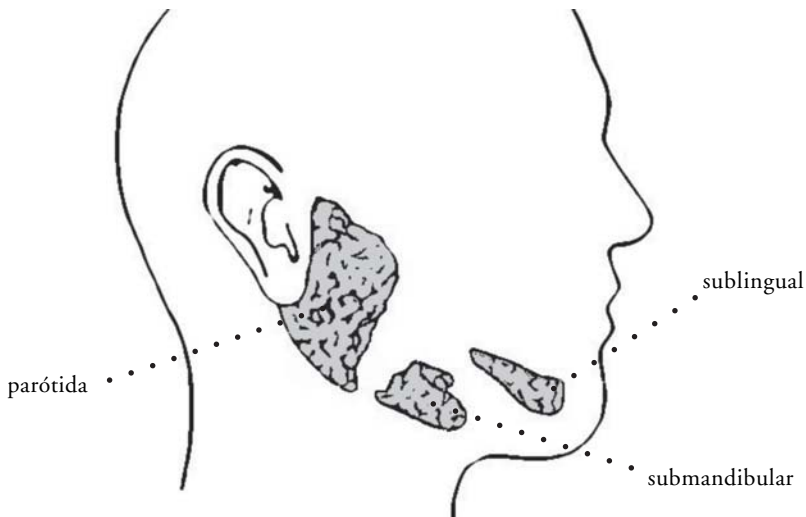


Figura 44 - Glândulas salivares maiores.

## PÂNCREAS

O pâncreas é uma glândula mole, lobulada, de coloração rosa-acinzentada, medindo de 12 a 15 cm horizontalmente.

O pâncreas se estende transversalmente através da parede posterior do abdome, do duodeno ao baço, atrás do estômago. Sua extremidade direita, larga, é a *cabeça*, e está ligado ao *corpo do pâncreas* através de um *colo* ligeiramente comprimido, com cerca de 2 cm de comprimento. Sua extremidade esquerda, estreita, é a *cauda*. O *processo uncinato*, em forma de gancho, se lança para a esquerda, a partir da parte inferior da cabeça, para terminar atrás dos vasos mesentéricos superiores.

**Relações do pâncreas.** O pâncreas está profundamente engastado no retroperitônio, sendo circundando por estruturas importantes, como o duodeno, estômago, aorta, veia cava inferior, veia porta e rim esquerdo (figura 45).

A cabeça do pâncreas está encaixada na curva do duodeno. No sulco entre o duodeno e a cabeça estão as artérias pancreático-duodenais.

A partir da face anterossuperior da cabeça do pâncreas, o colo do pâncreas se projeta para frente-cima-esquerda ao longo do plano transpilórico. O limite entre a cabeça e o colo, na frente, é o sulco para a artéria gastroduodenal, e atrás, uma incisura profunda que contém o início da veia porta do fígado. A face anterior da cabeça do pâncreas está em contato com o colo transversal e com o jejuno.

A cabeça do pâncreas está na frente da veia cava inferior, do pilar direito do diafragma e do término das veias renais. O processo uncinado situa-se na frente da aorta. O ducto colédoco está alojado em um sulco na face posterior da cabeça do pâncreas.

A face anterior do colo do pâncreas é revestida com peritônio e está em contato com o piloro; as artérias gastroduodenal e pancreático-duodenal superior descem na junção do colo com a cabeça do pâncreas; a face posterior está relacionada com a veia mesentérica superior e com o início da veia porta do fígado.

O corpo do pâncreas, prismático em corte, possui as *faces anterior, posterior e inferior*. A primeira, côncava, olha antero-superiormente, é revestida por peritônio contínuo com a lâmina ascendente anterior do omento maior e está separada do estômago pela bolsa omental.

A face posterior do corpo do pâncreas, desperitonizada, está na frente da aorta, da origem da artéria mesentérica superior, do pilar esquerdo do diafrag-

ma, glândula suprarrenal esquerda, rim esquerdo, vasos renais esquerdos e veia esplênica.

A face inferior do corpo, estreita, é revestida pela lâmina inferior do mesocólon transverso; abaixo dessa face estão a flexura duodenojejunal e as alças do jejunu; sua extremidade esquerda repousa sobre o ângulo esplênico do cólon.

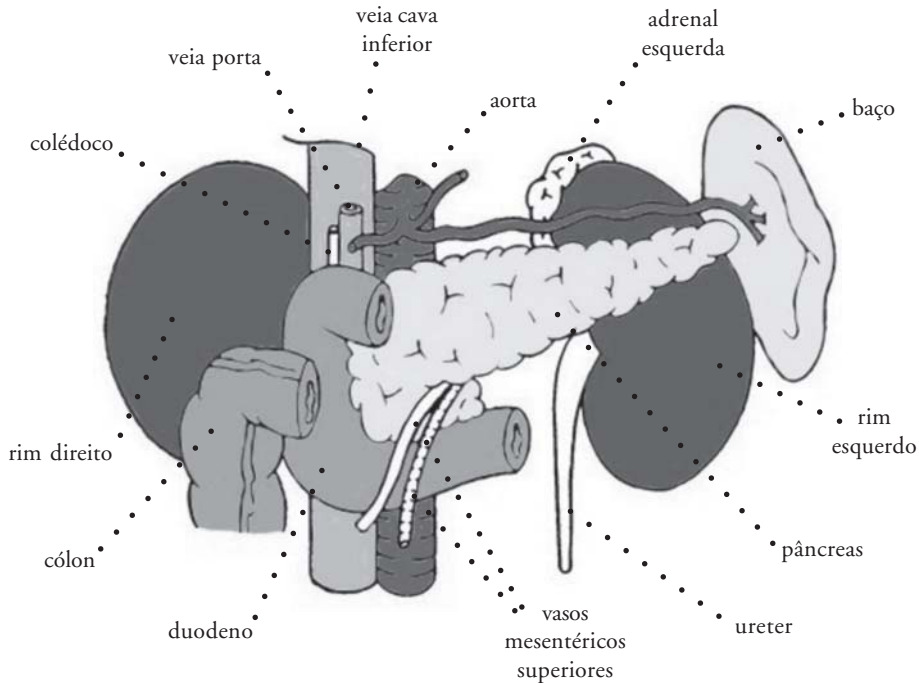


Figura 45 - Pâncreas *in situ*.

A margem superior do corpo do pâncreas é achatada à direita, e fina à esquerda, próximo da cauda; um *túber omental* se projeta da extremidade direita da margem superior acima da pequena curvatura gástrica, atrás do omento menor. A margem superior está logo abaixo do tronco celíaco, cujo ramo hepático comum corre para a direita imediatamente acima da glândula, enquanto o ramo esplênico sinuoso corre para a esquerda ao longo desta margem.

A margem anterior do corpo separa as faces anterior e inferior; ao longo dela, as duas lâminas do mesocólon transverso divergem, uma passando sobre

a face anterior, a outra passando para trás sobre a face inferior. A margem inferior separa as faces posterior e inferior, com os vasos mesentéricos superiores emergindo sob sua extremidade direita.

A cauda do pâncreas alcança o baço. Ela está contida com os vasos esplênicos entre as duas lâminas do ligamento esplenorrenal.

**Ductos excretores.** O *ducto pancreático principal de Wirsung* começa pela junção de ductos lobulares na cauda do pâncreas e, correndo para a direita no corpo da glândula, recebe mais ductos lobulares que se unem a ele quase em ângulo reto, formando um padrão tipo *espinha de peixe*. No colo da glândula, curva-se para baixo em direção ao colédoco, à sua direita. Os dois canais se unem ao penetrar na parede medial da porção descendente do duodeno, resultando em um estreito ducto comum terminal que desemboca na papila de Vater, póstero-medialmente nesta parte do duodeno.

Frequentemente, um *ducto pancreático acessório de Santorini* drena a parte inferior da cabeça do pâncreas, subindo na frente do ducto principal, com o qual ele se comunica, e abre-se sobre uma pequena e redonda *papila duodenopancreática menor*, cerca de 2 cm acima da papila de Vater. A extremidade duodenal do ducto acessório pode deixar de crescer; a secreção é então desviada ao longo do canal de conexão para o ducto principal.

## FÍGADO

Maior glândula do corpo humano, o fígado se situa na parte superior direita da cavidade abdominal. O órgão é um tanto cuneiforme, tem tom marrom-avermelhado e consistência firme, flexível e friável. Pesa cerca de 2% do peso corpóreo no adulto.

**Área hepática.** O fígado pode ser examinado clinicamente na parede abdominal anterior em uma região triangular denominada *área hepática*. Esta zona é formada pela união de dois pontos superiores, localizados 1 cm abaixo de cada mamilo, com um ponto inferior situado na linha axilar anterior na altura da 9ª cartilagem costal direita (figura 46).

**Faces, bordas e ligamentos.** A *face diafragmática* do fígado é proximal e regularmente convexa porque está intimamente encaixada sob o diafragma. A *face visceral* é distal e irregularmente côncava para se amoldar aos órgãos ab-

dominais subjacentes. Essas faces são separadas entre si por meio de uma fina *margem inferior*.

A margem inferior do fígado se estende ao longo de uma linha da ponta da 10ª costela direita até logo abaixo do mamilo esquerdo; ela pode ser facilmente palpável na pessoa normal, especialmente na inspiração profunda. A margem superior do fígado segue uma linha que passa logo abaixo do mamilo de cada lado.

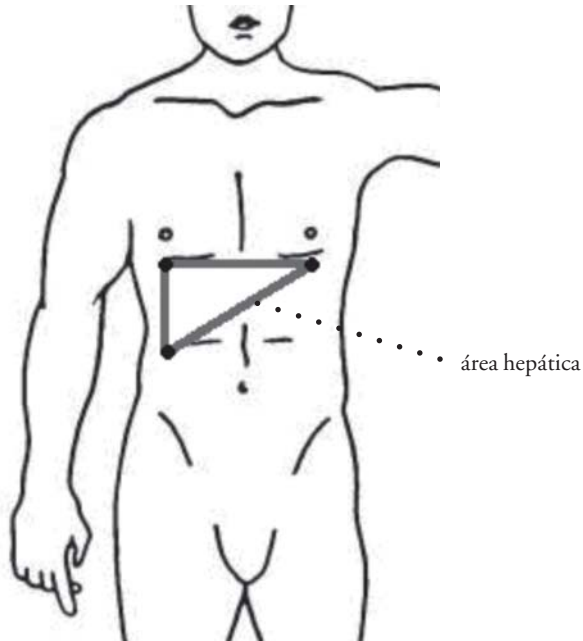


Figura 46 - Área hepática.

O fígado é recoberto por peritônio, que o liga ao estômago, parede abdominal e diafragma por meio de diversas pregas contínuas: o *ligamento falciforme*, crescentiforme, contém o ligamento redondo; corre a partir do umbigo, se dicotomiza na frente do fígado, sua lâmina esquerda passando a se chamar *ligamento triangular esquerdo* e a direita, de *ligamento coronário*. Estes ligamentos delimitam uma região desperitonizada, losangular, posterior, a *área nua*.

O *ligamento redondo* é o resto obliterado da *veia umbilical esquerda* que, no útero, trás sangue da placenta de volta para o feto. O *ligamento venoso* é o resquício fibroso do *ducto venoso* do feto que conduz sangue desta veia umbilical esquerda diretamente para a veia cava inferior, sem passar pelo fígado.

Então, é bastante fácil perceber que os sulcos para os ligamentos redondo e venoso e para a veia cava inferior, representando como fazem a via de um tronco venoso fetal, são contínuos no adulto.

**Lobos hepáticos.** O fígado é dividido em *lobos* (1) *direito*, o maior, (2) *esquerdo*, de aspecto cuneiforme, (3) *caudado*, localizado atrás e (4) *quadrado*, retangular, visível na face inferior. A base dessa divisão é uma concatenação das características superficiais do fígado, determinada pelo ligamento falciforme e pelas fissuras hepáticas (figura 47). O lobo direito é separado do esquerdo anteriormente pelo ligamento falciforme e póstero-inferiormente, na face visceral, por um arranjo das fossas em forma de H:

- anteriormente e à direita – a *fossa da vesícula biliar*;
- posteriormente e à direita – o sulco da veia cava inferior;
- anteriormente e à esquerda – a fissura do ligamento redondo;
- posteriormente e à esquerda – a *fissura do ligamento venoso*.

A barra cruzada do H é a *porta do fígado*. Os dois lobos subsidiários estão destacados na face visceral do fígado entre os espaços do H – o quadrado na frente e o caudado atrás. Os lobos direito e esquerdo ficam, respectivamente, à direita e à esquerda do H.

No fígado, a verdadeira lobação anatômica é baseada nas divisões primárias do *sistema triádico*, este constituído pela artéria hepática, veia porta e ducto biliar. A zona de divisão entre os lobos direito e esquerdo é um plano mais à direita do ligamento falciforme, estendendo-se na *linha de Cantlie*, uma linha que vai da fossa da vesícula biliar até a veia cava inferior. Isto torna o lobo caudado e o quadrado partes do lobo esquerdo, e não do direito.

**Porta hepática.** A porta hepática é uma profunda fissura no meio da face visceral do fígado por onde migram os elementos nutridores da glândula: a tríade, os linfáticos e os nervos hepáticos. Todas estas estruturas são envolvidas por uma membrana de tecido conjuntivo frouxo até os espaços porta, a *cápsula perivascular de Glisson*, a qual é contínua com a fina túnica fibrosa que reveste todo o fígado, logo abaixo de peritônio.

**Sistema biliar.** O *sistema excretor do fígado* ou *sistema biliar* é constituído por um *ducto hepático comum*, formado pela junção dos *ductos hepáticos direi-*

to e esquerdo, no hilo. O ducto hepático desce 3 cm para se unir em ângulo agudo com o *ducto cístico*, formando o *colédoco*.

O *ducto cístico*, de 4 cm de extensão, passa para trás-baixo-esquerda a partir da vesícula biliar para se unir ao ducto hepático comum. O *ducto colédoco*, formado pela junção dos ductos cístico e hepático comum, mede cerca de 8 cm de extensão e 6 mm de diâmetro; desce para a esquerda, passa atrás do bulbo duodenal e corre em um sulco na face posterior da cabeça do pâncreas. À esquerda da parte descendente do duodeno, o colédoco alcança o ducto pancreático; juntos eles penetram na parede do duodeno, onde se unem para formar uma pequena dilatação, a *ampola hepatopancreática*, cuja extremidade distal estreitada se abre na *papila de Vater*, na parte descendente do duodeno, a 10 cm do piloro.

A *vesícula biliar* é uma bolsa piriforme do sistema biliar com capacidade de armazenar aproximadamente 50 ml de bile. A mucosa na sua parte distal forma, juntamente com a mucosa do ducto cístico, cristas crescentiformes oblíquas que integram uma *válvula espiral*.

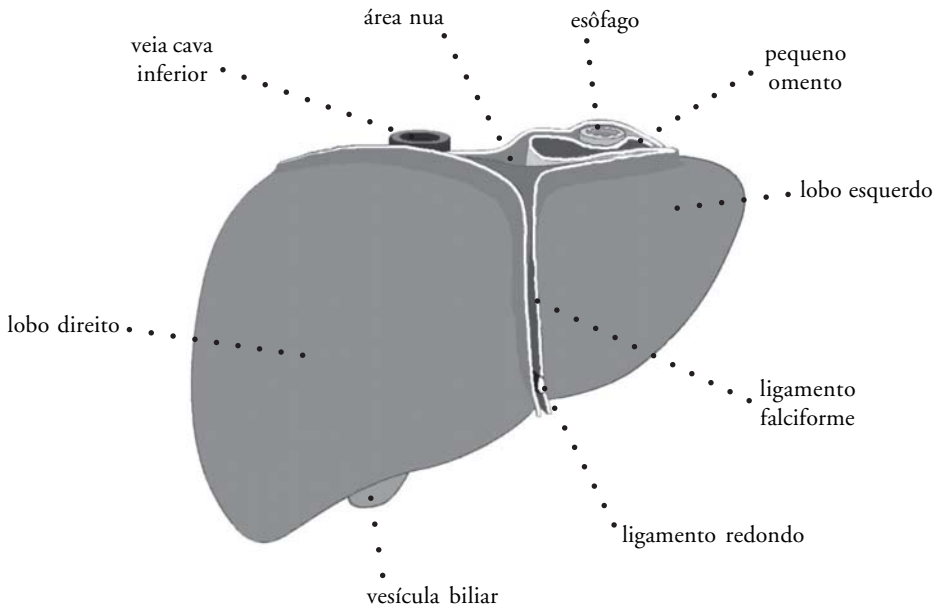


Figura 47 - Fígado, visão anterior.



## FISIOLOGIA

### DENTES

Durante a primeira infância, os dentes começam a projetar-se para fora do osso, através do epitélio oral, para dentro da boca. A causa da erupção é desconhecida; a teoria mais provável é a de que o crescimento da raiz do dente, bem como do osso subjacente, empurra progressivamente o dente para o exterior.

Os seres humanos possuem duas dentições, *decídua* e *permanente*, condição chamada de *difiodontia*. Os dentes de leite irrompem entre o 7º mês e o 2º ano de vida e permanecem até 6 a 13 anos. Após a perda de cada dente decíduo, um dente permanente o substitui, e aparecem, posteriormente, 8 a 12 dentes molares adicionais nas mastigas, de modo que o número total de dentes permanentes no adulto é de 28 a 32, dependendo do aparecimento final dos quatro *dentes do siso*, o que não ocorre em todas as pessoas.

Por causa da necessidade de acomodar dentes em pequenas maxilas jovens, a dentição decídua é uma exigência na nossa espécie. Com um número reduzido de substituições, os tecidos dentais foram concebidos para minimizar os efeitos do desgaste da mastigação. Assim, um *esmalte prismático*, duro e grosso, substitui um *esmalte não-prismático*, mais fino e menos rígido.

Os dentes são admiravelmente construídos para a mastigação. Os dentes incisivos cortam, os molares trituram e os caninos rasgam os alimentos. Os músculos mastigatórios podem aproximar os dentes com força de 25 Kg, nos incisivos, e 90 Kg, nos molares.

Os sais de cálcio na dentina a tornam extremamente resistente a forças de compressão, enquanto as fibras de colágeno a tornam dura e resistente às forças e à tensão que surgem quando os dentes são comprimidos contra objetos sólidos.

Cada dente é *suspenso*, e não anquilosado, em um alvéolo por meio do *ligamento periodontal*. Isso permite uma irrupção e um grau de migração para compensar o desgaste. Graças a direção das fibras colágenas no ligamento, os movimentos de inclinação, intrusão e extrusão são limitados nos dentes. A inervação dos tecidos periodontais fornece um fluxo mais compreensivo de impulsos proprioceptivos para os centros do tronco encefálico do cerebelo, onde os ciclos mastigatórios podem ser integrados.

Os dentes são dotados de cúspides que se interdigitam, de modo que o conjunto dos dentes superiores encaixa-se no conjunto dos dentes inferiores. Esse encaixe é denominado *oclusão* e permite que até mesmo as pequenas partículas de alimento sejam presas e trituradas entre as superfícies oclusais dos dentes.

Os dentes são fontes de estímulo ao crescimento do arco alveolar mesmo enquanto germes, por sua presença e seus movimentos geneticamente direcionados à região oclusal. Após a erupção, passam a estimular a manutenção da forma do arco alveolar. Isto acontece devido ao peculiar sistema de fixação do dente ao alvéolo proporcionado pelo ligamento periodontal. Suas fibras, ligadas perpendicularmente à raiz dentária e ao alvéolo, promovem um sistema físico de transformação de pressão em tração. Quando o dente é pressionado contra o alvéolo pela força mastigatória, suas fibras periodontais tracionam as paredes alveolares, mantendo-as sempre em situação de renovação osteoblástica, livres de reabsorção. Quando um dente é extraído, o osso alveolar remanescente passa a ser submetido à pressão direta da mastigação, e com isso ocorre uma rápida reabsorção do rebordo alveolar.

Pré-digerindo o alimento por meio de cozimento, a raça humana superou o problema de passar material apropriadamente fragmentado à ação de enzimas digestivas. Por isso, os dentes têm se tornado dispensáveis para a nossa sobrevivência. No entanto, a dentição tritura a comida muito mais eficientemente do que qualquer substituição artificial.

Sendo os mais duros e estáveis dos tecidos, os dentes são seletivamente preservados. Sua resistência ao fogo e à decomposição bacteriana os torna inestimáveis na identificação de cadáveres irreconhecíveis, um ponto de grande importância forense.

A sensibilidade dental não se dá através da estimulação das terminações nervosas existentes na dentina. A excitação desta por estímulos térmicos, mecânicos ou osmóticos provoca uma resposta dolorosa difusa. Isso ocorre porque os estímulos geram movimento do líquido extracelular contido nos microcanais da dentina, causando, por sua vez, uma deformação local da polpa, sentida pelas terminações nervosas aí localizadas.

## LÍNGUA

A divisão da língua em zonas pré e pós-sulcal não é meramente didática, mas também funcional. A divisão delimita duas áreas distintas de constituição mucosa e suplência neural. Essa diferença ocorre porque as partes anterior e posterior da língua se desenvolvem a partir de zonas embriológicas diferentes.

A língua é um órgão de quádrupla ação – gustação, mastigação, deglutição e fonação – devido a sua constituição altamente muscular. Os músculos intrínsecos atuam alterando a forma da língua em uma combinação interminável, dando ao órgão uma mobilidade vasta e precisa, importante para a função alimentar e para a fala. Os músculos extrínsecos movimentam a língua em bloco, efeito particularmente importante para a deglutição.

As papilas linguais são modificações da mucosa lingual que aumentam a interface língua-alimento, o que favorece o atrito e o movimento das partículas pela língua dentro da boca, facilitando a gustação e a mastigação. As papilas filiformes são as únicas sem função gustativa.

As terminações gustatórias de nervos cranianos, as quais estão presentes especialmente na língua, mas também ao longo de toda a cavidade, tornam a boca a sede da percepção do sabor dos alimentos.

Salgado, azedo, doce e amargo são as modalidades da gustação, podendo ser percebidas em todas as regiões linguais que possuam botões gustativos. Substâncias dissolvidas na saliva contatam as células do paladar através dos poros dos botões gustativos e interagem com receptores (doce e amargo) e canais iônicos (salgado e azedo) na superfície das células gustativas, resultando em estímulo de fibras nervosas gustatórias, as quais estão conectadas à base dos botões. Essa informação será processada por neurônios gustatórios centrais. Cada estímulo gera um padrão neuronal característico, possibilitando a discriminação dos sabores.

A fala e a capacidade de articular palavras são muito dependentes da competência orofaríngea e da mobilidade da língua. Além de seu papel óbvio na fala, a língua pré-sulcal é importante para a propulsão do alimento e do líquido pela boca. Uma espessura adequada de partes moles é necessária para evitar acúmulos nos recessos bucais e para reduzir o espaço morto intra-oral. A base da língua é identificada especificamente como um importante gerador de pressão na faringe, e é responsável pelo trânsito alimentar para o esôfago. Durante a fase preparatória oral da deglutição, a língua, em associação com o movimento de rotação da mandíbula, propulsiona o alimento para os dentes para a mastigação. Subsequentemente, faz um bolo alimentar semicoeso antes de se iniciar a fase oral. Os receptores sensitivos da orofaringe e língua em si são estimulados e acionados para liberar o reflexo da deglutição de modo a dar início à fase faríngea da deglutição. A retração da base da língua e a contração da parede faríngea posterior contribuem para a propulsão inferior do material através da faringe.

## GLÂNDULAS

As glândulas exercem duas funções básicas por meio da eliminação de secreções. Em primeiro lugar, participam da digestão por meio da produção de *enzimas*. Segundo, as glândulas mucosas sintetizam uma secreção insolúvel, espessa composta de água, eletrólitos e glicoproteínas, o *muco*. Graças à consistência viscosa e à propriedades anfotéricas, o muco impede o contato direto do alimento e facilita seu deslizamento na mucosa, evitando escoriações e digestão do epitélio. O muco também favorece a aderência das partículas fecais umas as outras para formar o bolo fecal, bem como tampona pequenas quantidades de ácidos ou álcalis existentes no lúmen intestinal.

A presença do alimento induz a secreção glandular, seja por contato direto com a célula secretora, seja por ativação do sistema nervoso entérico ou por estimulação parassimpática.

As glândulas da porção inicial do tubo digestório – salivares, esofágicas, gástricas e duodenais – são supridas pelos nervos parassimpáticos glossofaríngeo e vago. Na porção terminal do intestino grosso, a inervação parassimpática é dada pelos nervos pélvicos. No restante do intestino, a regulação é dada por estímulos neuro-hormonais locais.

A estimulação simpática costuma a reduzir as secreções porque causa vasoconstrição na glândula e, assim, diminui sua irrigação sanguínea. A estimulação hormonal é particularmente evidente para estimular as secreções do estômago, pâncreas e vesícula biliar.

## GLÂNDULAS SALIVARES

As glândulas salivares são do tipo exócrino, podendo expelir dois tipos de secreção: uma *serosa*, fluida, contendo *ptialina*, e uma *mucosa*, viscosa devido a presença da glicoproteína *mucina*. As parótidas são do tipo seroso, as glândulas salivares menores são do mucoso e as sublinguais e submandibulares secretam ambos os tipos de secreção.

**Produção de saliva.** A secreção diária de saliva é de 1000 ml, em média. As glândulas salivares menores produzem cerca de 10% deste volume, mas são responsáveis por cerca de 70% do muco secretado na saliva. O restante é secretado pelas glândulas maiores. Durante a salivacção máxima a formação de secreção pode aumentar em até vinte vezes.

A secreção de saliva é regulada por sinais parassimpáticos provenientes dos *núcleos salivatórios* do tronco cerebral e da *área do apetite*. Esses núcleos são

excitados por estímulos gustatórios e táteis oriundos da língua, boca e faringe, além de estímulos visuais e olfativos a partir dos alimentos. Estímulo particularmente forte é dado pela secura da boca e da faringe. Os sinais parassimpáticos causam maior irrigação da glândula por meio de uma potente vasodilatação arteriolar, o que aumenta a quantidade de saliva produzida. Diz-se, assim, que a inervação parassimpática é *secremоторa*. Vasoconstricção e a redução da salivacão são efeitos simpáticos.

O *mioepiteliócito* é estimulado por axônios simpáticos. Sua contração espreme a saliva na luz glandular, prevenindo refluxo por distensão das terminações secretoras e auxiliam a saliva suplantar a resistência periférica.

**Funções da saliva.** O fluxo salivar promove a remoção mecânica e a dissolução digestiva de microorganismos patogênicos e de partículas alimentares que fornecem seus sustentos metabólicos. A saliva possui substâncias bactericidas, como a *lactoferrina*, *lisozima*, *ions tiocianato* e a *IgA*. Se não houvesse glândulas salivares, a perda da função protetora da saliva tornaria os tecidos orais sujeitos a ulcerações e infecções, e os dentes a cáries mais destrutivas.

Os plasmócitos presentes nas glândulas salivares secretam *IgA*, que forma, juntamente com um componente proteico sintetizado pelas células salivares, uma macromolécula complexa denominada *IgA secretória* ou *SIgA*, a qual é liberada na saliva. A *SIgA* é resistente a ação enzimática, o que prolonga sua função de defesa contra patógenos orais.

Outras funções atribuídas à saliva são: lubrificação da mucosa oral, evitando lesões por atrito por alimentos durante a mastigação; iniciação da digestão de carboidratos e lipídios por meio da atividade da amilase e lipase lingual; proteção dos dentes por meio da manutenção de um pH neutro na cavidade bucal e por formação de uma película proteica sobre o esmalte dental; auxílio à fala; provisão de um solvente aquoso necessário para o paladar; vedação bucal durante a sucção, amamentação e osculação; secreção de pequenas quantidades de hormônios, como *testosterona*, *serotonina* e a substância glucagoniforme.

## FÍGADO

O fígado constitui uma interface entre o tubo digestório e o sangue, pois nessa glândula os nutrientes absorvidos são processados e armazenados para uso em outros tecidos. Os nutrientes chegam ao fígado pela veia porta, exceto os *quilomícrons*, que são transportados pelos vasos linfáticos.

A posição do fígado no sistema circulatório, entre as circulações portal e caval, é estratégica para a captação, transformação e acumulação de metabólitos e para a neutralização e eliminação de produtos tóxicos na bile.

## CORRELAÇÕES ANÁTOMO-FISIOLÓGICAS

Muitas características hepáticas podem ser entendidas tomando como base o processamento do sangue portal realizado por essa víscera:

- O fígado é *transplantável* porque apresenta calibrosos vasos que penetram por uma mesma zona focal, o *hilo*, o que torna exequível a execução de anastomoses cirúrgicas entre os vasos do leito receptor e os do órgão que está sendo transplantado.
- A *localização porto-caval*, ou seja, entre os sistemas venosos caval e portal, no espaço supracólico direito, coloca o fígado necessariamente na passagem do sangue intestinal, o qual será metabolizado antes de fluir na circulação sistêmica. Esta situação permite a existência de um sistema biliar curto, pela proximidade com duodeno.
- O fígado fica encavilhado entre as últimas costelas direitas e a coluna vertebral, permanecendo, assim, em uma posição protegida por um esqueleto elástico e resistente.
- O contato contínuo com o diafragma molda o fígado superiormente conforme a curvatura deste músculo, e inferiormente segundo as saliências das vísceras subjacentes. Isso explica o aspecto de *domus* da face diafragmática e a presença de diversas depressões na face visceral.
- O fígado não apresenta a coloração rosada habitual das vísceras irrigadas somente por sangue arterial, pois nos sinusóides circula sangue artério-venoso, dando a glândula uma tonalidade mais escurecida.
- O fígado se rompe com facilidade graças ao seu pesado parênquima, indispensável ao processamento do sangue portal, deixando pouco espaço para a presença de estroma, mais resistente. A presença de tecido fibro-elástico tornaria o órgão mais firme, porém dificultaria intercâmbios entre hepatócito e o sangue sinusoidal. A friabilidade e o grande contingente vascular tornam a glândula susceptível a sangramentos caudalosos; os ferimentos hepáticos não podem ser suturados firmemente e a hemorragia pode ser grave.
- Um órgão friável requer uma superfície peritoneal externa polida e escorregadia que reduza seu atrito com alças intestinais em movimento

durante as incursões respiratórias, minimizando o risco de injúrias traumáticas.

- A despeito de seu peso, acredita-se que, como diversas outras vísceras, a posição do fígado seja mantida por inserção de seus múltiplos ligamentos e, especialmente, por meio da pressão intra-abdominal devido ao tônus dos músculos do abdome. A continuidade das veias hepáticas com a veia cava inferior pode formar alguma sustentação.

## FUNÇÕES CELULARES

Diversas funções hepáticas não podem ser entendidas sem a compreensão de seus elementos celulares. Fluidos provenientes do sangue portal atravessam rapidamente a parede dos sinusóides hepáticos e fazem contato íntimo com os hepatócitos, o que permite uma fácil troca de macromoléculas secretados por essas células.

**Hepatócitos.** Os hepatócitos são as células mais versáteis do corpo humano. Têm funções endócrina e exócrina. São capazes, simultaneamente, de acumular, detoxificar e transportar diversas substâncias. Graças a sua riqueza de mitocôndrias e retículo endoplasmático, o hepatócito é capaz de (1) sintetizar proteínas plasmáticas com efeitos biológicos, como *albumina*, *fibrinogênio*, *lipoproteínas* e *componentes do complemento*, (2) detoxificar, mediante oxidação, metilação e conjugação, substâncias tóxicas endógenas ou exógenas, (3) conjugar a bilirrubina tóxica e hidrofóbica para o *glicuronato de bilirrubina*, atóxico e hidrofílico, passível de ser eliminado na bile, (4) armazenar grande quantidade de *glicogênio* e *gordura*, os quais constituem depósitos químicos de glicose que podem ser mobilizados quando a glicemia cai abaixo de níveis aceitáveis, suprindo o organismo de substratos energéticos nos períodos interprandiais, (5) metabolizar aminoácidos, reciclando-os sob a forma de glicose (*neoglicogênese*) ou eliminando na forma de ureia, (6) secretar bile, uma função exócrina do hepatócito, já que estas células captam do sangue, transformam e excretam vários componentes para o interior dos canálculos biliares; (7) sintetizar sais biliares, indispensáveis para emulsificação de gorduras; (8) armazenar ferro sob a forma de ferritina, (9) liberar calor através da atividade de todos estes processos precedentes, auxiliando na manutenção da *homeotermia*, e (10) prover o crescimento através da síntese de *somatomedinas*, que são substâncias produzidas após estímulo do hormônio de crescimento sobre o hepatócito; as somatomedinas serão responsáveis pela incorporação de *radicais de sulfato* em *proteoglicanas* e *glicosaminoglicanas* da cartilagem epifisária, estimulando o alongamento ósseo.

**Outras células.** As células de Kupffer destroem eritrócitos velhos, hemoglobina e bactérias que penetrem no sangue portal além de secretar proteínas relacionadas com processos imunológicos. As células de *Ito* captam armazenam e liberam retinóides, sintetizam proteoglicanas para a matriz extracelular do corpo, produzem fatores de crescimento e citocinas e regulam o diâmetro da luz sinusoidal em resposta a diferentes fatores reguladores, como *prostaglandinas* e *tromboxane A<sub>2</sub>*.

**Lóbulo e ácino portais.** Um conceito mais útil de uma unidade funcional, refletindo centros de secreção biliar, fluxo sanguíneo, oxigenação, gradientes metabólicos e, em patologia, a degereneração hepática, é o de *lóbulo portal*. Este consiste das partes vizinhas de três lóbulos, cuja bile drena para um duto bilífero situado no espaço porta entre tais lóbulos. Em cortes histológicos, o lóbulo portal é um polígono centrado sobre uma tríade portal, com sua delimitação passando através de veias centrais adjacentes.

Uma terceira unidade microfuncional do fígado, além do lóbulo portal e do histológico, é a do *ácino portal*, um conceito ainda mais útil relativamente à organização metabólica. O ácino está centrado sobre um ramo pré-terminal de uma arteríola hepática e inclui o tecido hepático suprido por esse ramo, limitado por duas veias centrais adjacentes. Como fenômenos tais como lesão anóxica, deposição de glicogênio e trauma tóxico estão relacionados com o fluxo arterial, eles tendem a seguir o padrão acinar.

## SECREÇÃO E DIGESTÃO

O fígado produz de 500 a 1000 ml de bile por dia. Esta secreção auxilia a digestão ao reduzir a tensão superficial de grandes fragmentos de gordura, de modo que a agitação da água intestinal pode reduzi-los a pequenas partículas de diâmetro < 1  $\mu\text{m}$  (*emulsificação*). Isso causa um aumento de até 1000 vezes na superfície total das gorduras. Como as lipases são enzimas hidrossolúveis que só conseguem atacar a superfície da gordura, compreende-se a importância desta ação detergente dos sais biliares e da lecitina da bile.

A bile facilita a absorção de gorduras através da presença de glóbulos ultramicroscópicos formados do ajuntamento de 20 a 40 moléculas de sais biliares, as *micelas*. A gordura é sequestrada no interior da micela, com os grupos polares dos sais biliares recobrimdo a superfície da mesma, permitindo que toda a estrutura se dissolva na água dos sucos digestivos, em solução estável. Em seguida, as micelas transportam os lipídios até a borda em escova dos enterócitos, permitindo sua absorção.



A bile também serve como meio líquido para a excreção de vários produtos de degradação do sangue, como *bilirrubinas* e *colesterol*.

Durante o trajeto pela árvore biliar, uma segunda secreção, formada de água e bicarbonato, é adicionada a bile por estímulo da *secretina*, aumentando a quantidade de bile em até 100%. A segunda secreção tem por função neutralizar o ácido proveniente do estômago juntamente com a secreção pancreática.

A bile não tem qualquer enzima, sendo formada de *sais biliares* (soluto mais abundante), bilirrubina, lecitina, colesterol, eletrólitos e água. A maior parte é armazenada na vesícula biliar. O volume máximo dessa vesícula é de 60 ml, mas ela pode armazenar até 12 horas de secreção biliar (cerca de 500 ml) visto que a maior parte da água e eletrólitos é absorvida continuamente por seu epitélio, concentrando os constituintes remanescentes em 5 a 20 vezes.

A drenagem da bile depende da atividade do esfíncter de Oddi e da papila de Vater. Quando alimento gorduroso chega ao duodeno, a parede da vesícula se contrai e o esfíncter de Oddi se relaxa por estímulo da *colecistocinina* (a mesma que induz secreção de enzimas pancreáticas), da *acetilcolina* liberada pelo vago e pelo sistema nervoso entérico, causando expulsão da bile hipertônica para o intestino delgado. Porém, na maior parte do tempo o esfíncter permanece fechado. Neste caso, a bile, produzida continuamente, reflui para a vesícula, enchendo-a até seu limite de distensão.

Os sais biliares exercem os efeitos fisiológicos mais importantes na bile. Por isso eles são reaproveitados ao máximo. Aproximadamente 95% deles recirculam na bile, refazendo o circuito cerca de 20 vezes antes de serem eliminados nas fezes. Isto ocorre pela absorção de sais biliares na porção proximal do delgado e no íleo distal. Os sais retornam ao fígado pelo sistema porta e são novamente secretados na bile. Este ciclo é denominado *circulação êntero-hepática dos sais biliares*.

## PÂNCREAS

O pâncreas não tem motilidade ou atividade absorptiva, sua função se restringindo à secreção e digestão.

## FUNÇÃO EXÓCRINA

A função pancreática exócrina é executada pela secreção do *suco pancreático*. Esse líquido contém enzimas para a digestão dos três tipos básicos de

nutrientes: *proteases*: tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase; *lipases*: lipase, colesterolase e fosfolipase; e *carboidratase*: amilase. A mais poderosa lipase é a pancreática. Ela é capaz de lisar, em 1 min, toda a gordura com que entra em contato. *Ácidos graxos e monoglicerídeos* são os produtos finais da digestão lipídica.

O suco pancreático também contém grande quantidade de *bicarbonato*, que desempenha papel na neutralização do quimo ácido despejado no duodeno.

A secreção pancreática resulta do efeito combinado de múltiplos estímulos neurohumorais após a chegada de alimento no duodeno. As enzimas são sintetizadas pelas células acinares sob estímulo da colescistocinina e de descargas parassimpáticas vagais. O bicarbonato é produzido pelas células ductais após estimulação da *secretina*, hormônio polipeptídico liberado pelas *células S* da mucosa do duodeno e jejuno quando alimentos com altos teores de ácido clorídrico chegam ao duodeno. Esse mecanismo impede a liquefação ácida do intestino delgado, e cria um pH adequado para a atividade das enzimas pancreáticas, que funcionam em meio alcalino ou neutro, no pH 7 ou 8.

É importante que as proteases não sejam ativadas antes de alcançar a luz intestinal, de outro modo digeririam o próprio pâncreas. Por isso, as mesmas células que produzem enzimas secretam outra substância, o *inibidor da tripsina*, o qual impede a ativação da enzima nas células, ácinos e ductos pancreáticos. Como é a tripsina que ativa as outras proteases, o inibidor impede a ativação de todas as enzimas proteolíticas.

## FUNÇÃO ENDÓCRINA

O pâncreas endócrino é indispensável, pois ele produz três hormônios importantes, a *insulina*, o *glucagon* e a *somatostatina*.

Parece que as ilhotas pancreáticas têm duas zonas funcionais: uma *central* ou *medular* e outra *periférica* ou *cortical*. A primeira é formada especialmente por endocrinócitos B; nesta região, a insulina é secretada numa taxa constante em resposta à glicemia. A zona cortical, um misto de endocrinócitos A, B e D, é rica em elementos neurovasculares; nela a atividade secretora responde rapidamente a diversas mudanças ambientais.

**Insulina.** Este é o principal hormônio produzido pelas ilhotas pancreáticas. Estima-se que em um dia, o pâncreas endócrino armazena 10 mg e secreta cerca de 2 mg de insulina. Isto representa cerca de 2% da proteína produzida pelas células pancreáticas exócrinas.

*Estrutura.* A insulina é um polipeptídeo de estrutura química bem conhecida. Ela é sintetizada nas células B das ilhotas de Langerhans a partir de uma molécula precursora, a *pró-insulina*, pela ação de enzimas proteolíticas conhecidas como *pro-hormônio convertases 1 e 2*. Posteriormente, a insulina é transformada, por ação proteolítica, em hormônio ativo para ser lançada no sangue.

A insulina ativa tem 51 aminoácidos e é uma das menores proteínas conhecidas. Seu peso molecular é de 5808 dáltons. Ela é formada por duas cadeias de polipeptídeos (*A e B*) ligadas por duas pontes dissulfídicas, com uma ligação dissulfídica adicional na cadeia A. A cadeia A consiste de 21 aminoácidos, e a cadeia B, de 30 aminoácidos.

*Efeitos.* A insulina age em 80 % das células do corpo humano, sobretudo nos adipócitos e nos miócitos estriados, apesar de não agir em células particulares como os neurônios.

A insulina é o hormônio responsável pela redução da *glicemia* (taxa de glicose no sangue) ao promover a captação de glicose nas células, o que leva a uma redução dos níveis deste carboidrato no sangue. Normalmente a liberação de insulina ocorre em períodos pós-prandiais, quando a glicemia está alta. A insulina também é essencial para a síntese de proteínas e para o armazenamento de lipídios.

Quando a produção de insulina é deficiente, a glicose se acumula no sangue e na urina, o que configura o *diabetes mellitus*. Para pacientes com essa doença, o controle satisfatório da glicemia requer frequentemente a administração exógena de insulina por meio de injeções subcutâneas.

Para iniciar seus efeitos nas células-alvo, a insulina se fixa e ativa o *receptor da insulina*, uma proteína de 300000 dáltons de peso localizada na membrana plasmática das células-alvo. É este receptor ativado, e não a insulina, que causa os efeitos subsequentes.

O receptor da insulina tem quatro subunidades: duas *alfa*, que ficam inteiramente do lado de fora da célula, e duas *beta*, que atravessam a membrana celular e se projetam dentro do citoplasma. A insulina se liga as subunidades alfa fora da célula, o que causa a fosforilação das unidades beta dentro das células. Isso as transforma em uma enzima ativada, uma *proteína cinase* local que, por sua vez, causa a fosforilação de múltiplas outras enzimas intracelulares anabólicas. Assim, de modo indireto, a insulina dirige o metabolismo intracelular para produzir os efeitos desejados. Deste ponto em diante, os mecanismos moleculares são quase que inteiramente desconhecidos.

Os efeitos imediatos da estimulação da insulina resultam em aumento da permeabilidade celular a glicose, a aminoácidos e a íons potássio e fosfato. No interior da célula, a glicose é prontamente fosforilada e torna-se um substrato para todas as funções metabólicas usuais dos carboidratos. Acredita-se que o transporte aumentado de glicose resulte da fusão de muitas vesículas intracelulares com a membrana celular, estas vesículas levando em suas próprias membranas moléculas da *proteína transportadora de glicose*. Quando a insulina não está mais disponível, estas vesículas se separam da membrana celular, voltando para o interior da célula para serem usada novamente sempre que necessário. O aumento do entrada de potássio e fosfato nas células causa redução dos níveis plasmáticos destes eletrólitos.

Efeitos mais lentos da estimulação insulínica ocorrem durante os próximos dez a quinze minutos para alterar a atividade de muitas enzimas intracelulares. Efeitos muito mais lentos continuam a ocorrer por horas ou dias. Resultam de taxas alteradas de transcrição de DNA, tradução de RNA e produção de novas proteínas por todo o organismo. Esse efeito é ainda mais potencializado pela maior entrada de aminoácidos e pela redução da degradação protéica em todas as células do organismo causada pela estimulação da insulina.

Outras ações importante atribuídas à insulina no metabolismo humano incluem:

- armazenamento de glicose por meio do aumento da síntese de glicogênio no fígado nos músculos estriados; a diminuição dos níveis de insulina desencadeia, nos hepatócitos, a reconversão do glicogênio para a glicose e devolução desta substância para o sangue para o restabelecimento da glicemia normal;
- aumento da síntese de ácidos graxos a partir da conversão de glicose em triglicerídeos, nos adipócitos; nestas mesmas células, a insulina também aumenta a produção de triglicerídeos a partir do aumento da esterificação de ácidos graxos;
- redução da gliconeogênese hepática, o que aumenta a disponibilidade sanguínea de aminoácidos para a produção de proteínas;
- redução da lipólise por meio da inibição da conversão de lipídeos contido nas células adiposas para ácidos graxos;
- relaxamento dos musculatura lisa das paredes das pequenas artérias e das arteríolas, o que aumenta o fluxo sanguíneo na microcirculação.

*Controle da secreção.* Ao contrário da maioria dos hormônios do corpo humano, a produção de insulina independe da ação de hormônios hipotalâmicos. A insulina é liberada por *mecanismo de retroalimentação glicêmica*, ou seja, quando os níveis de glicose do sangue estão elevados, há estímulo direto da produção de insulina nas ilhotas pancreáticas, o que causa entrada de glicose nas células do organismo e redução da glicemia para valores plasmáticos normais. Quando a glicemia está baixa, ocorre efeito contrário, ou seja, a produção de insulina reduz-se e a glicose é removida da célula para o sangue, o que tende a elevar os níveis de glicose no plasma para uma faixa segura. O mecanismo de retroalimentação glicêmica atua de segundo a segundo, de modo que a glicemia é regulada rigorosa e continuamente, conforme os ditames do metabolismo momentâneo.

**Glucagon.** O glucagon é um peptídeo de um peso molecular de 3485 dáltons e é composto de uma cadeia de 29 aminoácidos. Ele é um hormônio sintetizado pelos endocrinócitos A das ilhotas de Langerhans quando glicemia cai e tem várias funções diametralmente opostas às da insulina. A mais importante é aumentar a glicemia. Por isso, o glucagon é chamado também de *hormônio hiperglicêmico*. O efeito hiperglicemiante do glucagon ocorre porque ele desencadeia um aumento neoglicogênese e na glicogenólise nos hepatócitos.

A ação glucagon e somatostatina é coordenada tanto por mecanismo de retroalimentação glicêmica quanto por influência neural.

**Somatostatina.** A somatostatina é um peptídeo formado de apenas 14 aminoácidos. Quase todos os fatores relacionados com a ingestão de comida estimulam a secreção de somatostatina, incluindo hiperglicemia, hiperaminoacidemia, hiperlipidemia e concentrações aumentadas de vários hormônios gastrointestinais liberados em resposta a alimentação.

A somatostatina tem diversos efeitos inibitórios:

- inibição da motilidade do estômago, do duodeno e da vesícula biliar;
- redução da secreção e a absorção no trato gastrointestinal;
- inibição da secreção de glucagon e, possivelmente, de insulina nas ilhotas pancreáticas; isso pode explicar porque os endocrinócitos D fazem mais contatos com os endocrinócitos A do que com os endocrinócitos B na ilhotas de Langerhans.

Não está claro como a somatostatina inibe a secreção de glucagon; ela parece agir autocrinamente, passando através de junções comunicantes a partir de células vizinhas.

Juntando todas esses dados, sugeriu-se que o principal papel da somatostatina seja o de estender o período de tempo durante o qual os nutrientes da alimentação são assimilados ao sangue. Ao mesmo tempo, a somatostatina, ao deprimir a produção de glucagon e insulina, reduz a utilização de nutrientes absorvidos, impedindo assim uma rápida exaustão dos nutrientes, tornando-os disponíveis por um maior período de tempo.

É bom lembrar que a somatostatina é a mesma substância conhecida como *hormônio de inibição do hormônio de crescimento*, secretado pelo hipotálamo. Entretanto, no pâncreas, a somatostatina atua apenas nas ilhotas pancreáticas onde é produzida, sem alcançar níveis significativos no sangue.

## CORRELAÇÕES ANATOMO-FISIOLÓGICAS

O aspecto de “gancho” permite ao pâncreas se encaixar no duodeno, por sua parte reta (corpo e cauda), e se enroscar aos vasos mesentéricos superiores, pelo seu segmento curvado (cabeça e processo uncinato). Essa disposição fixa a glândula no retroperitônio, impedindo a ativação de enzimas dentro do próprio pâncreas a partir de movimentos ativos ou passivos de um ou mais segmentos deste órgão.

A secreção enzimática requer a presença de grandes quantidades de células exócrinas, as quais ocupam a maior parte da massa pancreática, o que resulta em pequena quantidade de tecido fibroso de suporte. O resultado é a presença de um órgão friável e lobulado.

Os ductos pancreáticos são os elementos coletores e condutores da secreção exócrina para o lúmen intestinal. Apresentam um mínimo comprimento graças à vizinhança do pâncreas com o duodeno.

Na parede abdominal posterior, o pâncreas fica resguardado contra choques mecânicos e contra movimentos amplos pela proteção anterior proporcionada pelas vísceras intraperitoneiais, e pela proteção posterior dada pela coluna vertebral, músculos paravertebrais e abdominais posteriores. Isso assume especial importância quando lembramos que a glândula pode se romper aos mínimos impactos devido à sua natureza parenquimatosa.

---

# SISTEMA GENITURINÁRIO

---

[...] porém, desde o princípio da criação, Deus os fez  
HOMEM e MULHER.

(São Marcos 10:6)

*Urogenital* ou *geniturinário* é o nome dado ao sistema formado pelos *órgãos uropoiéticos* ou *urinários*, destinados à elaboração de urina e à condução dessa para o exterior, e *órgãos genitais*, envolvidos no processo de reprodução (figura 48 e 49). Nos mamíferos, o sistema urogenital limita-se ao abdome, à pelve e ao períneo.

O aparelho urinário e o reprodutor são mais bem compreendidos se estudados conjuntamente, pois existe uma estreita relação de desenvolvimento embriológico entre ambos. Essa origem comum reflete-se no suprimento neurovascular e, no caso dos testículos e ovários, na secreção de hormônios sexuais.

---

## DESENVOLVIMENTO

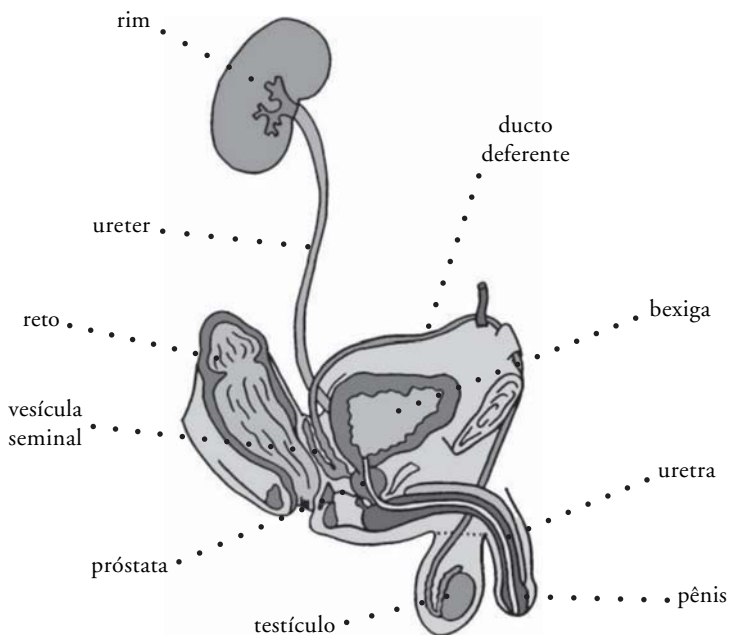
---

### RINS E URETERES

Cada rim e ureter tem a mesma origem em ambos os sexos, a partir do *ducto de Wolff* ou *mesonéfrico*. Este é um canal que se desenvolve na parede

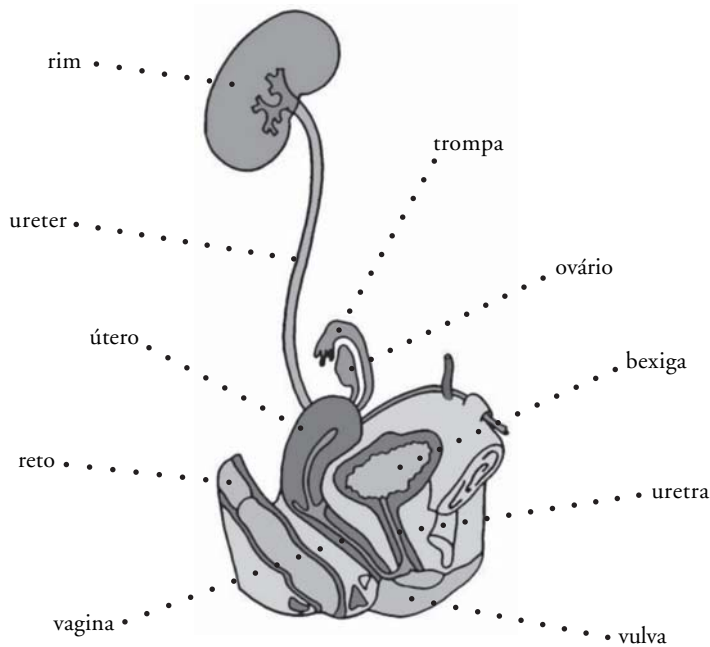
abdominal posterior do embrião, a partir do mesoderma. Na sua extremidade inferior, no local em que se curva para desembocar na *cloaca* (extremidade distal do intestino posterior, em fundo cego), se desenvolve uma evaginação denominada *ducto metanéfrico*, em cujo topo surge um capuz de tecido, o *metanefro*, que formará o rim. O ducto metanéfrico se desenvolve em *ureter*, *cálices*, *túbulos coletores*; o metanefro em *néfrons* e nos *túbulos uriníferos*. Simultaneamente, a parte proximal do ducto metanéfrico expande-se no metanefro formando a *pelve renal* e os *cálices*. A partir da pelve renal desenvolvem-se ramificações que penetram no metanefro de modo a ligar os cálices com o metanefro, produzindo uma continuidade entre os ductos secretores e coletores.

O rim se forma inicialmente na pelve e depois migra para cima durante a vida fetal. Esta ascensão pode ser interrompida e, assim, o órgão pode estar mais baixo que sua posição normal. Seu suprimento sanguíneo é primeiro oriundo dos vasos ilíacos comuns, mas quando os rins sobem, adquirem uma série de vasos transitórios até a sua chegada no seu sítio habitual no adulto. Esses vasos transitórios, porém, podem persistir formando os *vasos renais acessórios*, especialmente nos pólos renais inferiores.



Figuras 48 - Sistema genitourinário masculino.





Figuras 49 - Sistema geniturinário feminino.

### GENITÁLIA INTERNA, BEXIGA E URETRA

O ducto mesonéfrico perde sua conexão renal, se atrofia na mulher, em quem permanece como o *epoóforo*, persistindo no homem para formar o *epidídimo* e os *ductos deferentes*.

A subdivisão da cloaca em uma porção ventral, o *seio urogenital*, e uma dorsal, o *reto*, termina na 7ª semana de vida intra-uterina e inicia a diferenciação da bexiga e uretra.

O seio urogenital recebe o ducto mesonéfrico e gradativamente absorve sua extremidade caudal, de modo que no final da 7ª semana, o broto ureteral e o ducto mesonéfrico apresentam orifícios separados; o primeiro migra para cima e lateralmente; o último vai para baixo e medialmente, e a estrutura formada entre eles, o *trígono vesical*, consiste no tecido mesodérmico absorvido, que mantém continuidade direta entre esses dois tubos.

Os *ductos de Müller* ou *paramesonéfricos* se desenvolvem, de cada lado, adjacentes aos ductos mesonéfricos, na parede abdominal posterior. Todos esses

quatro tubos estão muito próximos caudalmente, projetando-se no compartimento anterior da cloaca, isto é, no seio urogenital. Um sistema desaparece no homem o outro na mulher, cada um deixando para trás resquícios congêntos de interesse para o estudante de Anatomia.

Inferiormente, os ductos paramesonéfricos se fundem, formando um único canal que desemboca em uma pequena eminência mediana no seio urogenital, o *tubérculo genital*. O seio urogenital acima deste tubérculo diferencia-se para formar a *bexiga* e a *uretra prostática proximal* ao *veromontanum* no sexo masculino, ou a *bexiga* e a *uretra na mulher*. A parte infratubercular do seio urogenital se diferencia na porção distal da uretra prostática e na uretra membranosa no sexo masculino, e a vagina distal e o vestíbulo, na mulher. A parte restante da uretra masculina é formada pela fusão das *pregas uretrais* sobre a superfície ventral do tubérculo genital. No sexo feminino, as pregas uretrais permanecem separadas e formam os *lábios menores*.

No homem, o ducto paramesonéfrico desaparece, deixando como vestígios o *apêndice do testículo* e o *utrículo prostático*. Na mulher, o sistema mesonéfrico (que no homem forma o ducto deferente e o epidídimo), persiste como resquícios no ligamento largo, denominados *epoóforo* e *paroóforo* e *ductos longitudinais do epoóforo* (*ductos de Gartner*).

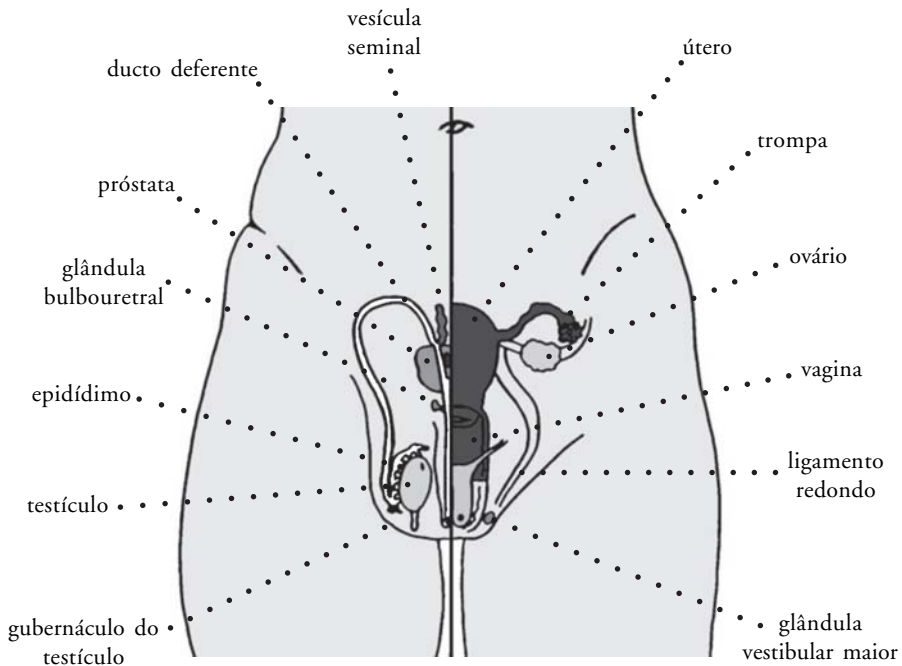
Os ductos paramesonéfricos formam na mulher as *tubas uterinas* cranialmente. Caudalmente se fundem na linha mediana, arrastando uma prega peritonal da parede lateral da pelve que se tornará o *ligamento largo*. A estrutura mediana assim formada se diferencia no *endométrio*, *canal do colo* e *terço superior da vagina*, que são primeiro sólidos, mas depois se canalizam. O resto do epitélio vaginal se desenvolve por canalização do *nó sinovaginal* sólido no dorso do seio urogenital. Isto responde pelas diferenças na drenagem linfática das partes superior e inferior da vagina. Os músculos da tuba, útero, colo e vagina se desenvolvem a partir do mesoderma adjacente, de modo que os resquícios do sistema do ducto mesonéfrico da mulher são encontrados no miométrio, colo e parede vaginal.

Anomalias de desenvolvimento podem ser facilmente deduzidas. Por exemplo: todos os estágios da divisão do duplo tubo original podem persistir formando desde um *útero bifurcado* até uma total *duplicação uterovaginal*; alternativamente, pode haver hipoplasias do sistema do ducto em um ou ambos lados.

A próstata desenvolve-se no final da 11ª semana sob a forma de evaginações do epitélio uretral, acima e abaixo da entrada do ducto ejaculatório. O elemento glandular em desenvolvimento – o *veromontanum* – incorpora as cé-

lulas mesenquimais em diferenciação localizadas ao seu redor formando o estroma muscular e a cápsula prostática. As vesículas seminais formam-se como brotos duplos, a partir da extremidade distal do ducto mesonéfrico.

*Resumindo*, no sexo masculino o sistema de ductos genitais desenvolve-se a partir dos ductos de Wolff, que se diferenciam em epidídimo, canais deferentes, vesículas seminais e ductos ejaculatórios. No sexo feminino, o sistema de ductos desenvolve-se a partir dos ductos de Müller, que se fundem em suas extremidades caudais, diferenciando-se em trompas, útero e 2/3 proximais da vagina (figuras 50).



**Figuras 50** - Genitália interna masculina (direita) e feminina (esquerda): branco: derivados do ducto de Wolff; cinza escuro: derivados dos ductos de Müller.

## GÔNADAS

As gônadas e os rins provêm do tecido embrionário da parede posterior do celoma. Anatomofisiologicamente, o embrião é bissexual no começo. O surgimento de primórdios sexuais e a involução de outros são determinados

pelo sexo genético e pela secreção diferencial de hormônios sexuais pelo embrião.

A diferenciação gonadal começa a partir da 7ª semana. Se a gônada se desenvolve em testículo, o epitélio germinativo progressivamente cresce, formando *túbulos seminíferos*; caso se desenvolva em ovário, sofre diferenciação em *córtex* e *medula*. Posteriormente o córtex se diferencia em folículos ovarianos. Os testículos permanecem no abdome até o 7º mês e, a partir daí, passam através do canal inguinal em direção ao escroto, orientado pela fixação primária ao *gubernáculo*. O ovário, preso a ligamentos, sofre migração interna, penetrando na pelve.

## GENITÁLIA EXTERNA

A genitália externa começa a se diferenciar em torno da 8ª semana. Forma-se em consequência de processos que ocorrem em torno da *membrana cloacal*. O *tubérculo genital*, saliência localizada cranialmente no seio urogenital, possui em sua superfície inferior uma lâmina epitelial, o *sulco uretral*. À semelhança da membrana cloacal, o sulco sofre desagregação que leva a formação de um *canal uretral* que, ocupando a superfície inferior do tubérculo, continua-se com o seio urogenital.

Até a 9ª semana, a genitália externa é a mesma em ambos os sexos, a despeito do sexo do embrião ser definido no momento da fecundação. O tubérculo genital cresce originando o *falus*. A diferenciação masculina se faz pela secreção de *testosterona* pelo testículo embrionário.

O *falus* cresce rapidamente, surgindo em sua extremidade distal uma linha deprimida circular delimitando a base da glândula, o *sulco coronário* ou *bálano-prepucial*. Durante seu crescimento, o *falus* traciona para diante as pregas uretrais, que passam a formar as paredes laterais do sulco uretral. Na mulher, o *falus* permanece curto, formando o *clitóris*.

No fim do 3º mês de gestação, as *pregas uretrais* do concepto começam a ser unidas na linha mediana sobre o sulco uretral. A união começa proximalmente, continuando-se ao longo do *falus* em direção a sua extremidade, interrompendo-se na altura do sulco coronário; originam-se, assim, a *uretra perineal* e a *peniana*. No sexo feminino, as pregas uretrais permanecem afastadas, formando as *ninfas* e a fenda entre estas se transformará no *vestíbulo*. O sulco uretral esmaece e some.

O sulco uretral se aprofunda na *glândula*, mas não se fecha nesta fase. A uretra glandular forma-se na 12ª semana de gestação, quando células ectodérmicas

da cúpula da glânde aprofundam-se e constituem um cordão epitelial que se estende em direção a luz da uretra. A canalização deste cordão dará origem ao *óstio uretral externo* e a *uretra glandar*; assim sendo, a uretra peniana tem duas origens embriológicas.

O *prepúcio* se origina de uma dobra de cada lado da base da glânde que, nessa fase, está na altura do sulco coronário nos homens, e na extremidade anterior das ninfas, nas mulheres. Essa dobra se expande cobrindo a glânde. Na fêmea, o prepúcio permanece ausente, na parte inferior do *falus*, onde forma uma prega, o *frênulo dos pequenos lábios*. No macho, o prepúcio completa-se quando a uretra glandar se define. Posteriormente, a fusão do prepúcio com a glânde se desfaz.

As *eminências lábio-escrotais* deslocam-se caudalmente migrando em torno do *falus*. No sexo masculino, cada uma formará as metades correspondentes do escroto, fundindo-se na linha mediana na *rafe escrotal*. Os testículos permanecem no abdome até o 7º mês, quando iniciam sua descida para bolsa escrotal, indo ocupá-la no 9º mês. No sexo feminino, os ovários não descem, de modo que as eminências permanecem não distendidas e formam os *lábios maiores*.



---

# APARELHO URINÁRIO

---

*A justiça será o cinto dos seus lombos,  
e a fidelidade o cinto dos seus RINS.*

(Isaías 11:5)

O *aparelho urinário* é o conjunto de órgãos ocos que sucessivamente produzem, conduzem, acumulam e eliminam um líquido amarelo-citrino chamado *urina*.

O aparelho urinário é dividido funcionalmente em alto e baixo (figura 51). O *aparelho urinário alto* localiza-se ao longo da parede abdominal posterior; constituído pelos *rins* e *ureteres*, é responsável pela produção de urina e sua condução até a bexiga. Neste aparelho, a urina transita em um regime de baixa pressão intraluminal.

O *aparelho urinário baixo* localiza-se na pelve e períneo; constituído pela *bexiga* e *uretra*, é responsável pelo armazenamento provisório de urina e sua eliminação oportuna ao meio exterior. Neste aparelho, a urina transita em um regime de alta pressão por ocasião da contração do detrusor.

A *junção ureter-vesical* (JUV) impede que a elevada pressão de ejeção vesical seja transmitida aos ureteres e rins; por isso é o marco que separa anatomo-fisiologicamente o aparelho urinário alto do baixo.

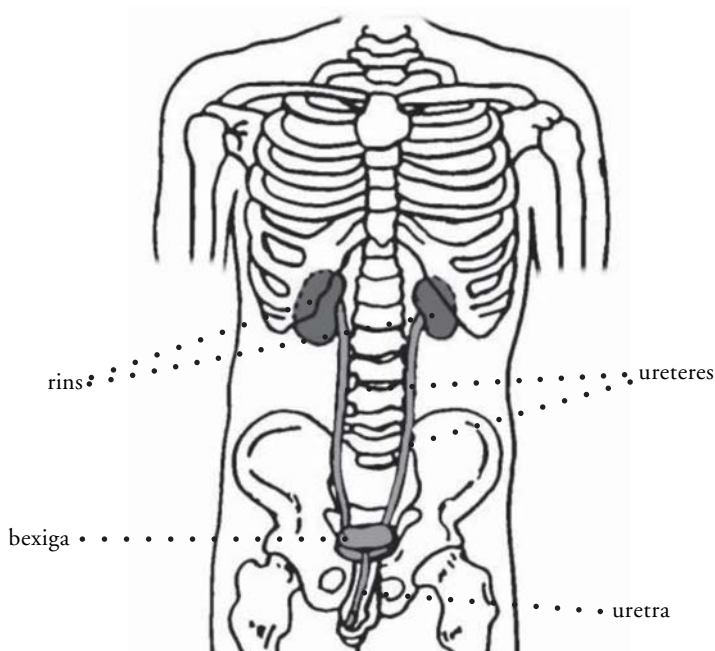


Figura 51 - Aparelho urinário.

---

## MICROANATOMIA

---

### TÚNICAS URINÁRIAS

A parede do trato urinário alto é composta de três camadas histológicas, a saber, as *túnicas adventícia, muscular e mucosa*.

A túnica adventícia é a camada mais externa. Ela é de natureza conjuntiva fibroelástica e se une com o tecido areolar retroperitoneal vizinho e proximalmente se funde com a cápsula fibrosa do rim e do seio renal. A túnica muscular é intermediária, sendo formada de miócitos lisos entrelaçados. A túnica mucosa é a mais interna, está em contato com a urina produzida pelos rins e é revestida pelo urotélio.

Os cálices renais, o ureter, a pelve, e a bexiga têm a mesma estrutura histológica básica, embora a parede se engrosse no sentido da bexiga.



**Urotélio.** A mucosa que reveste o sistema ureterpielocalicial, a bexiga e parte da uretra, é revestida pelo *urotélio* ou *uroepitélio*. Este revestimento é também denominado *epitélio de transição*, pois suas células variam de forma: quando a bexiga está vazia, consiste de uma camada superficial de células globosas, abaixo das quais há uma ou duas camadas de células em clava com extremidades estreitas para baixo, encaixadas entre células da terceira camada, as quais são cônicas, ovais ou fusiformes; quando a bexiga está cheia, suas células superficiais são achatadas, e as demais, encurtadas. Embora o urotélio pareça consistir em quatro ou cinco camadas de células, todas as células alcançam a parte inferior da base e, como consequência, o urotélio é, por definição, um epitélio pseudo-estratificado.

No homem, o urotélio se estende dos cálices menores até o *verumontanum*; daí até próximo ao óstio uretral externo a mucosa se torna cilíndrica, sendo o restante da uretra terminal revestido por epitélio estratificado plano não cornificado. Na mulher, o epitélio de transição está presente em todo sistema ureterpielocalicial e na bexiga; a uretra é revestida por epitélio plano estratificado com áreas de epitélio colunar.

**Túnica muscular.** A túnica muscular dos tubos urinários é formada por uma camada *circular interna* e uma *longitudinal externa*, mal definidas.

Os 5 cm finais do ureter são circundados externamente por uma faixa longitudinal incompleta de músculo detrusor, a *bainha de Waldeyer*. Esta bainha forma uma espécie de colar miofascial, separado da musculatura do ureter por uma conexão de tecido conjuntivo. A bainha segue o ureter através do óstio ureteral e prossegue até o colo da bexiga, formando o *trígono profundo* da bexiga.

O *trígono vesical* é uma área triangular lisa de base superior, localizada na bexiga em sua superfície urinária (interna, em contato com a urina), logo acima e atrás do óstio uretral interno. O ângulo inferior do trígono é formado pelo início da uretra, e seus ângulos superiores pelos *óstios ureterais*, unidos entre si pelo *toro ureteral* ou *crista interuretélica*. Na bexiga distendida, cada lado do trígono mede 5 cm, enquanto que na contraída, 2,5 cm (figura 52).

O trígono é constituído de duas lâminas superpostas. A *lâmina profunda* está em contato com a parede da bexiga e é formada de feixes grosseiros de miócitos lisos idênticos aos do detrusor, correspondendo, portanto, simplesmente a porção posteroinferior deste músculo, o qual proximalmente se tubuliza para formar a bainha de Waldeyer. A *lâmina superficial* está em contato com a urina e é formada de finos feixes longitudinais de miócitos liso

contínuos com os feixes terminais dos ureteres intramurais, proximalmente, e com os feixes iniciais da parte proximal da uretra, distalmente. Portanto, a lâmina superficial, embora em contato com a profunda, é bem distinta dela. A lâmina superficial é fina, mas espessa-se na suas bordas laterais e superior, formando nesta última o toro ureteral. No sexo masculino, a lâmina superficial se estende ao longo da crista uretral até as aberturas dos ductos ejaculatórios.

A bexiga é um reservatório com uma camada muscular formada de grandes feixes de miócitos lisos, compactados e entrelaçados em todas as direções como uma rede complexa trilaminada, constituindo um órgão sincronizado, o *músculo detrusor*. Na parte mais inferior da bexiga, ao redor do óstio uretral interno, as fibras musculares do detrusor dispõem-se em um grosso colar circular, formando o *esfíncter interno da uretra*. Esta *musculatura do colo da bexiga* forma uma unidade funcional separada, pois é diferente histológica, histoquímica e farmacologicamente do detrusor. O colo vesical masculino é dotado de um esfíncter uretral interno completo, o qual se estende distalmente para a uretra prostática. Já a mulher parece não possuir um esfíncter verdadeiro, pois os fascículos musculares no colo estendem-se longitudinal e obliquamente para baixo, e é improvável que a contração dessa região desempenhe uma parte importante na continência urinária feminina.

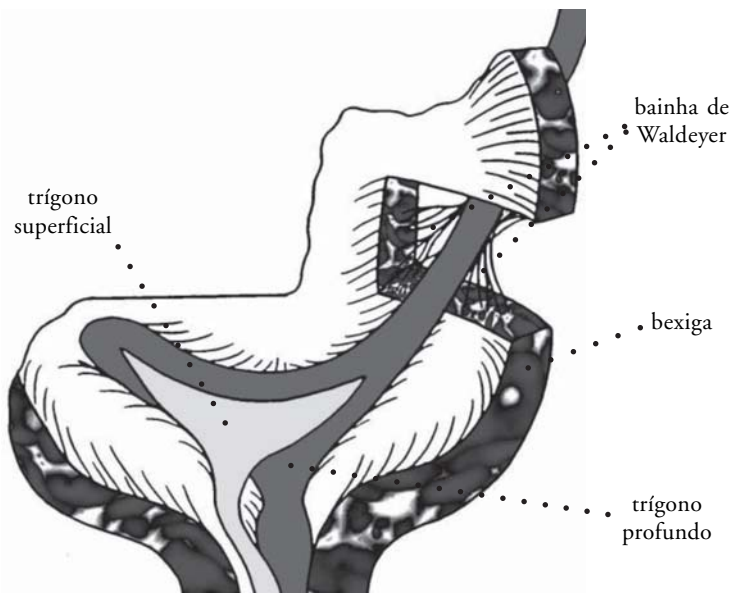


Figura 52 - Trígono vesical.

Em ambos os sexos, a *túnica muscular uretral* é formada de um manguito externo estriado, o *esfíncter externo da uretra*, e outro interno, fino e inominado, formado de músculo liso. O esfíncter externo situa-se na parte onde a uretra perfura o diafragma urogenital.

## RINS

Os rins são formados pela aglomeração de 1 a 4 milhões de túbulos uriníferos tortuosos, os *néfrons*, intimamente compactados e limitados por escasso tecido conectivo no qual correm vasos sanguíneos, linfáticos e nervos. Os néfrons são compostos sucessivamente de *corpúsculo de Malpighi*, *túbulo contorcido proximal*, *alça de Henle*, *túbulos contorcido distal* e *coletor* (figura 53).

**Características gerais.** Alguns estudiosos consideram os rins de uma complexidade superada apenas pelo cérebro.

Os rins são órgãos pobres em *estroma* (tecido de sustentação) devido à presença de grande quantidade de *parênquima* (tecido funcional – néfrons).

Os componentes do néfron são envolvidos por uma fina lâmina basal, contínua com um escasso tecido conjuntivo que suporta os vasos e os túbulos e se liga a cápsula fibrosa.

As células que formam os canalículos do néfron são fortemente unidas entre si através de complexos unitivos que impedem a passagem de moléculas entre as células. Isso é essencial para que possa haver diferença de composição entre os fluidos intratubular e intersticial.

Os corpúsculos de Malpighi e os túbulos contorcidos são corticais, enquanto que a alça de Henle e os tubos coletores são medulares.

**Corpúsculo de Malpighi (CM).** O CM é uma pequena massa globosa de 0,2 mm de diâmetro que forma a parte inicial do néfron. Muitos corpúsculos podem ser vistos a olho nu como pequenos pontos avermelhados brilhantes no córtex e colunas renais.

O CM é formado de um tufo de capilares fenestrados, o *glomérulo*, envolvido pela cápsula de Bowman, que é a extremidade proximal expandida de um túbulo contorcido proximal revestida por epitélio escamoso simples na sua parede externa ou *parietal*. A parede justacapilar ou *visceral* da cápsula de Bowman está aderida à superfície do glomérulo e é composta de *podócitos*. Assim, entre o glomérulo e a lâmina parietal da cápsula está um achatado

*espaço capsular* que recebe o líquido filtrado através do glomérulo e se continua com a luz *túbulo contorcido proximal*.

O CM tem um pólo vascular, por onde penetra a *arteríola aferente* e sai a *eferente*, e um pólo urinário, de onde nasce o *túbulo contorcido proximal*. A arteríola aferente se divide em várias alças capilares dentro da cápsula de Bowman, formando o *glomérulo*. Nestes capilares circula sangue cuja pressão hidrostática é regulada pela arteríola eferente, que possui mais músculo liso que a aferente e, assim pode variar o seu diâmetro mais amplamente.

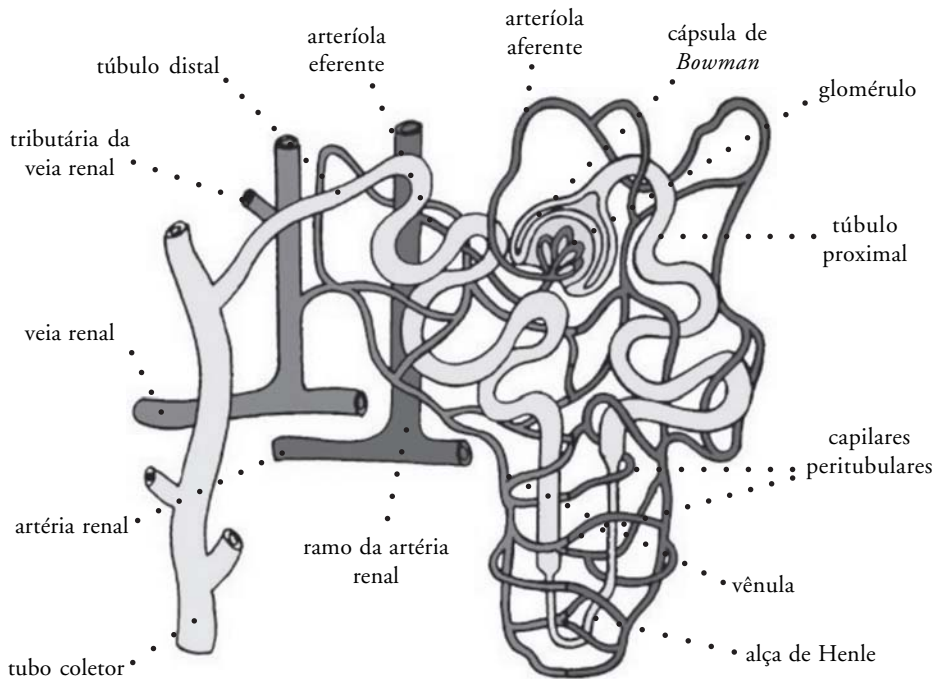


Figura 53 – Néfron.

Os *podócitos* são células estreladas planas formadas de uma parte principal dilatada de onde partem *pedículos* primários e secundários, os últimos se interdigitando firmemente entre si e se prendendo a lâmina basal dos capilares do glomérulo. Entre os pedículos secundários situam-se estreitas *fendas de filtração*, fechadas por uma subjacente *membrana basal glomerular* (MBG) resultante da fusão das lâminas basais endoteliais e podocíticas. A MBG é um delgado gel hidratado formado de glicoproteínas aniônicas e fibras colágenas

tipo IV. Como o endotélio glomerular é finamente fenestrado, a única barreira para a passagem de líquido para o espaço capilar é MBG. Portanto, essa atua como um filtro seletivo, permitindo a passagem de água, pequenas moléculas e íons a partir do sangue capilar.

As *células mesangiais* estão presentes em locais onde a MBG é comum a dois ou mais capilares, ou dentro dos capilares, entre o endotélio e a MBG. Estas células têm pequenos prolongamentos curtos e são envolvidas por uma matriz fibrilar homogênea contendo glicoproteínas e glicosaminoglicanas. As células mesangiais formam uma rede que suspende os tufo capilares dentro do espaço capsular; apresentam elementos contráteis que podem contribuir para a regulação da hemodinâmica dos glomérulos. Estas células exibem propriedades fagocíticas, removendo resíduos filtrados que ficam presos à parede capilar glomerular.

**Túbulo contorcido proximal.** Este túbulo é um canalículo que se inicia tortuosamente no CM, no córtex, e se continua retilineamente na alça de Henle, na medula.

O túbulo contorcido proximal é revestido por células cúbicas simples, cujas superfícies luminiais apresentam microvilos altos que formam, em conjunto, uma borda com aspecto serrilhado, a *orla em escova*. As bases destas células mostram estrias tênues formadas de uma série complexa de pregas entre as quais muitas mitocôndrias estão orientadas perpendicularmente à lâmina basal. Essas pregas se interdigitam e se prolongam entre as faces laterais de células epiteliais vizinhas, criando um labirinto de pedículos citoplasmáticos na parte basolateral de cada célula epitelial. Levando-se em conta também a orla em escova, tais células fornecem áreas relativamente vastas de membrana plasmática em contato com líquido tubular e o espaço extratubular, um arranjo que facilita o transporte de íons e pequenas moléculas contra altos gradientes de concentração, a partir da atividade de diversas enzimas, como a *adenosina trifosfatase estimulada por sódio e potássio ATPase Na/K*. Como numerosas outras enzimas citoplasmáticas associadas com o transporte de íons, a *ATPase Na/K* está localizada nas membranas apical e basolateral das células epiteliais dos néfrons e usa a energia fornecida pelas abundantes mitocôndrias associadas a essas membranas.

**Alça de Henle.** Este canalículo começa na junção corticomedular. Trata-se de um túbulo com a forma de um U, sua porção mais inferior primeiro formando uma curva abrupta similar a uma ferradura e depois retornando para o córtex para formar o túbulo distal.

A alça de Henle tem um *segmento delgado e dois espessos*. O primeiro é intermediário e está na curvatura do U, sendo formado de células achatadas, com poucas organelas, indicando um papel mais passivo de transporte iônico. Os segmentos espessos estão nas extremidades do U, sendo formados de epitélio funcional e morfológicamente semelhante ao do túbulo contorcido proximal, mas com células epiteliais cúbicas com escassa orla em escova e bordas basolaterais mais profundas.

**Túbulo contorcido distal.** Este túbulo é a parte terminal do néfron, sendo formado pela tortuosidade da alça de Henle quando esta penetra na cortical a partir da medula renal. O túbulo contorcido distal é composto de células cúbicas simples.

O túbulo distal começa entre as arteríolas aferente e eferente, em íntima aposição com elas. No local do contato, os miócitos da túnica média da arteríola aferente se diferenciam de miócitos lisos de outras partes, assumindo um aspecto de células epitelióides grandes, redondas, com volumosos núcleos esféricos e citoplasma apresentando muitas mitocôndrias e vesículas densas ricas na enzima *renina*. Tais *células justaglomerulares* contactam com a *mácula densa*, um grupo de cerca de quarenta células do túbulo contorcido distal, ligeiramente dilatadas e intimamente agregadas. Os dois grupos, com elementos mesangiais variados, constituem conjuntamente o *aparelho justaglomerular do rim*.

**Tubos coletores.** Os túbulos contorcidos distais se unem formando condutos maiores, retilíneos, revestidos por células epiteliais cilíndricas, os *tubos coletores*, os quais conduzem o líquido proveniente de diversos túbulos renais para um *ducto papilar terminal de Bellini*, que se abre em um cálice menor no ápice de uma papila renal. A face das papilas apresenta numerosos orifícios diminutos dos ductos de Bellini, e a pressão sobre um rim fresco expulsa a urina destes orifícios. Os tubos coletores juntamente com os túbulos contorcidos distais formam o *néfron distal*.

**Interstício renal.** O espaço entre os túbulos dos néfrons e os vasos renais é o interstício renal. Este é muito escasso no córtex do rim, porém aumenta na sua medula. O interstício renal é formado de tecido conjuntivo muito hidratado e rico em proteoglicanos. No interstício existem fibroblastos modificados secretores de prostaglandinas, as *células intersticiais*, que formam pilhas verticais tangencialmente orientadas entre os ductos coletores mais distais, como os degraus de uma escada de mão.

## URETER

O urotélio geralmente é amplamente pregueado, dando ao lúmen do ureter um contorno estrelado. Profundamente ao urotélio há uma densa camada de tecido fibroso rico em fibras elásticas.

A túnica muscular do ureter consiste em uma rede complexa de feixes musculares lisos entrelaçados. À medida que a junção ureterovesical se aproxima, a túnica muscular vai assumindo uma orientação longitudinal para entrar na formação da bainha de Waldeyer.

## BEXIGA

O urotélio vesical apóia-se em uma camada fibroelástica frouxa, permitindo a mucosa formar numerosas pregas quando o volume de urina contido no lúmen for pequeno. Glândulas que secretam muco podem estar presentes, sendo particularmente frequentes próximas aos óstios uretral e ureterais.

## URETRA

No homem, além das túnicas mucosa e muscular, a uretra peniana apresenta um envoltório mais externo de tecido erétil.

---

# A N A T O M I A

---

## RINS

Os rins são órgãos gêmeos de coloração marrom-avermelhada viva, consistência mole e friável e generosa vascularização. Os rins situam-se no espaço retroperitoneal entre T<sub>12</sub> e L<sub>3</sub>, de cada lado da coluna vertebral, e são circundados por gordura. Devido a presença do fígado, o rim direito é 1 a 2 cm mais baixo que o esquerdo.

O rim pode ser localizado clinicamente, de cada lado, no *ângulo costovertebral*, isto é, no local de encontro da coluna lombar com a última costela (figura 54). Por conseguinte, sinais, sintomas e traumatismos nesta região são altamente sugestivos de acometimento do rim.

Cada rim pesa aproximadamente 150 gramas, mede 12 cm x 6 cm x 3 cm, e é composto externamente por uma *região parenquimatosa*, sólida, formada pela justaposição da *cápsula renal* com as zonas do *córtex* e da *medula*.

Internamente, o rim é formado por uma *região tubular*, constituída pelos *cálices* e *pelve* (figura 54).

**Córtex e medula.** O córtex renal está imediatamente abaixo da cápsula fibrosa, medindo cerca de 1 cm de espessura. O córtex insinua-se no espaço entre as pirâmides como as *colunas renais*. A parte do córtex entre a base das pirâmides e a cápsula fibrosa são os *arcos corticais*. O córtex próximo à medula, atravessado pelos vasos arqueados, é chamado de *córtex justamedular*.

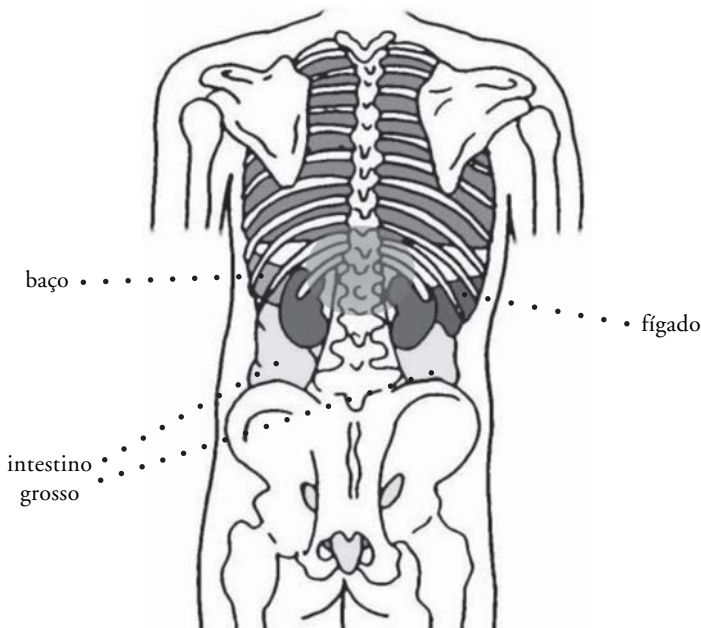


Figura 54 - Rins e ângulos costovertebrais (círculo escuro).

A zona medular é formada de 10 a 18 estruturas cônicas, as *pirâmides renais de Malpighi*, cujas bases e lados entram em contato com a zona cortical e cujos vértices se estendem para o hilo, onde fazem pequenas saliências denominadas *papilas renais*. Uma pirâmide recoberta por tecido cortical forma um



*lobo renal.* Cada papila é perfurada por 10 a 25 orifícios dos ductos coletores (*área crivosa*), e envolvida por canais em forma de taça, os *cálices menores*. Estes, em número de 4 a 13, se fundem formando três curtos tubos, os *cálices maiores*, os quais unem-se até formar um tubo similar a um funil, a *pelve renal*; esta situa-se parcialmente dentro do seio renal e parcialmente fora quando se junta com o ureter na *junção pelveureteral* ou *pieloureteral*, a nível de L<sub>1</sub>. Os cálices, a pelve e o ureter formam uma estrutura tubular contínua denominada *sistema ureterpielocalicial*.

**Forma.** O rim tem a forma de um grão de feijão devido a presença de uma reentrância em sua borda medial, o *hilo* ou *raiz*, por onde trafegam a pelve, os vasos e nervos renais (figura 55). O *pólo superior* de cada rim é espesso, arredondado e virado medialmente. O pólo inferior é menor, mais fino e virado lateralmente. A margem lateral é convexa, e a medial é convexa adjacentes aos pólos e côncavas no meio, onde forma o hilo renal.

O hilo está na *linha transpilórica*, a cerca de 5 cm da linha mediana. Se uma secção vertical for feita da margem renal lateral para a medial, vê-se que o hilo expande-se para uma cavidade central, o *seio renal*, o qual é preenchido pelos cálices, parte cranial da pelve, gordura perinefrética, vasos e nervos renais.

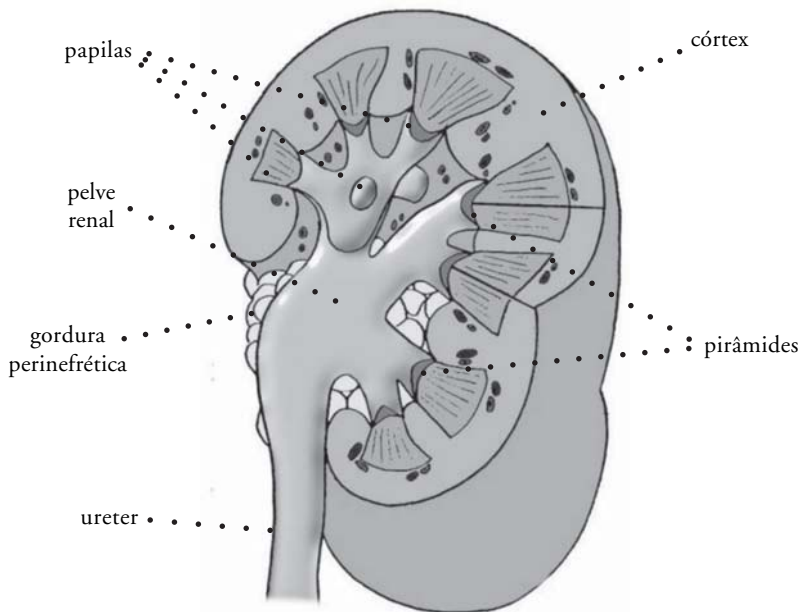


Figura 55 - Córtex e medula do rim esquerdo.

**Cápsulas.** O rim possui três cápsulas: *fibrosa, adiposa e fascial*. A *cápsula fibrosa* ou *renal*, aderida diretamente à superfície do órgão, se continua através do hilo com as túnicas adventícias dos cálices menores; facilmente removível, a cápsula fibrosa forma uma cobertura lisa e firme, constituindo a verdadeira cápsula renal. A *cápsula adiposa, gordura perirrenal* ou *perinefrética* é uma massa de tecido fibroadiposo que envolve o rim e sua cápsula fibrosa. A cápsula adiposa é envolvida externamente, por seu turno, por uma delaminação da fáscia subserosa retroperitoneal conhecida como *cápsula fascial, fáscia renal* ou *fáscia de Gerota*.

Dorsalmente à fáscia renal há uma quantidade considerável de gordura que constitui o *corpo paranefrético* ou *gordura pararrenal*. Posteriormente a essa gordura, os rins são cobertos por fortes músculos estriados esqueléticos – diafragma, psoas maior, quadrado dos lombos, músculos largos do abdome, serrátil pósterio-inferior e grande dorsal –, e por ossos – coluna vertebral e duas últimas costelas.

**Relações.** A *face anterior* dos rins é convexa e olha antero-lateralmente. No pólo superior há uma área que faz contato com a glândula suprarrenal. O pólo inferior está em contato medialmente com alças jejunais e lateralmente com a flexura cólica correspondente. As demais relações da face anterior dos rins diferem em ambos os lados do corpo (figura 56)

*Face anterior direita.* Abaixo da área suprarrenal há uma grande área que junta-se ao lobo direito do fígado e, medial a esta, uma área margendo o hilo renal relaciona-se com a 2ª parte do duodeno. As áreas jejunal e hepática são peritonizadas e as demais são retroperitoneais.

*Face anterior esquerda.* O baço está em contato com a metade superior da face anterior do rim esquerdo. No centro da face anterior há uma área quadrilátera em contato com o corpo e cauda do pâncreas. Entre as áreas esplênica, pancreática e suprarrenal há uma área triangular para o estômago. São peritonizadas as áreas esplênica, gástrica e jejunal, sendo as demais retroperitoneais.

A *face posterior* dos rins é um tanto plana, dirige-se posteromedialmente, está engastada na gordura perinefrética e é desperitonizada. Ela é anterior ao diafragma, aos músculos psoas maior, quadrado dos lombos, transverso do abdome e aos nervos subcostais, íleo-inguinal e íleo-hipogástrico. O pólo superior do rim direito está em nível com a 12ª costela; o esquerdo com a 11ª e 12ª costelas.

O diafragma separa o rim do recesso – da pleura; algumas vezes, as fibras musculares são ausentes em um triângulo imediatamente acima do ligamento

arqueado lateral do diafragma o *triângulo pleuroperitoneal de Bochdaleck* – permitindo que a gordura perinefrética entre em contato com a pleura.

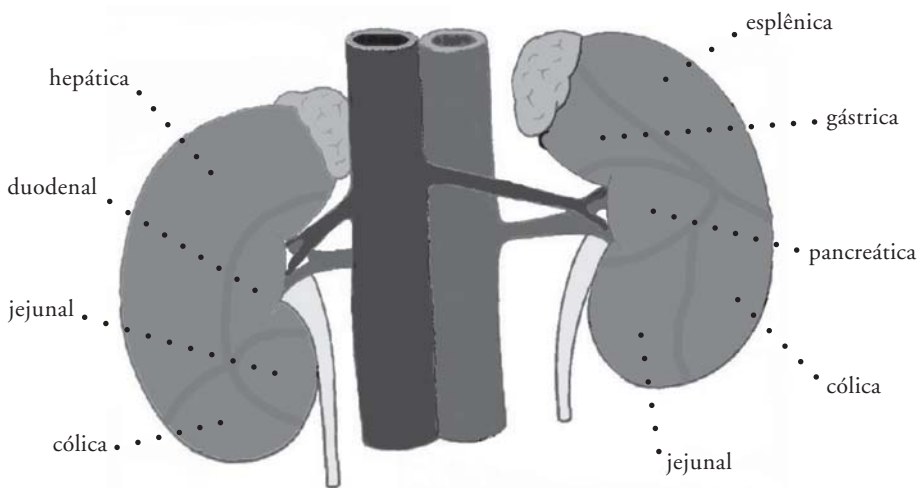


Figura 56 - Áreas renais anteriores.

**Neurovasculatura.** Cada rim recebe a *artéria renal*, que se divide sucessivamente em ramos *segmentares* anterior e posterior (no hilo), *lobares* (superior, médio e inferior), *interlobares* (nas colunas renais), *arciformes* (na base das pirâmides), *interlobulares* (nos arcos corticais), *arteríolas aferentes* e *eferentes*. As arteríolas eferentes suprem a cortical, formando capilares em torno dos túbulos, e também nutrem a medular, através das *artérias retas*. As veias do rim se originam a partir das *veias estreladas* no córtex e seguem junto às artérias citadas anteriormente, recebendo o nome correspondente.

Os nervos dos rins penetram pelo hilo e são constituídos exclusivamente por fibras simpáticas vasoconstrictoras, provenientes do *plexo renal*, que acompanham os ramos da artéria renal e são distribuídas para os vasos sanguíneos e células tubulares. Ligam-se ao plexo testicular, circunstância que explica a ocorrência de dor testicular se o rim for acometido por algum distúrbio, como cálculos, tumores ou traumatismos.

## URETER

O ureter é um canal retroperitoneal fino, de paredes grossas, cujo comprimento varia de 28 a 35 cm, sendo o direito 1 cm mais longo que o esquerdo. O ureter é prontamente identificado pela sua parede muscular espessa que é

vista entrar em movimentos de contorção semelhantes aos de um verme, particularmente se for gentilmente apertado. Seu calibre é irregular, variando de 1 mm a 1 cm. Corre medial e inferiormente sobre o psoas maior e, entrando na pelve, abre-se no fundo da bexiga.

**Trajeto, setores e estreitamentos.** Habitualmente não é possível determinar com precisão a posição onde a pelve renal acaba e o ureter começa. Consequentemente, a exatidão da *junção pieloureteral* é, anatomicamente, sem validade, sendo preferível o termo *região pieloureteral*. Esta região geralmente é extra-hilar e normalmente situa-se adjacente à parte inferior da margem medial do rim.

O ureter é dividido em três setores, conforme o local em que transita (figura 57). O *setor abdominal* começa na região pieloureteral e termina na margem superior da pelve menor. Desce posteriormente ao peritônio na parte medial do músculo psoas maior, que o separa dos ápices dos processos transversos das vértebras lombares. Anteriormente ao músculo, ele cruza na frente do nervo genitofemoral e é obliquamente cruzado pelos vasos gonadais. O ureter penetra na pelve menor, anteriormente na extremidade distal dos vasos ilíacos comuns, ou ao começo dos vasos ilíacos externos.

O *setor pélvico* do ureter está entre a terminação do setor abdominal e a JUV. Tem aproximadamente o mesmo comprimento do setor abdominal e situa-se, em ambos os sexos, no tecido conectivo extraperitonal; desce na parede lateral da pelve menor entre a incisura isquiática maior e artéria ilíaca interna. Em frente, a espinha isquiática curva-se anteromedialmente, acima do diafragma pélvico, para alcançar a base da bexiga.

O *setor vesical do ureter* é aquele que atravessa a musculatura da bexiga, se estendendo da JUV até o ângulo lateral do trígono vesical.

Ao longo do seu extenso percurso, o ureter apresenta três pontos de estreitamento: na junção pieloureteral, no local de cruzamento com os vasos ilíacos e no ureter vesical. Esses são os locais onde cálculos renais podem ter sua eliminação retardada durante sua descida no trato urinário.

**Neurovasculatura.** As artérias que irrigam o ureter são derivadas das *artérias renal, aorta abdominal, gonadais, ilíaca comum, vesical e uterina*, com seus ramos irrigando as diferentes partes do ureter no seu trajeto e estando sujeitos a muita variação. A anastomose longitudinal entre estes ramos na parede do ureter é eficiente. Os ramos da *artéria vesical inferior* irrigam a parte inferior do ureter e uma grande parte do trígono da bexiga.

Os nervos uretéricos são derivados dos *plexos renal, mesentérico superior, testicular e pélvico*.

## BEXIGA

A bexiga é um saco miomembranoso localizado na pelve óssea. Nos adultos, quando completamente distendida, acumula cerca de 500 ml de urina e se projeta para o abdome. Na criança de até de três anos de idade, é completamente intra-abdominal, pois a cavidade pélvica é relativamente pequena nesta faixa etária.

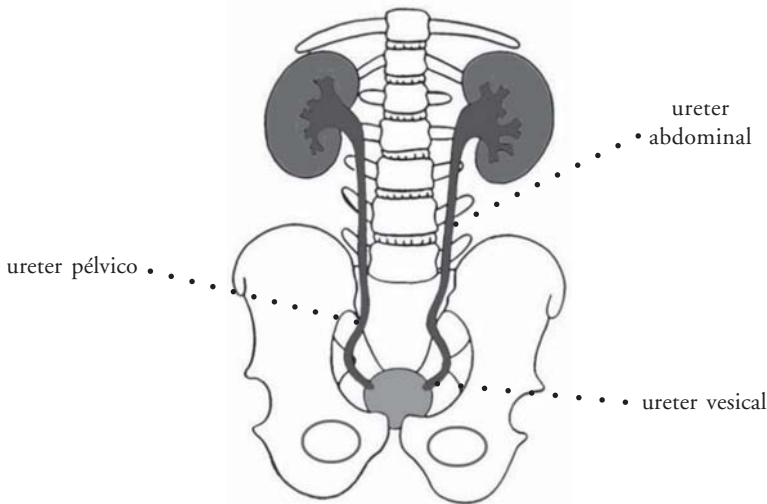


Figura 57 - Rim (vermelho), sistema ureteropielocalicial (preto) e bexiga (laranja).

Logo anteriormente à bexiga está a sínfise púbica, e acima ela é revestida por peritônio com alças intestinais contra ela.

A bexiga urinária é um reservatório variável em tamanho, forma, posição e relações, de acordo com seu conteúdo e com o estado das vísceras vizinhas. Quando sem urina, a bexiga está completamente na pelve menor, mas, à medida que se distende, expande-se anterossuperiormente na cavidade abdominal.

**Setores.** Quando vazia, a bexiga é um tanto tetraédrica e possui um *fundo*, um *colo*, um *ápice* e uma *face superior* e *duas infero-laterais*.

O fundo ou *base da bexiga* é triangular e posteroinferior. Nas mulheres, está aderido à parede anterior da vagina, e nos homens, ao reto, vesículas seminais e ductos deferentes.

O colo é a parte mais baixa e fixa da bexiga, estando a 4 cm atrás da parte inferior da sínfise púbica; é perfurado pelo óstio interno da uretra e altera pouco em posição com as condições variadas da bexiga e do reto. Não existe nenhuma constrição especial no colo. Nos homens, o colo repousa sobre e está em continuidade direta com a base da próstata. Nas mulheres está relacionado com a fáscia pélvica que circunda a parte superior da uretra.

O ápice da bexiga é anterior e se dirige para a parte superior da sínfise púbica. Dele, o *ligamento umbilical mediano* ou *úraco* sobe atrás da parede anterior do abdome até o umbigo.

A face superior da bexiga é completamente coberta por peritônio. Está em contato com o cólon sigmóide e com as alças terminais do íleo. As faces ínfero-laterais não são revestidas por peritônio; um *coxim gorduroso extraperitonal* separa essas faces da pube e dos ligamentos pubovesicais, anteriormente, e dos músculos levantador do ânus e obturador interno, lateral e posteriormente.

**Ligamentos.** O colo da bexiga está ligado ao esqueleto pélvico na frente, atrás e dos lados por resistentes feixes fibromusculares, que recebem o nome de acordo com o local de onde partem: os *ligamentos pubovesicais* e os *sacrovesicais*. Os primeiros são denominados *ligamentos puboprostáticos* no homem, e *pubocervicais* nas mulheres. Os ligamentos sacrovesicais são também conhecidos como *ligamentos retovesicais* no sexo masculino e *uterossacrais* no feminino. Outra corda fibrosa associada à bexiga, já citada, é o *úraco*.

**Inervação.** Circundando a bexiga, e emitindo ramos para ela, há uma malha neuronal, o *plexo vesical*, formado pelo cruzamento de fibras simpáticas e parassimpáticas oriundas do plexo pélvico. Assim, a inervação vesical, e de seu esfíncter interno, é feita através do sistema nervoso autônomo.

O componente parassimpático da bexiga é dado pelos *nervos eringentes*, os quais surgem dos segmentos medulares  $S_{2-4}$ , que estão na altura dos corpos vertebrais  $T_{12}$ - $L_1$ . Esses nervos formam um denso plexo em torno dos miócitos do detrusor e da lâmina profunda do trígono e, na mulher, do colo vesical.

O componente simpático surge dos segmentos toracolombares  $T_{11}$ - $L_2$ , sendo responsável pelo suprimento motor da lâmina superficial do trígono vesical e, no homem, do colo vesical. Essa diferença de inervação do trígono superficial

em relação ao detrusor apóia a teoria de que esse trígono tem natureza mais uretérica que vesical.

Ao contrário das fibras parassimpáticas, as simpáticas acompanham o suprimento vascular e dificilmente estendem-se entre os miócitos do detrusor. No sexo masculino, para a ejaculação, os nervos simpáticos causam contração simultânea do músculo liso da próstata, ductos deferentes, vesículas seminais e do esfíncter interno da bexiga. A contração deste último é particularmente importante para evitar refluxo de sêmen para a bexiga durante a ejaculação.

O diafragma urogenital recebe inervação motora e sensitiva de fibras somáticas que se originam de  $S_{2-4}$ , através do *nervo pudendo*.

## URETRA

A uretra é um canal membranoso estreito, ímpar e mediano que começa no óstio interno da bexiga e termina no períneo. Como atravessa diversas estruturas genitais, varia de forma e extensão conforme o sexo.

A mucosa uretral, em ambos os sexos, apresenta ao longo de seu trajeto orifícios das pequenas e numerosas *glândulas uretrais de Littrè*. As *glândulas uretrais maiores* são representadas pelas *glândulas bulbouretrais de Cowper* no homem, e *parauretrais de Skene*, na mulher.

**Uretra masculina.** A uretra masculina vai da bexiga até o ápice peniano, tendo cerca de 20 cm de extensão. Divide-se em quatro porções de acordo com a estrutura que atravessa: *vesical* ou *pré-prostática*, *prostática*, *membranosa* e *peniana*.

A *uretra vesical*, de 1 cm de extensão, atravessa o detrusor entre o óstio uretral interno e a face superior da próstata; é envolvida pelo esfíncter uretral interno.

A *uretra prostática*, de 3 cm de extensão, passa por dentro da próstata. Sua parede posterior é a área mais complexa de toda a uretra devido à presença de diversas estruturas: (1) a *crista uretral*, mediana, flanqueada por uma depressão rasa de cada lado, o *seio prostático*, cujo assoalho apresenta os orifícios das glândulas prostáticas; (2) o *colículo seminal* ou *veromontanum*, uma dilatação fusiforme do meio da crista prostática, sobre o qual está o orifício de um fundo-de-saco prostático mediano de 6 mm de comprimento, o *utrículo*; dos lados desse orifício, ainda sobre o *veromontanum*, estão as aberturas dos *ductos ejaculatórios*.

A *uretra membranácea*, de 2 cm de extensão, é a mais estreita e rígida de todas as divisões da uretra porque é completamente envolvida pelo esfíncter

uretral externo e atravessa, na linha mediana, duas “membranas” musculares superpostas, os *diafragmas pélvico e urogenital*.

A *uretra peniana*, de 15 cm de extensão, está contida no corpo esponjoso do pênis e é envolvida por abundantes fibras elásticas; seu início recebe a desembocadura dos ductos das glândulas bulbouretrais. A uretra peniana apresenta uma dilatação no seu começo, a *fossa intrabulbar*, e outra na glândula, a *fossa navicular*. Na mucosa da uretra membranácea existem pequenos recesos, as *lacunas*, cujos orifícios se dirigem para frente e podem interceptar a ponta de um cateter passado ao longo do canal. A *lacuna magna* é a maior delas e se localiza no teto da fossa navicular. A uretra peniana termina distalmente no topo da glândula do pênis em uma fenda vertical mediana de 5 mm a 6 mm de extensão, o *óstio uretral externo*.

**Uretra feminina.** A uretra feminina é um canal de 4 cm de extensão que vai da bexiga ao vestíbulo vaginal. Está atrás da sínfise púbica, engastada na parede anterior da vagina; como no homem, atravessa os diafragmas pélvico e urogenital e o esfíncter uretral externo. A uretra feminina apresenta uma crista uretral e lacunas rudimentares. Dois pequenos orifícios, que representam a desembocadura das glândulas parauretrais, podem ser vistos nas bordas laterais do óstio externo da uretra feminina.

---

## F I S I O L O G I A

---

### FUNÇÕES DO EPITÉLIO

As múltiplas camadas do epitélio de transição formam um obstáculo contra a invasão de microorganismos presentes normalmente na urina e contra a absorção da própria urina, o que garante a completa eliminação desse líquido para o meio externo.

As células superficiais do urotélio são responsáveis pela barreira osmótica entre a urina e o meio interno, pois apresentam placas espessadas em sua membrana plasmática. A superfície do epitélio urinário baixo é frequentemente colonizada por micróbios, especialmente em meninas em idade escolar, o que determina a eliminação urinária ocasional de bactérias, sem infec-



ção. As evidências demonstram que há uma vantagem para os pacientes em ter um crescimento assintomático de bactérias pouco virulentas na urina. A presença de uma cepa bacteriana específica impede a invasão por outras bactérias mais agressivas, funcionando, assim, como um tipo de profilaxia biológica.

## RINS

Os rins constituem o principal meio para a eliminação dos produtos de degradação do metabolismo que não são mais necessários ao corpo, incluindo a *ureia*, proveniente do metabolismo dos aminoácidos, a *creatinina*, oriunda da creatina dos músculos, o *ácido úrico*, proveniente dos ácidos nucleicos, os produtos finais da degradação da hemoglobina, como a *bilirrubina*, e os metabólitos de diversos hormônios. Essas escórias precisam ser eliminadas do organismo tão rapidamente quanto são produzidas. Os rins também eliminam toxinas e outras substâncias estranhas que são produzidas pelo corpo ou que são ingeridas, como pesticidas, fármacos e aditivos alimentares.

O rim trabalha sem parar, tem capacidade de autorreparação e realiza suas múltiplas funções com um volume pequeno. Tudo isso evidencia sua eficiência. Por segurança, o corpo humano dispõe de um sobressalente – mas um rim faria perfeitamente o trabalho.

## 1. HOMEOSTASIA

Os rins contribuem para a constância do meio interno produzindo e conservando um equilíbrio hidroeletrólítico em todo o corpo. Para isso, a excreção de água e de eletrólitos deve equivaler ao seu aporte; se o aporte de determinada substância exceder sua eliminação, a quantidade dessa substância no corpo irá aumentar; se for menor do que a excreção, a quantidade de substância no corpo diminuirá.

Em geral, a ingestão de água e de eletrólitos é determinada pelos hábitos alimentares do indivíduo, cabendo aos rins ajustar a intensidade de excreção das várias substâncias para que equivalham à sua ingestão. A capacidade do rim de alterar a excreção de sódio em resposta a alterações na sua ingestão é enorme. Isso também se aplica à água e à maioria dos eletrólitos, como os íons cloreto, potássio, cálcio, hidrogênio, magnésio e fosfato.

Juntamente com os pulmões e os tampões dos líquidos corporais, os rins contribuem para a homeostasia regulando o *equilíbrio ácido-básico* por meio da excreção de ácidos e do controle das reservas de bases no sangue. Os rins

representam o único órgão capaz de eliminar do organismo certos tipos de ácidos gerados pelo metabolismo das proteínas, como os ácidos sulfúrico e fosfórico.

Durante o jejum prolongado, os rins sintetizam glicose a partir de aminoácidos e de outros precursores, pelo processo conhecido como *gliconeogênese*. A capacidade dos rins de adicionar glicose ao sangue, durante períodos prolongados de jejum, rivaliza com a do fígado.

Os rins mantêm e regulam a homeostasia dos líquidos corporais ao excretar excesso de solutos e água, através da formação de um *filtrado glomerular* (FG) pelos mecanismos de *filtração glomerular*, *reabsorção tubular* e *secreção tubular*. Cada um deles é controlado de acordo com as necessidades do corpo. Assim, por exemplo, quando existe excesso de sódio no organismo, a filtração deste íon aumenta, e menor parcela do sódio filtrado é reabsorvida, com o consequente aumento da excreção urinária de sódio.

### **A. Filtração Glomerular**

A filtração glomerular depende da pressão arterial capilar glomerular (75 mmHg), menos a pressão coloidosmótica do plasma (30 mmHg) somada com a pressão intersticial intrarrenal (10 mmHg) e com a resistência da cápsula de Bowman (10 mmHg). A *pressão* ou *força de filtração glomerular* resultante (25 mmHg) força o plasma pelas fendas de filtração para o interior do espaço capsular. São filtrados cerca de 125 ml de plasma/minuto, dos quais 124 ml são reabsorvidos e 1 ml são eliminados como urina.

A capacidade de filtração dos rins é grande, embora subtotal. Cerca de 20% do plasma que flui pelos rins são filtrados através dos capilares glomerulares. Esse valor é cerca de 400 vezes maior que o do coeficiente de filtração da maioria dos outros sistemas capilares do corpo.

A vantagem de manter uma filtração glomerular elevada é que isso permite aos rins a rápida remoção dos produtos de degradação do corpo que podem ser filtrados. A maioria destas substâncias é pouco reabsorvida pelos túbulos e, portanto, depende de FG elevada para sua remoção efetiva do organismo. A filtração glomerular é a principal responsável pela eliminação dos produtos nitrogenados do catabolismo protéico, a ureia e a creatinina. Como para a manutenção da homeostasia são necessários níveis muito baixos destes produtos tóxicos, volumes grandes de ultrafiltrado são necessários para excretar quantidades significativas destas substâncias.

Uma segunda vantagem em manter FG elevada é que isso permite aos rins filtrar e processar todos os líquidos corporais, inúmeras vezes, diariamente.

Como o volume plasmático total é de 3 litros, enquanto a FG é de cerca de 180 litros/dia, todo o plasma pode ser filtrado e processado cerca de 60 vezes em 24 horas, resultando na formação de apenas 1500 ml de urina/dia e reabsorção dos restantes 178,5 litros. Todo o volume de plasma recircula através dos rins e está sujeito a processo de filtração a cada trinta minutos. Assim, a capacidade de excreção é imensa, permitindo a manutenção constante da homeostase mesmo na presença de ingesta excessiva de líquidos. A filtração glomerular também contribui significativamente para a eliminação de hormônios peptídicos, especialmente os hipofisários, o glucagon e a insulina. Essa elevada filtração permite aos rins controlar rápida e precisamente tanto o volume quanto a composição dos líquidos corporais.

A excreção urinária de qualquer substância é dada pela soma da filtração glomerular e secreção tubular do soluto subtraindo de sua reabsorção tubular. Ao contrário da filtração glomerular, que é relativamente não-seletiva (isto é, filtra indiscriminadamente todos os solutos, exceto proteínas plasmáticas e substâncias a elas fixadas), a reabsorção tubular é muito seletiva. Ao controlar a intensidade da reabsorção de substâncias específicas, os rins regulam a excreção de solutos, mantendo independente a filtração da reabsorção. Essa capacidade é essencial para o controle preciso da composição dos líquidos corporais.

A circulação renal é única, no sentido de ter dois leitos capilares – os glomerulares e os peritubulares –, que se dispõem em série, separados pelas arteríolas eferentes, que ajudam a regular as pressões hidrostáticas em ambos os leitos capilares. A existência de pressão hidrostática elevada nos capilares glomerulares (cerca de 60 mm Hg) resulta na rápida filtração de líquido, enquanto pressão hidrostática muito mais baixa nos capilares peritubulares (cerca de 13 mm Hg) permite a rápida reabsorção de líquido. Ao ajustarem as resistências das arteríolas aferentes e eferentes, os rins podem regular as pressões hidrostáticas tanto nos capilares glomerulares quanto nos capilares peritubulares, modificando, assim, a intensidade da filtração glomerular e/ou a reabsorção tubular em resposta às demandas homeostáticas do corpo.

**Autorregulação renal.** Os *mecanismos de retroalimentação* intrínsecos dos rins mantêm o fluxo sanguíneo renal e a filtração glomerular constantes, a despeito de alterações acentuadas da pressão arterial. Essa constância relativa da filtração e do fluxo sanguíneo renal é denominada *autorregulação renal*, cujo principal papel é manter o controle preciso da excreção renal de água e de solutos. Na ausência de autorregulação, uma elevação relativamente pequena da pressão arterial (de 100 para 125 mm Hg) causaria aumento seme-

lhante de 25% da filtração glomerular (de cerca de 180 para 225 litros/dia). Se a reabsorção tubular permanecesse constante em 178,5 l/dia, isso aumentaria o fluxo de urina para 46,5 litros/dia, o que corresponderia a um aumento total de mais de trinta vezes na produção de urina. Como o volume plasmático total é de apenas cerca de 3 litros, essa alteração iria provocar rápida depleção do volume sanguíneo.

**Sistema renina-angiotensina-aldosterona.** Para desempenhar a função de autorregulação, os rins lançam mão de um *mecanismo de retroalimentação túbulo-glomerular* sobre atividade do *complexo justaglomerular*. A diminuição da filtração glomerular reduz o fluxo na alça de Henle, causando aumento da reabsorção de íons sódio e cloreto no ramo ascendente da alça de Henle e, assim, reduzindo no túbulo contorcido distal e na mácula densa a concentração de cloreto de sódio. As células da mácula densa assim estimuladas produzem sinais químicos ou osmóticos que resultam em dois efeitos principais: (1) diminuição da resistência das arteríolas aferentes, o que eleva a pressão hidrostática glomerular e ajuda a normalizar a filtração glomerular e (2) aumento da liberação da renina pelas células justaglomerulares das arteríolas aferentes e eferentes. A enzima catalisa a conversão do *angiotensinogênio* plasmático para *angiotensina I*, que é convertida em *angiotensina II* nos pulmões. A angiotensina II aumenta a pressão hidrostática glomerular, normalizando a filtração glomerular por meio da constrição das arteríolas eferentes e do estímulo da liberação de *aldosterona* pelas adrenais, o que provoca a absorção de sódio e água pelo néfron distal.

O fluxo sanguíneo renal e a filtração glomerular em si não constituem as variáveis primárias controladas pelo mecanismo de retroalimentação túbulo-glomerular. O principal propósito desse mecanismo é garantir o aporte constante de cloreto de sódio ao túbulo distal, onde ocorre o processamento final da urina. Por conseguinte, distúrbios que tendem a aumentar a reabsorção de cloreto de sódio em locais tubulares anteriores à mácula densa tende a produzir aumento do fluxo sanguíneo renal e da filtração glomerular. Esse processo ajuda, então, a normalizar o aporte distal de cloreto de sódio, de modo a manter intensidade normal de excreção de sódio e de água.

**Composição do FG.** O FG, semelhante ao plasma, é formado de água e solutos de baixo peso molecular, porém quase não possui células, proteínas e outras macromoléculas, pois estas são grandes demais para atravessar minúsculos poros existentes na tripla barreira podócitos-MBG-endotélio capilar.

Macromoléculas aniônicas presentes na MBG e células endoteliais restringem ainda mais a filtração de proteínas séricas, as quais levam carga negativa. Isso explica porque a albumina aniônica, que apresenta um diâmetro molecular menor do que o poro limitante, não penetra no espaço urinário; a hemoglobina pode passar, mas moléculas maiores são barradas pelos poros da MBG. As concentrações dos outros constituintes do FG, incluindo a maioria dos sais e moléculas orgânicas, assemelham-se às concentrações observadas no plasma. As exceções incluem poucas substâncias com baixo peso molecular, como o cálcio e os ácidos graxos, que não são livremente filtradas em virtude de suas ligações parciais às proteínas plasmáticas.

### **B. Reabsorção Tubular**

Cerca de 99% do volume filtrado são reabsorvidos através dos túbulos néfricos, juntamente com todos os constituintes importantes do filtrado, como cloreto, glicose, sódio, potássio, cálcio e aminoácidos. Cerca de 65% dessa carga são reabsorvidos somente pelo túbulo proximal; este absorve ativamente toda a glicose, aminoácidos, proteínas e vitamina C, e 85% do cloro, sódio e água do filtrado.

A alta capacidade de reabsorção do túbulo proximal resulta das características especiais de suas células epiteliais. Estas têm um elevado metabolismo, apresentando um grande número de mitocôndrias para sustentar potentes processos de transporte ativo. Além disso, apresentam extensa orla em escova no lado luminal da membrana e um extenso labirinto de canais intercelulares e basais, os quais formam, em seu conjunto, extensa área de superfície de membrana, tanto no lado luminal quanto no basolateral do epitélio, para o rápido transporte de íons sódio e de outras substâncias.

A extensa superfície da membrana da borda em escova também é repleta de proteínas transportadoras, que carregam grande fração dos íons sódio através da membrana luminal, ligadas, pelo mecanismo do co-transporte, a múltiplos nutrientes orgânicos, como aminoácidos e glicose. O restante do sódio é transportado do lúmen tubular para a célula por mecanismos de contratransporte, que reabsorvem o sódio enquanto secretam outras substâncias para o lúmen tubular, particularmente íons hidrogênio.

A alça de Henle é o principal local de absorção de magnésio.

**Sistema multiplicador por contracorrente.** A capacidade do rim de formar urina mais concentrada do que o plasma é essencial para a sobrevivência dos mamíferos terrestres, como o homem. A água é continuamente perdida pelo

corpo através de muitas vias, incluindo os pulmões pela evaporação no ar expirado, pelo trato gastrointestinal através das fezes, pela pele através da evaporação e da transpiração, e pelos rins através da excreção de urina. A ingestão de líquido é necessária para equilibrar essa perda, porém a capacidade do rim de formar pequeno volume de urina concentrada minimiza a ingestão de líquido necessária para manter a homeostasia, função que é particularmente importante quando a água se torna escassa.

Quando existe deficiência de água no corpo, o rim passa a formar urina concentrada através da excreção contínua de solutos, enquanto a reabsorção de água aumenta, diminuindo o volume de urina formada. O rim humano pode produzir concentração máxima da urina de 1200 a 1400 mOsm/l, ou seja, quatro a cinco vezes a osmolaridade do plasma.

Os requisitos básicos para a formação de urina concentrada incluem: (1) nível elevado de *hormônio antidiurético* (HAD), que aumenta a permeabilidade do néfron distal à água, permitindo a reabsorção ávida de água por esse segmento tubular, e (2) alta osmolaridade do líquido intersticial da medula renal, que cria o gradiente osmótico necessário para que ocorra reabsorção de água em presença de níveis elevados de HAD.

A causa mais importante da alta osmolaridade medular é o transporte ativo de sódio e o co-transporte de íons potássio, íons cloreto e outros íons pelo segmento espesso da alça de Henle para o interstício. Essa bomba é capaz de estabelecer gradiente de concentração de cerca de 200 mOsm, entre a luz tubular e o líquido intersticial. Como o ramo ascendente espesso da alça de Henle é impermeável à água, os solutos bombeados para dentro das células tubulares não são seguidos pelo fluxo osmótico de água para o interstício. Por conseguinte, o transporte ativo de sódio e de outros íons para fora do ramo ascendente espesso da alça acrescenta excesso de solutos no interstício medular. Desse modo, o mecanismo de reabsorção repetitiva de cloreto de sódio pelo ramo ascendente espesso da alça de Henle e o influxo contínuo de novo cloreto de sódio a partir do túbulo proximal para a alça de Henle forma o *sistema multiplicador por contracorrente*. O fato de grandes quantidades de água serem reabsorvidas no córtex (onde se encontram os segmentos néfricos permeáveis a água) e não na medula renal ajuda a preservar a alta osmolaridade do líquido intersticial medular.

A ureia contribui com cerca de 40% da osmolaridade (500 mOsm/l) do interstício medular quando o rim está formando urina de concentração máxima. À diferença do cloreto de sódio, a ureia tem reabsorção passiva a partir do túbulo. Quando existe deficiência de água, e as concentrações sanguíneas de

HAD estão elevadas, verifica-se a reabsorção passiva de grande quantidade de ureia dos ductos coletores medulares internos para o interstício.

O líquido tubular no ramo ascendente da alça de Henle fica muito diluído à medida que flui em direção ao túbulo distal, característica importante para permitir a diluição, ou a concentração, da urina pelos rins em diferentes condições. O líquido que chega ao túbulo distal é, assim, hipotônico. Essa atividade da parte ascendente gera um gradiente osmótico nas pirâmides, contínuo e crescente no sentido da papila, tornando possível a concentração de urina à medida que ela atravessa o tubo coletor.

**Sistema de contracorrente dos vasos retos.** O intenso fluxo sanguíneo renal, ao passar rapidamente pelas pirâmides, tenderia a arrastar a maior parte dos solutos ali concentrados pela atividade do sistema multiplicador por contracorrente, se não fosse por duas características especiais da corrente sanguínea medular. (1) o fluxo sanguíneo medular é baixo, representando apenas de 2% do fluxo sanguíneo renal total; esse fluxo vagaroso é suficiente para suprir as necessidades metabólicas dos tecidos; (2) por seu trajeto longo, os *vasos retos* atuam como trocadores por contracorrente.

O *mecanismo de troca por contracorrente* dos vasos retos opera da seguinte maneira: o sangue penetra na medula e sai dela por meio dos vasos retos, no limite entre o córtex e a medula renal. Os vasos retos são altamente permeáveis a solutos do sangue, exceto às proteínas plasmáticas; à medida que o sangue desce para a medula em direção às papilas, lentamente e ao longo do trajeto comprido dos vasos retos, fica progressivamente mais concentrado, devido à entrada de solutos provenientes do interstício e pela perda de água para o interstício. Quando o sangue atinge as pontas dos vasos retos, tem concentração de cerca de 1200 mOsm/l, a mesma do interstício medular; quando o sangue retorna ao córtex, torna-se progressivamente menos concentrado à medida que os solutos se difundem de volta para o interstício medular e a água passa para os vasos retos. Essa situação tende a equilibrar o interstício hiperosmótico, modulando, assim, a capacidade de concentração da urina.

Apesar de ocorrer grande quantidade de troca de água e de solutos através dos vasos retos, há pouca diluição efetiva da concentração do líquido intersticial em cada nível da medula renal, devido à longa forma, em “U”, dos vasos retos, que atuam como trocadores por contracorrente. Por conseguinte, os vasos retos não criam ou removem a osmolaridade medular, mas impedem que ela se torne muito acentuada ou muito fraca.

**Controle hormonal.** A regulação precisa do volume dos líquidos corporais e as concentrações de solutos exigem a excreção ou a reabsorção renal de diferentes solutos e de água, com intensidades variáveis, algumas independentes umas das outras. Vários hormônios são responsáveis por essa especificidade da atividade tubular.

*Vasopressina* ou *hormônio antidiurético* (HAD). O néfron distal absorve água na presença do HAD. O túbulo coletor recebe urina iso ou hipotônica; diante do HAD, o túbulo coletor fica permeável à água, e expõe a urina à hipertonicidade medular, causando reabsorção rápida de água e, assim, tornando a urina hipertônica. Ao reabsorver a maior quantidade de água possível, os rins formam urina altamente concentrada, excretando quantidades normais de solutos na urina com menos água, compensando ocasionais deficiências de água corporal. Sem o HAD, o túbulo coletor torna-se impermeável à água, formando uma urina hipotônica.

Quando a osmolaridade dos líquidos corporais aumenta acima do normal, a hipófise posterior secreta maior quantidade de HAD, cujo efeito consiste em aumentar a permeabilidade do néfron distal à água. Isso permite a reabsorção de grande volume de água e diminui o volume de urina, sem alterar acentuadamente a excreção renal dos solutos. Por outro lado, quando existe excesso de água no corpo, a osmolaridade do líquido extracelular fica reduzida, a secreção de HAD pela hipófise posterior diminui, reduzindo, assim, a permeabilidade néfron distal, com a conseqüente excreção de grande quantidade de urina diluída. Por conseguinte, a presença de HAD determina se o rim irá excretar urina diluída ou concentrada.

*Aldosterona.* O mecanismo pelo qual a aldosterona aumenta a reabsorção de sódio e, ao mesmo tempo, a secreção de potássio, consiste na estimulação da *bomba ATPase sódio-potássio*, no lado basolateral da membrana plasmática das células do túbulo coletor cortical. O conseqüente aumento da reabsorção de sódio causa sucessivamente, incremento do aporte de água por osmose, aumento da volemia, da pressão arterial, dos fluxos sanguíneos renal e glomerular, resultando finalmente em maior formação de FG, o que inibe a *bomba ATPase sódio-potássio*, revertendo todo o processo. A aldosterona também aumenta a permeabilidade do lado luminal da membrana ao sódio.

*Angiotensina II.* Talvez a angiotensina II seja o mais poderoso hormônio retentor de sódio. A formação de angiotensina II aumenta em circunstânci-



as associadas a baixa pressão arterial e/ou a baixo volume de líquido extracelular, como em hemorragias, vômitos, diarreias ou queimaduras. A formação aumentada de angiotensina II ajuda a normalizar a pressão arterial e o volume extracelular, ao aumentar a reabsorção de sódio e de água pelos túbulos renais.

*Hormônio natriurético atrial.* Os átrios cardíacos contêm células específicas que, quando distendidas em consequência da expansão do volume plasmático, secretam o *peptídeo natriurético atrial*, o que inibe a reabsorção de sódio e de água pelos túbulos renais, sobretudo nos ductos coletores. Essa redução aumenta a excreção urinária de sal e água, o que ajuda a fazer o volume sanguíneo retornar ao normal.

*PTH.* Sua principal ação nos rins consiste em aumentar a reabsorção tubular de cálcio, sobretudo nos túbulos distais. Também inibe a reabsorção do fosfato pelo túbulo proximal e a estimula a reabsorção de magnésio pela alça de Henle.

### C. Secreção Tubular

A secreção tubular ajuda eliminar certas substâncias, como ácido úrico e creatinina, pelos túbulos proximais (e, assim, manter seus níveis plasmáticos) e a trocar íons importantes do filtrado por íons menos desejáveis no plasma. Por exemplo, o túbulo distal adiciona à urina íons hidrogênio, amônia e potássio e absorve sódio.

A secreção de potássio se dá no néfron distal. No entanto, a principal contribuição desta parte do néfron para o equilíbrio ácido-básico consiste na *produção de novo bicarbonato* mediante a secreção de prótons para dentro do líquido tubular.

## 2 CONTROLE DA PRESSÃO ARTERIAL

Os rins desempenham papel dominante na regulação em longo prazo da pressão arterial, ao excretarem quantidades variáveis de sódio e de água. Além disso, os rins também contribuem para a regulação da pressão arterial em curto prazo, por meio da atuação do aparelho justaglomerular, o qual desencadeia o sistema renina-angiotensina-aldosterona, cujo efeito principal é absorver sódio. Isto causa uma maior absorção de água, aumento da volemia, maior enchimento ventricular com conseqüente incremento contratilidade cardíaca e aumento da pressão arterial.

### 3 REGULAÇÃO HORMONAL

**Eritropoetina.** O rim é o sítio da produção de cerca de 85% da eritropoetina, um hormônio glicoproteico de 165 aminoácidos que estimula a maturação de eritrócitos. O ritmo de síntese da eritropoetina pelos rins é inversamente proporcional ao conteúdo do oxigênio dos tecidos. Por esta razão, baixas tensões de oxigênio, geralmente consequentes à redução do número de eritrócitos, estimulam a eritropoese, enquanto altas tensões de causam a supressão do estímulo. Por isso é que a grandes altitudes, o abaixamento da pressão parcial do oxigênio na atmosfera conduz a um aumento na quantidade de eritrócitos.

**Vitamina D.** A *1,25-diidrocolecalfiferol* ou *vitamina D<sub>3</sub>* ou *calcitriol* é um potente hormônio produzido após uma segunda hidroxilação da vitamina D, pelo rim. O calcitriol é essencial para a deposição normal de cálcio no osso e para a reabsorção de cálcio pelo trato gastrointestinal.

A hidroxilação renal é rigorosamente controlada e cresce com aumentos do paratormônio, hormônio do crescimento, prolactina e estrogênios, e também aumenta com baixos níveis fosfato, cálcio e calcitriol. Por outro lado, a síntese renal de calcitriol é diminuída com níveis elevados de cálcio, fosfato e calcitriol, com baixos níveis de paratormônio, na doença renal grave em muitas pessoas idosas.

### 4 CORRELAÇÕES ANÁTOMO-FISIOLÓGICAS

Do ponto de vista macroscópico, a função renal se restringe à produção de urina a partir de seu elevado fluxo sanguíneo. Grande parte de suas características anatômicas podem ser explicadas com base nessa alta suplência vascular:

**Presença de hilo com vasos calibrosos.** Em um homem com porte médio de 70 kg, o fluxo sanguíneo combinado através de ambos os rins é de cerca de 1100 ml/minuto, ou seja, cerca de 22% do débito cardíaco. Considerando-se o fato de que os dois rins constituem, apenas, cerca de 0,4% do peso corporal total, pode-se facilmente perceber que eles recebem fluxo sanguíneo extremamente elevado em comparação com o de outros órgãos.

Os vasos renais são segmentares, provenientes de vasos cardíacos. As artérias são ramos diretos da aorta e as veias tributárias primárias da veia cava inferior (figura 58). Isso garante um generoso aporte sanguíneo, entre 500 a 600 ml/minuto/rim. A cada cinco minutos passam pelos rins todo o sangue circulante.

Os vasos renais são aparentemente grandes demais para os rins. Isso ocorre porque a maior parte do sangue é usado para produção de grande quantidade de FG e uma ínfima porção para a nutrição e remoção de produtos de degradação produzidos pelos rins.

A artéria e veia renais nutrem os rins ao longo de seu eixo; sozinhos estes vasos suprem toda a víscera. Isso possibilita a transferência cirúrgica do rim de uma pessoa a outra com relativa facilidade, pois as anastomoses vasculares necessárias para o transplante são poucas (apenas sobre dois vasos – artéria e veia renais) e facilitadas pelo diâmetro avantajado dos vasos hilares.

Praticamente todos os vasos sanguíneos dos rins, incluindo as arteríolas aferentes e eferentes, são ricamente inervados por fibras nervosas simpáticas. A intensa ativação dos nervos simpáticos renais pode causar constrição das arteríolas renais e diminuir tanto o fluxo sanguíneo renal quanto a filtração glomerular.

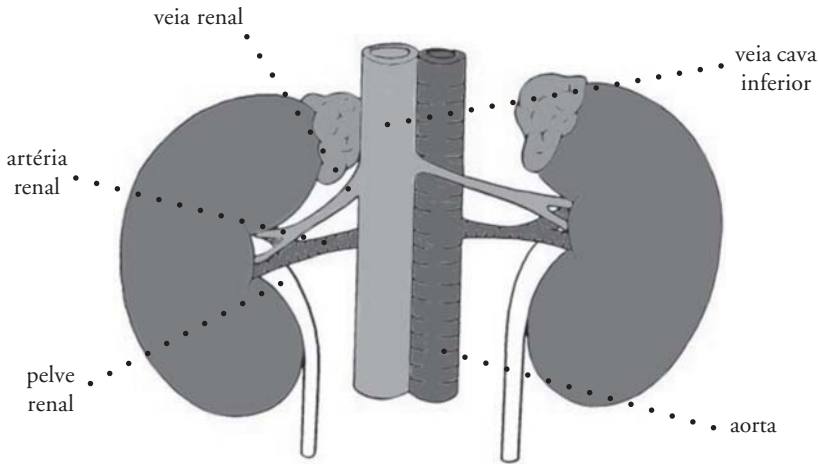


Figura 58 - Vasos renais.

Não há anastomoses entre os capilares de néfrons vizinhos. Quaisquer anastomoses arteriais intra-renais ocorrem além dos glomérulos. Portanto, as artérias renais são terminais e, assim, *artérias renais acessórias* ocasionalmente presentes não devem ser amarradas por ligaduras cirúrgicas. A *veias renais acessórias*, contudo, podem ser bloqueadas se estiverem presentes porque há conexões significativas entre os territórios das veias individuais.

A intensa irrigação proporciona uma elevada pressão de perfusão renal, que é transmitida para todos os ramos arteriais até a chegada nas arteríolas eferentes e glomérulos. Assim, os capilares glomerulares recebem uma pressão hidrostática muito elevada em relação a outros capilares. Essa pressão, da ordem de 75 mmHg (cerca de 75% da pressão hidrostática aórtica) é necessária para a formação do FG. Essa pressão é determinada por três variáveis fisiológicas: pressão arterial sistêmica, resistência das arteríolas eferentes e das arteríolas aferentes.

Existem diversos hormônios e autacóides que também podem influenciar a filtração glomerular e o fluxo sanguíneo renal. Por exemplo, as *catecolaminas* e a *endotelina* provocam constrição dos vasos sanguíneos renais e diminuição da FG; o *óxido nítrico*, derivado do endotélio, diminui a resistência vascular renal e aumenta a filtração glomerular.

**Coloração.** O elevado fluxo hemático associado a um maciço parênquima, conferem ao rim uma coloração peculiar, vermelho intensa.

**Friabilidade.** O abundante parênquima renal, indispensável para o processamento sanguíneo e para a produção de urina, ocupa praticamente toda a massa da víscera, não deixando espaço significativo para tecido estromal, o qual daria resistência ao órgão, mas dificultaria a filtração glomerular. Deste modo, os rins tornam-se friáveis, tendendo a se romper à manipulação e a traumatismos, mesmo triviais. Estas roturas podem ser perigosas, resultando frequentemente em hemorragias substanciais.

**Localização.** Para reduzir riscos de lacerações e hemorragias, os rins têm uma situação resguardada. Eles são mantidos em posição pela fásia renal e, especialmente, pela aposição de vísceras abdominais que estão na sua frente, como as suprarrenais, o fígado, duodeno, alças intestinais, baço, pâncreas e estômago.

Os rins localizam-se no retroperitônio, compartimento situado na parede posterior do corpo, menos sujeito a impactos. Ademais, no dorso, os rins podem ser protegidos anteriormente por vísceras menos vulneráveis.

A proximidade dos rins aos vasos de maior fluxo do retroperitônio – aorta e veia cava inferior –, a proteção por robustos elementos mioesqueléticos e a manutenção de uma distância de segurança da bexiga são fatores que levam os rins a se localizarem na porção mais proximal do abdome.

**Presença de envoltórios múltiplos.** As três cápsulas renais conferem revestimentos protetores ao parênquima renal. Duas destas cápsulas são gordurosas e, juntamente com o corpo pararenal, formam um triplo envoltório adiposo, os quais funcionam com coxins absorvedores de impactos.

**Setorização.** A região parenquimatosa periférica renal recebe o sangue e o processa para formar urina, enquanto que a porção central oca capta e drena a urina para os ureteres.

**Inervação.** As taxas de filtração glomerular são mantidas constantes ao longo de uma grande variação das pressões aórticas. Tal resposta autorregulatória é realizada pela atividade vasomotora da inervação renal sobre as arteríolas aferentes e eferentes, juntamente com ação de outros efetores, como angiotensina, prostaglandinas vasodilatadoras, mioepitélio vascular e células mesangiais.

## SISTEMA URETEROPIELOCALICIAL

O *sistema ureterpielocalicial* ou *trato urinário proximal* consiste em uma estrutura tubular contínua com musculatura ativa que imperceptivelmente apresenta motilidade de um segmento a outro, a fim de manter a continuidade anatômica e o sincronismo fisiológico em vários níveis.

Ondas de contrações peristálticas começam nos cálices e prosseguem de modo distal para a bexiga. Essas ondas ocorrem em uma frequência de 5 a 8/ minuto, envolvem um segmento de 2 a 3 cm por vez e, em geral, prosseguem na velocidade de 3 cm/segundo; a frequência, amplitude e velocidade são influenciadas pelo débito e pela velocidade do fluxo urinário. O enchimento ureteral é primariamente passivo, enquanto seu esvaziamento é ativo. A peristalse ureteral é essencial para o transporte da urina através dos pontos de resistência, bem como para evitar refluxos de urina para o rim.

Existe um crescimento gradual na densidade dos plexos nervosos que suprem a parede do trato urinário superior, desde a pelve renal até um máximo no segmento justavesical. O músculo liso ureterpielocalicial é suprido por três ou mais tipos de nervos autônomos, alguns simpáticos, outros parassimpáticos e ainda outros que liberam diversos tipos de neurotransmissores, como a *substância P*. A importância funcional destes diferentes tipos de nervos não é completamente compreendida, particularmente porque a inervação não é essencial para a iniciação e propagação das ondas de contração do ureter. Parece que

os nervos exercem uma influência moduladora sobre a contratilidade das células musculares não-estriadas do ureter.

O trato urinário possui regiões espontaneamente ativas que iniciam a atividade peristáltica do ureter e exercem uma influência controladora sobre a contração do ureter. As células musculares não-estriadas que ocorrem na parede das partes proximais do trato urinário superior e que são estruturalmente distintas daquelas de outras partes, podem agir coletivamente como um ou mais geradores de pulsos locais. Visto que cada cálice renal menor possui estas células, e está ligado, através do parênquimal renal, com outros cálices por células semelhantes, o número de geradores de pulsos locais dentro de um dado rim está relacionado com o número de cálices renais menores. Parece provável que a sequência normal de eventos começa com a iniciação de uma onda de contração em um ou mais dos diversos geradores de pulsos locais dos cálices menores. A contração é propagada através da parede do cálice maior adjacente e ativa o músculo não-estriado da pelve renal.

A localização proximal destes geradores de pulsos assegura que, uma vez iniciadas, as ondas de contração são propagadas para longe do rim, evitando, deste modo, um aumento de pressão indesejável direcionada contra o parênquima renal. Por conseguinte, o mecanismo responsável pela propagação do impulso contrátil não é neural, mas sim *miogênico* resultante da junção eletrotônica entre miócitos vizinhos. Regiões de aproximação íntima são extremamente numerosas entre as células musculares ureterpielocaliciais. Deste modo, no trato urinário superior, esse tipo de junção intercelular pode ser responsável pela condução da excitação de um miócito para o próximo.

## CÁLICES

Os cálices atuam como taças receptoras para os tubos coletores. O sistema pielocalicial é uma estrutura altamente muscular, as fibras seguem numerosas direções e são diretamente contínuas dos cálices à pelve, permitindo a sincronização da atividade contrátil.

## URETERES

Os ureteres têm por função levar distalmente a urina, sem refluxo. As características anatômicas a seguir tornam exequível essa função condutora:

**Espessa parede muscular.** O ureter é um tubo muscular cujas fibras exibem disposição helicoidal irregular, atuando primariamente na atividade

peristáltica. As fibras ureterais são diretamente contínuas com as da pelve renal, cefalicamente, e com as do trígono vesical, distalmente. Graças a peristalse, a urina pode escoar para a bexiga na ausência, contra ou a favor da gravidade.

**Forma.** O ureter é um tubo longo, retilíneo, verticalizado e de pequeno diâmetro. Seu grande comprimento permite que o rim fique distante da bexiga, garantido que a alta pressão vesical miccional não seja transferida para a glândula, mesmo que haja um eventual refluxo. Esta função é auxiliada pelo pequeno diâmetro do ureter, que atua como um obstáculo para o retorno urinário. O curso retilíneo forma um trajeto de segurança, de mínima distância; se o ureter fosse tortuoso, a urina seria conduzida por um caminho excessivamente longo e, assim, mais resistente e de difícil drenagem. A disposição verticalizada do ureter permite que a gravidade favoreça a micção ortostática.

Devido ao seu longo trajeto, o suprimento pieloureteral é segmentar, originando-se ramos das artérias renais (1/3 superior), gonadais (1/3 médio) e vesicais (1/3 inferior), com ricas anastomoses na camada adventícia. Esses ramos são muito numerosos e delgados, o que impossibilita a realização de transplantes de ureteres sem os rins.

**JUV.** A JUV forma o sistema anti-refluxo vesicoureteral, propiciando o fluxo de urina do ureter para a bexiga e, ao mesmo tempo, impedindo o refluxo vesicoureteral. A continuidade e a disposição muscular específica do ureter vesical e do trígono proporcionam um mecanismo valvular muscularmente ativo que pode adaptar-se de modo eficiente às fases variáveis de atividade vesical durante o enchimento e o esvaziamento da bexiga.

A principal função da JUV é permitir a drenagem livre de urina no ureter na maior parte do tempo e evitar o refluxo de urina a partir da bexiga, durante a micção. Anatomicamente a junção ureterovesical é bem equipada para o desempenho destas funções, uma vez que a musculatura ureteral prossegue de modo ininterrupto distalmente até ao *veromontanum* no homem e ao óstio uretral externo na mulher, através do trígono superficial. Além disso, a bainha de Waldeyer prossegue até o colo da bexiga ao longo do trígono profundo.

A continuidade direta entre o ureter e o trígono vesical superficial oferece uma eficiente função valvular, muscularmente ativa. Qualquer estiramento do trígono por enchimento da bexiga, ou qualquer contração do trígono pela micção, resulta em firme oclusão do ureter vesical, com conseqüente aumen-

to da resistência ao fluxo de cima para baixo e fechamento do ureter intravesical contra o fluxo retrógrado.

A parte vesical do ureter passa obliquamente através da parede da bexiga por 2 cm; o detrusor e a obliquidade deste trajeto produzem, respectivamente, um arranjo esfíntérico e valvular na terminação deste ducto.

A importância do sistema antirefluxo é evidenciada na sua disfunção, causando o *refluxo vesicoureteral*, que é o retorno de urina para o ureter durante a contração do detrusor. O refluxo vesicoureteral é prejudicial ao aparelho urinário alto pelas seguintes razões: aumenta o volume de urina residual pós-miccional na bexiga, intensificando o crescimento bacteriano, com conseqüente risco de infecção; permite o livre acesso de bactérias da bexiga para o rim; transmite a elevada pressão intravesical aos rins, com conseqüente extravazamento intersticial de urina; aumenta o volume de urina a ser transportado pelo ureter, resultando em estase, dilatação e sinuosidade; pode formar cálculos e obstruir secundariamente a JUV.

## BEXIGA

A bexiga armazena provisoriamente o líquido produzido ininterruptamente pelos rins, proporcionando uma micção oportuna. Assim, a urina produzida contínua e involuntariamente pode ser eliminada descontínua e voluntariamente. Isso favorece a saúde e a vida de relação do ser humano, pois evita queimaduras químicas perineais e odores urêmicos. Os seguintes aspectos anatômicos são conseqüência dessa atividade controladora:

**Localização.** O grande comprimento do ureter propicia tanto a posição elevada dos rins no abdome como a posição baixa da bexiga na bacia. Na pelve, a bexiga mantém uma distância de segurança dos rins, poupando-os dos efeitos deletérios de um eventual refluxo vesicoureteral.

A repleção vesical é um momento crítico. A bexiga cheia pode se romper diante de traumas na parede abdominal anterior. Esse risco é minimizado pela proteção do anel esquelético mais robusto do corpo, a *pelve óssea*.

**Forma.** *Véssica* é um termo latino que significa “bolsa” e origina as palavras *vesícula* ou *bexiga*. O termo manifesta adequadamente a morfologia sacular da bexiga, a qual exerce uma função de reservatório temporário. As fibras elásticas existentes na submucosa e no detrusor potencializam a capacidade de acúmulo do líquido, oferecendo a bexiga substancial poder de distensão e capacidade de suportar volumes aumentados de urina.



**Neuromusculatura.** As funções vesicais dependem da integridade dos seus elementos mioneurais. A distensão da bexiga desencadeia uma atividade inicial automática do detrusor, de natureza miógena, que pode ser controlada ou inibida pelos centros corticais superiores, com consequente controle consciente da micção. Entretanto, se houver acúmulo de quantidades de urina acima de sua capacidade total, a contração da musculatura torna-se involuntária para evitar o refluxo vesicoureteral.

A bexiga é capaz de acomodar volumes de até 500 ml urina sem aumento de sua pressão intraluminal. Quando ela atinge o enchimento total, o detrusor contrai-se até o completo esvaziamento de urina. Antes de iniciada a micção, há relaxamento do assoalho pélvico e do esfíncter estriado, a base da bexiga desce e o orifício vesical assume a forma de funil; em consequência, a resistência uretral diminui. Todo esse processo é seguido da contração voluntária e uniforme do detrusor, elevação da pressão intravesical para 20 a 40 cm de água e redução do volume da bexiga, resultando em um fluxo urinário de 15 a 30 ml/segundo. O encurtamento do detrusor é transmitido a elementos que lhe são contínuos. A ativação do esfíncter uretral interno causa a abertura do óstio homônimo, e o estiramento do trígono oclui os óstios ureterais, causando um fluxo unidirecional de urina no sentido da uretra.

Quando a bexiga está totalmente vazia, ocorre contração do assoalho pélvico e do esfíncter externo, elevando a base da bexiga e aumentando a pressão uretral com término da micção. A integridade das vias nervosas é essencial para o desencadeamento e a sincronia destas atividades.

Como no ureter, a importância da inervação motora da bexiga não é completamente compreendida, particularmente porque a atividade do detrusor é baseada na contratilidade intrínseca deste músculo. Parece que os nervos têm um efeito de regulação fina sobre o encurtamento dos miócitos lisos vesicais: na micção, a descarga parassimpática incrementa a contração do detrusor, enquanto que a simpática auxilia o fechamento dos óstios ureterais e relaxa colo da bexiga.

O segmento  $S_{2-4}$  é origem da inervação motora para o detrusor e esfíncteres uretrais. O trígono é a única estrutura parcialmente independente em sua inervação. Isso explica porque o segmento  $S_{2-4}$  é denominado *centro medular da micção*. Este centro se conecta ao córtex e ao mesencéfalo; através destas ligações, a inibição e o controle dos reflexos medulares pode ser mantida, de modo a tornar consciente o controle da micção.

Os nervos vesicais também se relacionam com a sensibilidade algica, térmica e tátil. As fibras da dor estão especialmente no componente parassimpático e são estimuladas por distensão, espasmo, inflamação ou doença maligna.

O mecanismo esfínteriano vesical consiste primariamente no esfínter uretral interno. Suas abundantes fibras musculares, de orientação circular, são diretamente contínuas com a camada externa do detrusor. O esfínter possui, além da inervação simpática predominante, um escasso componente parassimpático em comum com o detrusor e que reage simultaneamente com ele. O esfínter mantém o fechamento uretral através de seu tônus simpático; todavia, quando partilha a contração do detrusor, ele abre o canal e permite a micção.

**Ligamentos.** A bexiga é mantida em posição pela presença de ligamentos inseridos em sua base e no seu vértice. O restante do órgão é livre para se distender durante a expansão e contração do enchimento e esvaziamento. Desde que a bexiga esteja cheia, sua porção inferior, fixa, se abaula levemente, enquanto sua parede superior gradualmente se projeta para a cavidade abdominal, levando com ela o peritônio de revestimento, ao mesmo tempo em que se tornam arredondadas as bordas laterais e posterior.

Os ligamentos prendem a bexiga na parede óssea adjacente, evitando balanços rotacionais, de lateralidade ou crânio-caudais, durante a micção ou outros movimentos fisiológicos com locomoção, respiração, tosse, parto e defecação.

## URETRA

Esse canal serve para eliminar completa e rapidamente a urina e, no homem, o líquido seminal. A uretra feminina é puramente urinária. A uretra masculina, urinária e reprodutora, sendo esta essencial, e aquela de uso quase inteiramente peniano. A perda da uretra esponjosa prejudica pouco a micção masculina, mas afeta gravemente função de inseminação peniana.

**Forma.** A uretra é um tubo oco, com extremidades abertas unidas por um trajeto pérvio; constitui, portanto, ótima forma para eliminar o fluido urinário; sua extensão é curta e com o mínimo de tortuosidade, percorrendo a menor distância possível até o períneo; no sexo masculino, transita ao longo do eixo do pênis, o melhor atalho para a glândula.

**Esfínteres uretrais.** *Esfínteres* são feixes musculares que circundam zonas de secção circular, seja em torno de canais ou de orifícios naturais. Diferem de outros músculos porque em repouso estão contraídos, fechando o local que

envolvem; em atividade, determinada por estimulação nervosa, se relaxam, abrindo os canais que guarnecem.

No aparelho urinário baixo, os esfíncteres controlam a saída de urina pela uretra. Em repouso, fecham a uretra impedindo vazamento de líquido vesical e possibilitando o enchimento da bexiga; em atividade, liberam a passagem de urina.

O *músculo esfíncter da uretra* é de natureza estriada voluntária, faz parte do diafragma urogenital e circunda a porção média da uretra no sexo feminino e a uretra membranosa no masculino. As fibras deste esfíncter são de contração lenta (ao contrário da musculatura do assoalho pélvico, que é uma mistura de fibras rápidas e lentas), as quais são capazes de manter a contração durante períodos longos de tempo e contribuem para manter ativamente o tônus que fecha a uretra e mantém a continência urinária; no entanto, como esse esfíncter é uma estrutura tênue, o controle vesical parece depender totalmente do mecanismo do esfíncter uretral interno.

O esfíncter externo não é essencial para a continência embora contribua para a resistência uretral. Sua irritabilidade patológica ou espasticidade pode resultar em manifestações obstrutivas. O esfíncter externo é inervado pelos *nervos eringentes*, e não pelos pudendos, como geralmente descrito, distinguindo-os ainda mais do músculo levantador do ânus.

A porção periuretral do músculo levantador do ânus é formada pela junção, na linha mediana, da porção medial dos diafragmas pélvicos. Em ambos os sexos, essa porção está relacionada com a parede da uretra, mas estruturalmente é separada dela. Essas fibras periuretrais são inervadas pelo nervo pudendo e consistem de uma mistura de fibras de contração lenta e rápida, as primeiras atuando no fechamento prolongado da uretra durante períodos de não-micção. As fibras rápidas auxiliam o fechamento do colo vesical durante eventos que requerem a elevação curta e súbita da resistência da uretra, particularmente durante aumentos da pressão intra-abdominal. Esse efeito é mais importante na continência urinária no sexo feminino devido a menor espessura do esfíncter externo e a ausência de esfíncter uretral interno efetivo na mulher.

A inervação parassimpática e a orientação longitudinal das fibras musculares lisas sugerem que o músculo liso do colo vesical feminino é ativo durante a micção, servindo para aumentar ou reduzir o lúmen da uretra. O colo da bexiga e a parte proximal da uretra feminina possuem quantidade considerável de fibras elásticas em suas paredes que são significativas na produção da oclusão passiva da uretra. Esse é o único fator de importância responsável pelo fechamento da uretra na mulher continente.

A incontinência urinária pós-operatória não segue a excisão do colo da bexiga, uretra vesical e próstata, sugerindo que essas regiões fazem somente uma contribuição menor para a continência urinária.

**Colículo seminal.** No homem, a uretra atravessa obrigatoriamente a próstata com intuito de receber a descarga do sêmen através dos orifícios do *verumontanum* e dos seios prostáticos. Por meio dessas estruturas, as vesículas seminais, os canais deferentes e a próstata podem lançar suas secreções para o meio exterior.

**Glândulas uretrais.** Estas glândulas produzem secreção mucosa alcalina que lubrifica o urotélio e neutraliza a acidez da urina. Isso impede a dissolução ácida da parede uretral e a destruição de espermatozoides ejaculados pela urina.

---

# SISTEMA REPRODUTOR

---

*Por isso, deixa o homem pai e mãe e se une à sua mulher,  
tornando-se os dois UMA SÓ CARNE.  
(Gênesis 1:27-28)*

O *sistema reprodutor* é o conjunto de aparelhos que conferem ao ser humano a capacidade de gerar outros seres semelhantes a si mesmos. Esse sistema é formado pela *genitália* ou *aparelho genital masculino e feminino*.

O aparelho reprodutor em cada sexo, por sua vez, é constituído de duas partes, separadas entre si pelo *diafragma urogenital*: a *genitália interna* e a *genitália externa*. A primeira, situada na pelve menor, é formada na mulher pelos *ovários, trompas, útero e vagina*, e no homem pelos *testículos, epidídimos, canais deferentes, vesículas seminais e próstata*. A genitália externa, situada no períneo, é formada na mulher pelo *monte púbico, lábios maiores e menores, clitóris, bulbo do vestibulo, vestibulo e glândulas vestibulares maiores*, e no homem pelo *escroto, pênis e glândulas bulbouretrais*.

---

## A N A T O M I A

---

### ELEMENTOS COMUNS

Como o sistema reprodutor tem uma origem embriológica comum em ambos os sexos, existem diversas estruturas comuns entre as genitálias mascu-

lina e feminina, as quais tornam o homem e a mulher gêneros complementares em vez de opostos. Essas estruturas incluem os *diafragmas urogenital e pélvico*, o *nervo pudendo* e os *vasos gonadais*.

**Diafragma urogenital.** O diafragma urogenital é uma divisória incompleta atravessado pela uretra e, adicionalmente na mulher, pela vagina. Passa entre os ramos inferiores da pube e funde-se ao corpo do períneo na linha média, posteriormente. O diafragma urogenital é formado, de cima para baixo, de uma fáschia fina inominada, uma lâmina muscular e uma camada fascial espessa denominada *membrana do períneo*. A lâmina muscular é constituída pelos músculos esqueléticos *transverso profundo do períneo* e *esfincter da uretra*.

**Diafragma pélvico.** O diafragma pélvico é uma lâmina que separa a pelve do períneo, sendo formado pelos *músculos levantador do ânus* e *coccígeo* com suas fáschias de revestimento. O diafragma pélvico tem a configuração de um funil com ápice voltado para baixo, cujas bordas externas se apóiam contra as paredes pélvicas em um círculo que vai do dorso da sínfise púbica à face anterior do sacro na altura de S<sub>4</sub>. Seu ponto mais inferior, o ápice do funil, é um nodo fibromuscular, o *corpo do períneo*; este se localiza subcutaneamente logo adiante do ânus. O diafragma é atravessado pelo reto e uretra e, adicionalmente na mulher, pela vagina.

**Nervo pudendo.** O nervo pudendo (S<sub>2-4</sub>) fornece a inervação principal do períneo e da genitália externa. Ele tem um trajeto complexo, iniciando-se no plexo sacral, passando da pelve, rapidamente através da região glútea, ao longo da parede lateral da fossa isquioanal. No períneo o nervo se divide no *nervo retal inferior*, para o esfíncter externo do ânus e pele perianal, e no *nervo perineal*. Este se bifurca em um *ramo posterior*, para os músculos urogenitais e para pele escrotal/labial posterior, e um *ramo anterior*, o *nervo dorsal do pênis/clitóris*, o qual inerva o diafragma urogenital, perfura a membrana perineal, atravessa o ligamento suspensor do pênis/clitóris, alcança a face dorsal do pênis ou clitóris, suprindo-os sensitivamente.

O nervo pudendo é responsável pela condução do impulso nervoso do orgasmo a partir da genitália, proporcionando intenso gozo na cópula, o que tornar o coito excitante para ambos os sexos. A ausência de orgasmo possivelmente tornaria infrequente as relações sexuais e, assim, reduziria o índice de fecundação e de reprodução da nossa espécie.

**Vasos gonadais.** Estes vasos referem-se às *artérias* e *veias testiculares* no homem e *ováricas* na mulher. São vasos caracteristicamente sinuosos. A porção proximal de cada vaso gonadal corre sobre o músculo psoas maior e tem o mesmo trajeto em ambos os sexos. As diferenças começam a partir da abertura superior da pelve: os vasos ováricos correm medialmente, no *ligamento infundíbulo-pélvico*, para penetrar no hilo ovariano; já os vãos testiculares correm lateralmente, penetram o canal inguinal, atravessam o funículo espermático e terminam no testículo. Assim, os vasos testiculares são mais longos que os ováricos e apresentam um trajeto pélvico-perineal, extra.

No período inicial da vida fetal, quando os testículos e os ovários situam-se ao lado da coluna vertebral, abaixo dos rins, os vasos gonadais são curtos, mas se alongam com a subsequente descida das gônadas para o escroto ou pelve menor. Por isso, as *artérias gonadais* se originam das faces laterais da aorta abdominal na altura de  $L_2$ .

Várias pequenas veias emergem das gônadas, se anastomosam e formam uma rede venosa tortuosa denominada *plexo pampiniforme*, que se funde em uma única *veia gonadal*, a qual é dotada de válvulas. À direita, a veia gonadal termina em ângulo agudo na veia cava inferior, e à esquerda em ângulo reto na veia renal.

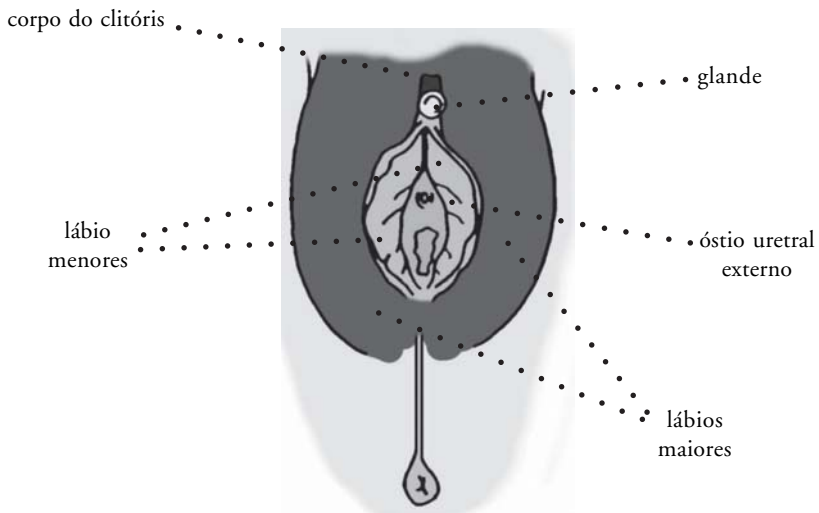
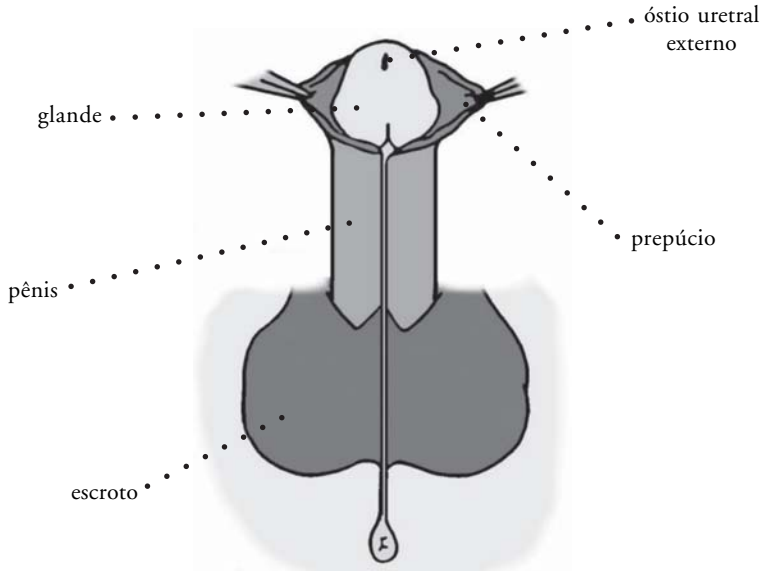
## ELEMENTOS SIMILARES

Diversas estruturas da genitália externa também têm correlações estreitas entre os sexos (figuras 59 e 60). Assim, há um *termo unissex* ou *comum* para designar a mesma estrutura indiferenciada, tanto para o homem quanto para a mulher (quadro 14).

O clitóris é um elemento erétil homólogo ao pênis, contendo todas as estruturas deste em uma forma atrofiada, exceto pela uretra ausente. Cada bulbo do clitóris da mulher é divergente e se localiza profundamente ao lábio menor; já no homem existem dois corpos cavernosos superficiais e paralelos no dorso do pênis. O escroto seria um lábio maior distendido pela presença do testículo. As eminências lábio-escrotais se fundem na linha mediana no homem e formam o corpo esponjoso e a uretra peniana, enquanto que na mulher permanecem afastadas e formam as ninfas.

Os testículos têm a mesma forma e tamanho dos ovários e, como estes, produzem gametas, os quais são conduzidos através de *ductos genitais* – deferente, ejaculatório e epidídimo no macho, e trompa e vagina na fêmea. O *gubernáculo do testículo* é um ligamento que conduz a descida da gônada ao

escroto, correspondendo aos ligamentos redondo e próprio do ovário no sexo feminino, os quais tracionam durante a vida intra-uterina e depois mantém o ovário na sua localização habitual na parede lateral da pelve, na adulta.



Figuras 59 e 60 - Genitália externa masculina (acima) e feminina (abaixo).



---

## FISIOLOGIA

---

As funções básicas da genitália são a *diferenciação sexual* e a *reprodução*. Resumidamente, estas funções são feitas por meio da *gametogênese*, *endocrinogênese*, *inseminação*, *proteção* e *pudor*.

**Gametogênese.** Essa função se refere à capacidade do aparelho reprodutor produzir células germinativas ou *gametas*: os *espermatozoides*, masculinos, e os *ovócitos*, femininos.

**Endocrinogênese sexual.** Essa função consiste na produção de hormônios esteroides, os *andrógenos* e *estrógenos*, que regulam as funções reprodutoras, o metabolismo celular, o crescimento, a diferenciação sexual e outras funções do corpo.

**Inseminação.** A inseminação é o conjunto de movimentos sexuais, voluntários ou involuntários, que levam à *fecundação* e à *fertilização*.

As funções de gametogênese e endocrinogênese são executadas pelas gônadas, e a de inseminação pelos demais componentes do aparelho reprodutor.

**Proteção.** A genitália interna está enclausurada pelo anel ósseo da pelve, enquanto que a externa escondida no espaço entre as coxas. Essa localização protegida previne danos por agressões externas e, corolariamente, evita dificuldades reprodutivas.

**Pudor.** O pudor é a sensação de constrangimento que ocorre com a nudez da genitália externa e, na mulher, com a exposição das mamas. O pudor constitui uma espécie de barreira cultural para limitar as relações sexuais e, assim, a reprodução indiscriminada.

<b>TERMOS COMUNS</b>		
<b>Estrutura</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>
gônada	testículo	ovário
ductos genitais	deferente, ejaculatório e epidídimo	trompa e vagina
glândular bulbar	bulbouretral	vestibular maior
vasos gonadais	testiculares	ováricos
órgão erétil	corpo cavernoso	bulbo do clitóris
eminência lábio-escrotal	escroto	lábio maior
<i>falus</i>	pênis	clitóris
prega uretral	uretra peniana	ninfas
ligamentos	gubernáculo do testículo	redondo e próprio do ovário

**Quadro 14** – Termos comuns.

---

# APARELHO GENITAL MASCULINO

---

*Criou, pois, Deus o homem à Sua imagem, a imagem de Deus o criou;  
homem e mulher os criou. E Deus lhes abençoou e disse:  
Sede FECUNDOS, multiplicai-vos, enchei a Terra [...]*

(Gênesis 1:27-8)

---

## ANATOMIA

---

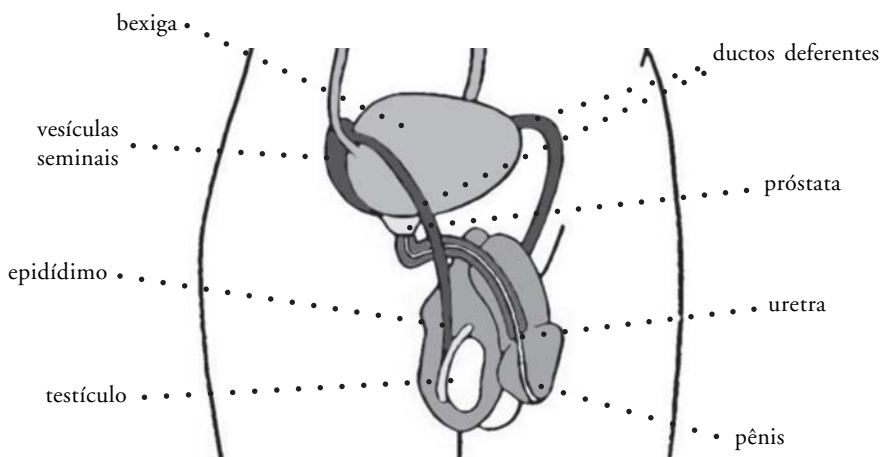


Figura 61 - Genitália masculina.

## GENITÁLIA INTERNA

### TESTÍCULOS

Os testículos são estruturas elipsoides que correspondem às *gônadas masculinas* ou aos *órgãos reprodutores masculinos primários*.

Os testículos medem aproximadamente 5 cm x 2,5 cm x 3 cm e seu peso varia de 10 a 15 gramas, e estão suspensos obliquamente no escroto pelo *fúnculo espermático*. Cada testículo tem um *pólo superior* inclinado antero-medialmente, um *pólo inferior* dirigido postero-medialmente. Sua *borda anterior* é convexa e a *borda posterior* é retilínea com o funículo espermático preso a ela. Os testículos possuem uma *face medial* e outra *lateral*, ambas lisas e convexas.

**Estruturas vestigiais dos testículos: apêndice do testículo e apêndice do epidídimo.** Na extremidade superior do testículo, logo abaixo da cabeça do epidídimo, está um diminuto *apêndice do testículo*, séssil e oval (figura 63). Este é um remanescente da extremidade superior do ducto de Müller que, na mulher, forma as trompas uterinas. Na cabeça do epidídimo, próximo ao apêndice do testículo, está um pequeno nódulo, o *apêndice do epidídimo*, considerado um ducto eferente não desenvolvido, portanto, um remanescente do ducto de Wolff.

**Envoltórios testiculares.** De fora para dentro, os testículos são revestidos pelas *túnicas vaginal, albugínea e vascular*.

A túnica mais externa, a vaginal, é a extremidade inferior do *processo vaginal do peritônio* que precede a descida do testículo fetal do abdome para o escroto. Após esta migração a parte proximal da túnica se oblitera, deixando um saco distal fechado invaginado no testículo e refletido da face interna do escroto, formado assim, as *lâminas visceral e parietal* separadas por um espaço virtual, a *cavidade vaginal*, revestida por mesotélio. Todo o testículo, exceto sua borda posterior, é revestido pela túnica vaginal.

A túnica albugínea é um denso revestimento branco-azulado constituído de feixes entrelaçados de fibras colágenas e miócitos lisos, e é revestido externamente pela lâmina visceral da túnica vaginal. A albugínea reveste a túnica vascular e, na margem posterior do testículo, se projeta anteriormente como um septo vertical incompleto chamado de *mediastino do testículo*. Do mediastino partem séptulos de volta à albugínea dividindo o testículo em *lóbulos* incompletos em forma de cone, com suas bases voltadas para a superfície do testículo e ápices convergindo para o mediastino.

A túnica vascular contém um plexo de vasos sustentados por delicado tecido conjuntivo, estendendo-se sobre a face interna da albugínea e revestindo os séptulos e lóbulos. Em conjunto, as túnicas albugínea e vascular formam a *cápsula testicular*, um conceito justificado pela demonstração de um elemento contrátil nesta estrutura amplamente fibrosa e rica em miócitos lisos contráteis.

**Neurovasculatura.** O testículo origina-se no mesonefro fetal na altura de L<sub>2</sub> e arrasta seu suprimento neurovascular desta região quando desce para sua posição definitiva no escroto. A dor proveniente do rim frequentemente é referida no escroto e, inversalmente, a dor testicular pode se irradiar para os lombos.

Os testículos são órgãos da parede abdominal posterior. Portanto, sua neurovasculatura vem desta região. Os *vasos testiculares* são acentuadamente contorcidos. Seus capilares fenestrados participam da *barreira hematotesticular*, pois não penetram na parede dos túbulos seminíferos, sendo separados dos gametas e sustentócitos pela membrana basal e pelo tecido intersticial testicular, em cujo nível ocorrem os fenômenos de troca de androgênios e substâncias imunes.

O *plexo pampiniforme* constitui o principal volume do funículo espermático e é uma rede tortuosa formada pela junção das veias do testículo e do epidídimo; o plexo transita para cima no funículo e, após penetrar no abdome, se transformam em uma única veia. À esquerda, esta veia desemboca em ângulo reto na veia renal e à direita, em ângulo agudo na veia cava inferior. As *varicoceles* são varizes que afetam o plexo pampiniforme.

Os nervos são derivados do *plexo renal e aórtico* e acompanham os vasos.

## EPIDÍDIMO

O epidídimo é um canal tortuoso que forma a primeira parte da via eferente dos testículos. É muito pregueado e compactado para formar uma longa massa estreita de 7 cm de extensão, inserida na borda posterior do testículo. O epidídimo possui um *corpo* central, uma *cabeça* superior dilatada e uma *cauda* inferior pontiaguda.

## DUCTO DEFERENTE

O ducto ou vaso deferente é um canal de 45 cm de extensão que corresponde à continuação distal do epidídimo, começando tortuosamente em sua cauda. Retifica-se subindo na margem posterior do testículo, passa

pelo funículo espermático e atravessa a parede abdominal anterior através do canal inguinal, penetra na pelve, cruza a terminação do ureter e converge para baixo e medialmente entre a bexiga, reto e vesículas seminais. Nessa porção final, o deferente se torna dilatado e tortuoso formando uma *ampola do ducto deferente*.

Os ductos deferentes terminam na base da próstata, onde se une aos ductos das vesículas seminais para formar canais de 2 cm de comprimento, os *ductos ejaculatórios*, os quais desembocam no colículo seminal.

Devido a sua parede espessa e ao seu pequeno lúmen (exceto na ampola) o deferente se mostra como um cordão endurecido à palpação.

## FUNÍCULO ESPERMÁTICO

À medida que o testículo migra através do canal inguinal para o escroto, ele arrasta sua neurovasculatura e seu canal excretor. Essas estruturas formam o *funículo espermático*, que adquire os revestimentos das camadas da parede abdominal que atravessam. De dentro para fora, elas são as *fâscias espermáticas* (1) *interna*, derivada da fâscia transversal, (2) *média*, derivada dos músculos cremaster e oblíquo interno, e (3) *externa*, derivada do músculo oblíquo externo (figuras 62 e 63). Assim, o funículo forma um envoltório tubular para o testículo semelhante a um dedo de luva, desde o anel inguinal profundo até o escroto.

A *regra dos três* facilita a memorização do conteúdo do funículo. São três itens formados de três elementos: (1) *artérias*: testicular, cremastérica e deferencial, (2) *nervos*: ilioinguinal (estritamente, sobre e não dentro do funículo), cremastérico e plexo simpático espermático, e (3) *outras estruturas*: ducto deferente, plexo pampiniforme e vasos linfáticos (que drenam o testículo para os linfonodos aórticos).

## VESÍCULAS SEMINAIS

As vesículas seminais, de cerca de 5 cm de extensão, são glândulas em forma de clava situadas entre o reto e o fundo da bexiga. Cada vesícula tem uma *extremidade superior*, maior e arredondada, dirigida para cima e lateralmente, e uma *extremidade inferior*, menor e afilada, dirigida para baixo e medialmente. Em conjunto, as duas vesículas seminais formam um V atrás e acima da próstata, tendo a ampola do ducto deferente paralela às suas bordas mediais.

Cada vesícula seminal é um único tubo contorcido de 10 a 15 cm de extensão e de 4 mm de diâmetro, com divertículos irregulares ligados por tecido fibroso, que converge para a base da próstata e se une ao deferente para formar o ducto ejaculatório.

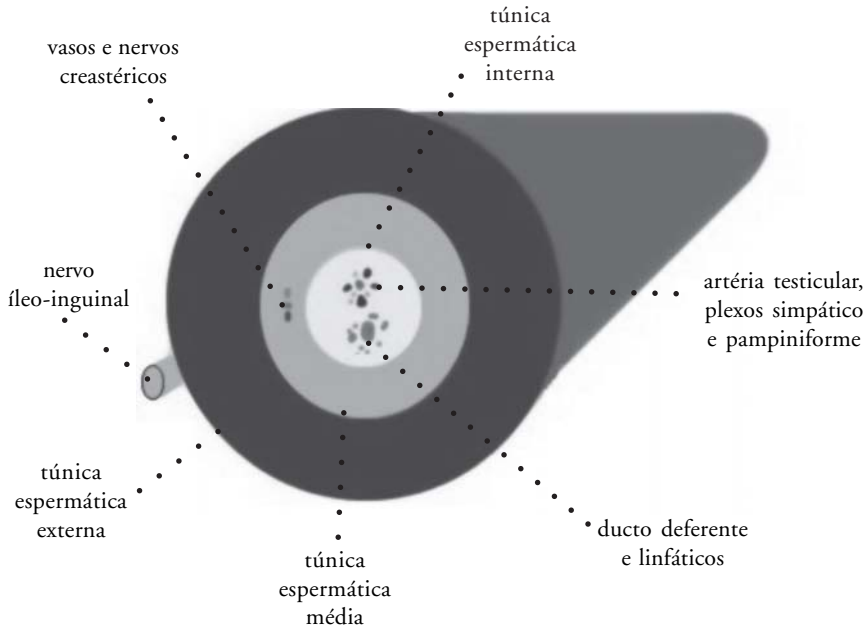


Figura 62 - Representação esquemática do funículo espermático direito.

## PRÓSTATA

A próstata é um corpo denso miofibroglandular, medindo 3 cm x 2 cm e pesando 8 a 10 gramas. Os *ductos ejaculatórios* penetram na parte póstero-superior da próstata para se abrirem no *colículo seminal* ou *veromontanum*, de cada lado do utrículo, limitando o *lobo mediano*, que se situa na linha média, posteriormente início da uretra prostática, limitada por esta e pelos ductos ejaculatórios.

Um sulco mediano posterior raso divide ainda mais a próstata em *lobos direito e esquerdo*, os quais formam a massa principal do órgão. O *istmo* ou *lobo anterior* é uma faixa fibromuscular na frente da uretra prostática, sem praticamente tecido glandular. Esta lobação da próstata se tornou importante para a detecção clínica de tumorações da glândula.

A próstata prolonga-se superiormente com a bexiga. Inferiormente, seu ápice se liga ao diafragma urogenital e ao centro tendíneo do períneo. Lateral-

mente, situa-se o músculo levantador do ânus. Anteriormente, está a sínfise púbica separada da próstata por gordura extraperitonal do espaço retropúbico. O *ligamento puboprostático* passa para frente, ligando a próstata ao púbis. Posteriormente, está o reto separado pelo septo retovesical da próstata.

Após os 45 anos de idade, a próstata pode sofrer hipertrofia benigna, com seu tamanho aumentando até a morte, ou alternativamente, pode atrofiar progressivamente.

## GENITÁLIA EXTERNA

### GLÂNDULAS BULBOURETRAIS

As glândulas bulbouretrais são duas massa arredondadas, lobuladas, de 1 cm de diâmetro, localizadas lateralmente à uretra membranácea, dentro do diafragma urogenital, envolvidas por fibras do músculo esfíncter da uretra. O ducto excretor de cada uma, de quase 3 cm, se dirige para frente e se abre na uretra esponjosa, 2,5 cm adiante do bulbo do pênis.

### ESCROTO

O escroto é um saco cutâneo fibromuscular que contém os testículos e a terminação dos funículos espermáticos, pendendo entre as faces ântero-mediais das coxas (figura 63). A pele do escroto é pigmentada, fina, apresentando poucos pêlos crespos e numerosas glândulas sudoríparas e terminações nervosas que respondem à estimulação mecânica e térmica.

O tecido adiposo subcutâneo é ausente no escroto, sendo substituído por uma fina camada muscular lisa, o *dartos*. Este está aderido à pele, conferindo a ela um aspecto enrugado, mas está ligado às partes subjacentes por tecido conjuntivo frouxo delicado, dando ao escroto uma acentuada independência. O *dartos* forma o *septo do escroto*, o qual divide o saco em duas cavidades laterais.

Densos plexos vasculares subcutâneos no escroto levam um substancial fluxo de sangue que, associados a calibrosas anastomoses arteriolenulares, causam perda de calor.

### PÊNIS

O pênis é o órgão masculino da cópula, e tem a forma de estaca (figura 63). É formado de três cilindros eréteis, os dois *corpos cavernosos* e um *corpo esponjoso*. Todos estes corpos são embainhados por tecido fibroso e pele e contêm em seu interior uma rede de pequenas cavidades venosas intercomunicantes.



Na linha medioventral do pênis está o *corpo esponjoso* contendo a uretra. Este corpo é fixado ao diafragma urogenital pelo *músculo bulboesponjoso* e dilatado em suas extremidades anterior e posterior para formar a *glande* e o *bulbo*, respectivamente. De cada lado, dorsalmente, estão os *corpos cavernosos*. Suas extremidades posteriores, os *ramos do pênis*, são afiladas e divergentes e fixam-se à pube pelo *músculos isquiocavernosos*. Anteriormente, os corpos cavernosos terminam em uma ponta arredondada que se encaixa na parte detrás da glande.

A *raiz do pênis* é formada pelos ramos e bulbo do pênis, que são as extremidades posteriores dos corpos eréteis, mergulhadas na parede do períneo. O *corpo do pênis* contém os 2/3 anteriores dos corpos eréteis e é a parte móvel que se projeta da superfície corpórea. O dorso do corpo do pênis é unido à parede abdominal inferior por duas cordas elásticas sobrepostas, os ligamentos *fundiforme* e *suspensor do pênis*. O *ápice do pênis* é a extremidade anterior livre do órgão; no seu topo está o óstio uretral externo. O ápice tem a forma de cogumelo e corresponde à glande.

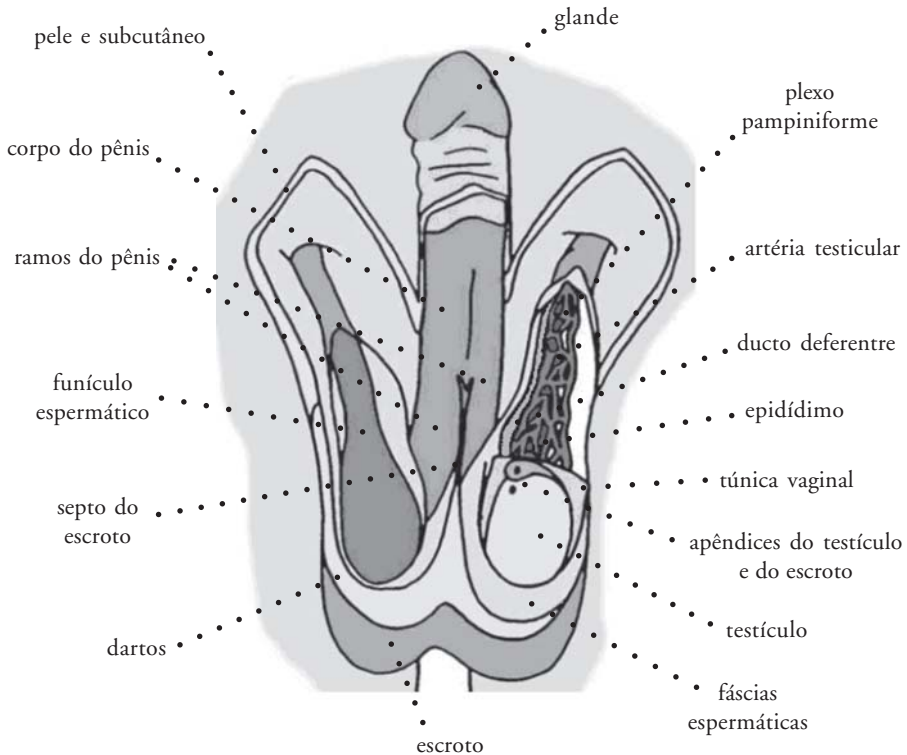


Figura 63 - Pênis, escroto e funículos espermáticos.

A pele peniana é fina, escura, amplamente móvel e destituída de gordura subcutânea. Forma, em torno da base da glândula, uma prega denominada *prepúcio*. Na linha mediana, ventralmente, o prepúcio se une à glândula por meio de uma pequena e elástica prega cutânea chamada de *freio do pênis*. Um clitóris hiperdesenvolvido pode ser diferenciado de um pênis não desenvolvido pelo freio na superfície ventral do falo. Nos homens, há somente um freio na linha mediana, enquanto nas mulheres, existem dois, cada um lateral à linha mediana.

As artérias que suprem o pênis saem especialmente das *artérias profundas do pênis*, uma de cada lado. Essas artérias se originam das artérias ilíacas internas, perfuram o envoltório fibroso do pênis, penetram nas trabéculas e se abrem nas cavernas através de capilares de artérias retilíneas ou contorcidas (*helicinas*). As veias drenam as cavernas através das veias dorsais profundas do pênis para o *plexo venoso prostático*, na pelve.

---

## MICROANATOMIA

---

### GENITÁLIA INTERNA

#### TESTÍCULOS

Os testículos são revestidos externamente pelo mesotélio da túnica vaginal. Internamente, estão 200 a 300 lóbulos, cada um com 1 a 3 *túbulos seminíferos* de 0,2 mm de diâmetro e 70 a 80 cm de comprimento.

**Túbulos seminíferos.** Os túbulos seminíferos são contorcidos para se acondicionar dentro da gônada; cada testículo possui 400 a 600 deles.

Histologicamente, os túbulos seminíferos são formados de um *epitélio germinativo* ou *seminífero* sobre uma lâmina basal. O epitélio germinativo é formado de *células espermatogênicas* e *células de sustentação*. As primeiras se dispõem em cerca de oito camadas, ao longo de um *ciclo espermatogênico* de cinco estágios: *espermatogôneas*, *espermatócitos I e II*, *espermátides* e *espermatozoides*. Todas essas células são unidas por pontes citoplasmáticas que permitem trocas de moléculas informacionais para a coordenação da espermatogênese. As modificações que ocorrem entre o estágio de espermatogônea e a formação de espermatozoide levam cerca de 60 dias.

**EspERMatozoIdes.** Os espermatozoides são células alongadas com cerca de 60 µm de extensão. Eles têm uma forma semelhante a um girino, sendo seu corpo dividido em três zonas: *cabeça, colo e cauda*.

A cabeça mede cerca de 10% da extensão do espermatozoide. Ela é formada especialmente pelo núcleo, o qual é encapsulado por uma vesícula densa, o *acrossoma*. O restante da cabeça é formado por uma fina orla de citoplasma envolvido pela membrana plasmática da cabeça.

O colo do espermatozoide mede também cerca de 5% da extensão do espermatozoide e forma a parte central da célula. O colo é formado por uma lamela de citoplasma que envolve uma grande mitocôndria espiralada que, por sua vez, se enrosca na parte inicial do flagelo do espermatozoide.

A cauda forma cerca de 80% da extensão do espermatozoide e é formado pela parte distal do flagelo.

**Células de Sertoli.** *Epiteliócitos sustentculares* ou *de sustentação, sustentócitos* ou *células de Sertoli* são elementos não germinativos de forma irregularmente colunar que revestem toda a membrana basal dos túbulos seminíferos. Seus citoplasmas apresentam recessos onde se encaixam células germinativas; isto sugere que os sustentócitos mantêm a coesão do epitélio e exercem uma influência metabólica sobre os elementos germinativos.

À medida que as espermátides amadurecem, elas se movem a partir dos sustentócitos, no início amplamente engastadas ao seu citoplasma por uma especialização juncional, a qual migra juntamente com os espermatozoides, até que estes sejam liberados no lúmen dos túbulos seminíferos como espermatozoides maduros.

**Células de Leydig.** O tecido intersticial do testículo é formado de tecido conectivo entre os túbulos seminíferos, vasos e nervos. Este tecido contém grandes células poliédricas denominadas *endoteliócitos intersticiais* ou *células de Leydig*, que constituem cerca de 20% da massa testicular.

## EPIDÍDIMO

No ápice dos lóbulos dos testículos, os túbulos seminíferos assumem um trajeto reto e se unem em 20 a 30 *túbulos retos* maiores de 0,5 mm de diâmetro. Esses penetram no mediastino do testículo, formando uma rede anastomótica fechada, na extremidade superior do mediastino, a *rede testis*.

Dessa rede partem 13 a 20 *dúctulos eferentes*, que perfuram a albugínea e passam para a cabeça do epidídimo, onde desembocam em um único *ducto do epidídimo*, cujas alças formam o corpo e a cauda do epidídimo. Com as alça desenroladas, o ducto do epidídimo mede 4 a 6 metros, aumentando de espessura até a cauda, onde se transforma em canal deferente. Assim, o corpo e cauda do epidídimo são um único tubo.

## DUCTO DEFERENTE

A espessa túnica muscular do ducto deferente é constituída de miócitos não estriados que formam três camadas entrelaçadas. O epitélio é colunar e dotado de estereocílios. O deferente possui sua própria artéria, a *deferencial*, a qual se anastomosa com a artéria testicular, desse modo também suprindo o epidídimo e o testículo.

## VESÍCULAS SEMINAIS

As vesículas seminais apresentam um epitélio colunar rico em células caliciformes, cuja secreção forma parte do líquido seminal. Sua camada média é formada de musculatura lisa mais delgada do que a do deferente.

## PRÓSTATA

A próstata é envolvida externamente por uma cápsula fibrosa aderente, que se prolonga internamente como *septos fibroglandulares* que circundam o tecido glandular.

O tecido muscular da próstata é do tipo liso e se continua proximalmente com o músculo detrusor da bexiga.

O tecido glandular é formado de *folículos* que se abrem em canais que se unem para formar 15 a 20 *ductos prostáticos* excretores. Estes se abrem no *seio prostático* da uretra. O epitélio da próstata é colunar e suas células possuem microvilos luminiais e lisosomas contendo fosfatase ácida.

As glândulas prostáticas são tubuloalveolares compostas. Elas não se dispõem no padrão dos lobos macroscópicos, mas formam três zonas concêntricas periuretrais: *mucosa* ou *central* (25% das glândulas), *submucosa* ou *média* (5% das glândulas) e *periférica* ou *principal* (70% das glândulas). O câncer afeta quase que exclusivamente a zona periférica, com a média sendo propensa à hipertrofia benigna. Tais aumentos podem causar dificuldades de micção por obstrução da uretra.

As glândulas prostáticas estão concentradas nos lobos laterais e médio. A hipertrofia da próstata jamais atinge o istmo porque esse possui uma quantidade insignificante de tecido glandular.

## GENITÁLIA EXTERNA

### GLÂNDULAS BULBOURETRAI

As glândulas bulbouretrais são formadas de *lóbulos* envolvidos por uma cápsula fibrosa contendo glândulas mucosas tubuloaveolares compostas. A porção secretora e os ductos das glândulas bulbouretrais são revestidos por células epiteliais colunares.

### PÊNIS

De dentro da bainha fibrosa que envolve os corpos eréteis do pênis, a *túnica albugínea*, partem *trabéculas* formadas de fibras colágenas e elásticas e músculo liso. As trabéculas dividem os corpos eréteis em cavidades revestidas por endotélio. Se essas cavidades forem grandes, elas formam, em conjunto, o *tecido cavernoso*, e se forem pequenas, o *tecido esponjoso*.

## FISILOGIA

Os testículos têm a função de produzir *espermatozoides* e *androgênios*.

### GAMETOGÊNESE

**Espermatozoides.** A produção de espermatozóides começa em torno do 13º ano de vida e prossegue na maior parte da vida. Esta produção ocorre nos túbulos seminíferos, sendo controlada por via endócrina por meio da ação dos *hormônios hipofisários gonadotróficos* – LH e FSH – *estrogênios* e *hormônio do crescimento*. O LH (*hormônio luteinizante*) estimula a secreção de testosterona pelas células intersticiais, enquanto que o FSH (*hormônio foliculo estimulante*) age sobre a linhagem germinativa e sobre as células de Sertoli, estimulando as últimas a produzir a proteína ligadora de androgênios e a testosterona. Quando em elevados níveis, a testosterona exerce efeito recíproco de reduzir a libe-

ração de LH por meio da inibição da secreção do *hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH)* pelo hipotálamo.

Os espermatozoides possuem metade dos genes de uma célula somática, de modo que apenas 50% das características do futuro feto provêm do pai, enquanto que a outra metade origina-se do ovócito da mãe. O sexo do concepto será de acordo com a fertilização pelo *espermatozoide masculino* (que contém o cromossoma Y) ou *feminino* (que contém o cromossoma X).

Após a formação, os espermatozoides não ejaculados precisam de vários dias para percorrer os 6 metros do tubo enrolado que é o epidídimo. Os espermatozoides que saem do testículo são imóveis, desenvolvendo alguma motilidade apenas depois de 18 a 24 horas de armazenados ou imediatamente após a ejaculação, em um processo chamado de *maturação*. Os testículos produzem cerca de 120 milhões de espermatozoides, ficando a maioria armazenada no deferente por cerca de trinta dias. Durante esse período são mantidos inativos por substâncias inibitórias contidas na secreção dos ductos. Se houver ejaculações frequentes, o armazenamento dura alguns dias.

O acrossoma do espermatozoide é um lisosoma apical. Ele apresenta várias enzimas, entre elas colagenase, hialuronidase, protease, fosfatase ácida e neuraminidase. Ao atingir o óvulo, o acrossoma sofre uma *reação acrossômica*, a qual leva a lise de sua membrana, com a liberação do conteúdo enzimático. Isso cria um orifício, por dissolução local da parede do óvulo, por onde o DNA haplóide do espermatozoide é injetado. Em cerca de trinta minutos após sua penetração na vagina, o espermatozoide alcança o óvulo na trompa, fundindo os materiais genéticos masculino e feminino para formar um novo genoma (*fertilização*). A reação acrossômica só se realiza se os espermatozoides permanecerem algum tempo na genitália feminina, antes da fertilização, para sofrerem o processo de *capacitação*.

O flagelo do espermatozoide é muito longo e está na extremidade oposta ao acrossoma. Ele é o elemento propulsor do espermatozoide. O flagelo usa a energia produzida pela mitocôndria que rodeia sua parte inicial, usando como combustível a frutose produzida pelas glândulas anexas da genitália masculina. O espermatozoide se desloca com a velocidade de 1 a 4 mm/minuto, graças aos ativos movimentos natatórios de chicotada de seu flagelo.

**Sustentócitos.** As células de Sertoli têm pelo menos cinco funções descritas: (1) fornecer suporte e controlar a nutrição dos espermatozoides através da regulação da passagem dos nutrientes trazidos pelo sangue; (2) fagocitar e digerir fragmentos que se desprendem das espermátides; (3) secretar um flui-

do cuja correnteza leva os espermatozoides. A secreção das células sustentaculares é estimulada pelo FSH. Essa secreção contém a *proteína ligadora de androgênios* (PLA), que se liga à testosterona, aumentando a concentração deste hormônio nos túbulos seminíferos onde ele é necessário à espermatogênese; (4) *barreira hematotesticular*: as células de Sertoli vizinhas são unidas entre si pelas bases por junções oclusivas, as quais isolam as células germinativas mais maduras de moléculas estranhas trazidas pelo sangue; (5) na vida fetal os sustentócitos secretam um hormônio glicoproteico que causa a atrofia do ducto de Müller.

As células de Sertoli também secretam um hormônio glicoproteico chamado *inibina*, que deprime a secreção de FSH e, assim, retarda a espermatogênese. O efeito da inibina opera sinergicamente com o mecanismo de retroalimentação negativo da testosterona.

**Termorregulação testicular.** A temperatura interna do corpo cria um ambiente muito quente para a espermatogênese adequada. Assim, um arranjo complexo é necessário à termorregulação testicular para a manutenção da fertilidade.

A variação ótima para a espermatogênese é mantida por diversos mecanismos. A temperatura escrotal está cerca de três graus abaixo da abdominal. Esta hipotermia testicular é favorecida pela presença de pêlos escrotais escassos, glândulas sudoríparas desenvolvidas e numerosas, e ausência de gordura subcutânea. A área radiante da pele do escroto, muito vascularizada, é reduzida em condições frias pela contração do dartos. A contração dos músculos cremasteres, aproximando os testículos do períneo, podem conservar calor. Há *troca por contracorrente de calor* entre as artérias e veias do funículo espermático, onde ambas são contorcidas e em íntima justaposição; através deste mecanismo, o sangue distribuído à gônada é pré-resfriado e há troca de gases e diversas substâncias entre as artérias e veias testiculares.

A necessidade de termorregulação explica diversos aspectos anatômicos do testículo. Sua localização extra-abdominal proporciona menor aquecimento dos túbulos seminíferos. A vulnerabilidade dessa posição é reduzida pela localização dos testículos entre as coxas. A comprida neurovasculatura testicular ocorre pelo arrastamento e alongamento dos nervos e vasos espermáticos durante a migração embrionária da gônada. A túnica vaginal, resquício desta migração, possibilita ampla mobilidade da glândula no escroto, acomodando o testículo no períneo em uma posição que escorrega constantemente da zona de contato entre as coxas, tanto no repouso quanto na locomoção.

## ENDOCRINOGENESE SEXUAL

As células de Leydig têm um efeito masculinizante pela produção de testosterona, após estímulos do LH e do FSH. Os androgênios estimulam o crescimento e a atividade das glândulas reprodutoras acessórias masculinas e mudanças sexuais na puberdade, como crescimento de pêlos faciais, axilares e púbicos, aumento da laringe e seios paranasais e acentuado crescimento mioesquelético.

A atividade e quantidade das células intersticiais dependem do estímulo hormonal. Durante a gravidez, a passagem de *gonadotrofina coriônica humana* (hCG) para o feto estimula as células intersticiais a produzir testosterona. Este hormônio é importante para a descida dos testículos e diferenciação embriológica da genitália masculina.

Após o nascimento, as células de Leydig tornam-se quiescentes, voltando a atividade na puberdade com o estímulo do LH, que é o principal responsável pelo controle de secreção de testosterona. Nesse período, a testosterona determina o desenvolvimento das características sexuais secundárias: aumento da pilificação, engrossamento da voz por crescimento da laringe, aumento da secreção de gordura pelas glândulas sebáceas cutâneas, levando frequentemente ao desenvolvimento de *acne*, aumento da síntese de proteínas, levando ao crescimento mioesquelético e metabólico basal e aumento da volemia e do hematócrito. Após os 50 anos, a secreção de testosterona diminui bastante, atingindo 20 a 50% do valor após os 80 anos.

## INSEMINAÇÃO

A cápsula testicular contrátil tem a função de massagear e bombear os ductos testiculares, empurrando os espermatozoides para frente.

Os ductulos eferentes são revestidos por epitélio colunar ciliado. Seus cílios movimentam-se ativamente, deslocando os espermatozoides em direção ao epidídimo.

O epitélio do ducto do epidídimo é pseudo-estratificado, apresentando células prismáticas que apresentam microvilos longos e irregulares. Essas células fagocitam e digerem fragmentos ou espermatozoides inteiros não ejaculados. Também absorvem 99% do fluido que deixa o testículo, e são secretoras, criando condições favoráveis para a sobrevivência dos espermatozoides.

Os ductos genitais e as glândulas acessórias produzem secreções que, ajudadas pela contração da musculatura lisa, impulsionam os espermatozoides para o exterior. Essas secreções também oferecem nutrientes para os espermatozoides.



A musculatura lisa dos ductos epididimais e dos vasos deferentes garantem contrações peristálticas reflexas para a emissão seminal.

As vesículas seminais se contraem durante a ejaculação logo após o deferente esvaziar os espermatozoides, eliminando uma secreção amarelada nos ductos ejaculatórios. Isso aumenta acentuadamente a qualidade e o volume do sêmen.

A secreção das vesículas é estimulada pela testosterona. É alcalina de modo para proteger o espermatozoide da acidez uretral e contém diversas substâncias ativadoras de espermatozoides, como a frutose, uma fonte de energia para os gametas, e uma coagulase, uma enzima que confere ao sêmen uma consistência gelatinosa, fundamental para o deslocamento do espermatozoide e seu isolamento da acidez urinária. A coagulase faz com que o fibrinogênio do líquido da vesícula seminal forme um coágulo que mantém o sêmen nas regiões mais profundas da vagina. Esse coágulo dissolve-se nos próximos trinta minutos pela ação da fibrinolisinase, o que liberta espermatozoides altamente móveis.

O líquido seminal também possui prostaglandinas, citrato e inositol. Acredita-se que as prostaglandinas tornam o muco cervical mais receptivo ao espermatozoide e estimulam contrações peristálticas reversas no útero e trompas, no intuito de aspirar os espermatozoides em direção aos ovários. Esse efeito é tão marcante que os espermatozoides conseguem alcançar as extremidades superiores das tubas em apenas cinco minutos.

As vesículas seminais não são reservatórios para espermatozoides, com estes sendo armazenados no epidídimo e na ampola do ducto deferente.

Durante a emissão, a cápsula prostática contrai-se simultaneamente ao deferente de modo que a secreção alcalina, rala e leitosa produzida pela próstata é acrescentada ao sêmen. A alcalinidade neutraliza, no sêmen, o baixo pH da urina e das secreções vaginais.

## SÊMEN

O *sêmen* ou *esperma* é o líquido ejaculado pelo homem. É formado de secreção e espermatozoides armazenados no ducto deferente (10%), secreções das vesículas seminais (60%), da próstata (30%) e das glândulas bulbouretrais. Seu aspecto leitoso é devido ao líquido da próstata e a consistência mucoide devido à secreção das vesículas seminais.

Cada mililitro de esperma contém 35 a 200 milhões de espermatozoides. Em média são ejaculados 3,5 ml contendo 400 milhões deles. Por razões

desconhecidas, são necessários tantos gametas para que apenas um faça a fertilização.

A secreção das glândulas bulbouretrais forma uma parte muito reduzida do líquido seminal, de modo que a exata fisiologia dessas glândulas é incerta.

## ORGASMO MASCULINO

A relação sexual propriamente dita, e a conseqüente introdução do pênis na vagina – a *penetração* –, é precedida, no homem, pelo *desejo sexual e pela ereção*.

A ereção é o primeiro efeito da estimulação sexual masculina. É causada por descargas parassimpáticas do plexo pélvico, a partir da medula sacral. Ocorre vasodilatação da rede arterial levando rapidamente o sangue para o interior das cavernas através das artérias helicinas, enquanto ocorre oclusão parcial do efluxo venoso. O sangue fica represado, distendendo os corpos eréteis contra a rígida albugínea, o que causa significativo alongamento e enrijecimento peniano. A ereção é puramente vascular e independe da compressão feita pelos músculos bulbo e isquiosponjosos.

Durante a penetração, a fonte mais importante de impulsos sexuais é dada pela glândula peniana. A ação de massagear com movimentos deslizantes sobre a glândula gera impulsos sensoriais sexuais, os quais seguem pelo nervo pudendo ao plexo sacral e medula espinhal até chegarem a áreas ainda não identificadas do cérebro. Estímulos psíquicos podem aumentar acentuadamente a quantidade de impulsos sexuais.

O orgasmo masculino é uma sensação arrebatadora de gozo causada pela sucessão de dois atos reflexos: a *emissão* e a *ejaculação*. Estes fenômenos são desencadeados por impulsos simpáticos liberados da medula lombar, através do plexo pélvico, quando o estímulo sexual fica intenso.

A emissão é a formação do sêmen a partir da contração sucessiva do ducto deferente, próstata e vesículas seminais. O enchimento da uretra estimula o nervo pudendo a contrair os músculos que comprimem a base do pênis (bulbo e isquiocavernoso), levando a aumentos rítmicos da pressão intrauretral e expulsão em jato do sêmen (*ejaculação*). Prolongamentos proximais do músculo esfíncter da uretra que se prendem à crista uretral puxa-na para trás e os seios prostáticos para frente, dilatando a uretra: sêmen adicional (3 a 5 mililitros) pode ser expelido na uretra assim expandida durante o período de excitação que precede a ejaculação.

Na cópula a ejaculação “semeia” o esperma no local mais profundo da vagina, os fôrnices vaginais. Estes funcionam como reservatórios temporários até que os espermatozoides sejam liberados do coágulo seminal, pela ação da fibrinolisin. Após o orgasmo, a excitação sexual masculina desaparece e o pênis volta ao seu estado de repouso.

## **CORRELAÇÕES ANÁTOMO-FISIOLÓGICAS**

O pênis é um das poucas estruturas do organismo, juntamente com o nariz externo e os testículos, que não está embutida na parede do corpo. Isto pode explicar porque na maior parte do tempo o órgão permanece flácido e encolhido. É que o pênis ereto, maior e mais pesado, se expõe mais no perineo e, assim, torna-se mais sujeito a lesões traumáticas.

Na relação sexual, o pênis penetra na vulva e atua como canal de sementeira. A ereção torna o órgão rijo e capaz de entrar sem dobras na vagina. O longo comprimento atravessado pela uretra garante a penetração do membro viril e a colocação profunda do esperma na genitália feminina durante o coito. A forma de haste permite o perfeito encaixe do pênis no canal vaginal. A morfologia ogival da glândula propicia uma penetração peniana mais suave, com mínimo traumatismo.

Um critério muito útil para avaliar a função de pênis de tamanho reduzido, como o de crianças, é a capacidade de se urinar em pé. É incrível como um pênis curto pode realizar eficientemente essa tarefa, embora sua capacidade de penetração seja reduzida.

A localização perineal do pênis exige, na cópula, um contato exato, íntimo e prolongado com o sexo oposto, o que causa uma maior ou menor dificuldade na penetração do pênis na vagina. Isso funciona como um certo obstáculo para impedir relações sexuais fortuitas e, assim, para minimizar o risco de reprodução explosiva da espécie humana.



---

# APARELHO GENITAL FEMININO

---

*Ouvistes o que foi dito: não adulterarás. Eu, porém, vos digo: qualquer que olhar para  
uma MULHER com intenção impura, no coração, já adulterou com ela.*  
São Mateus 5:27-8)

---

## ANATOMIA

---

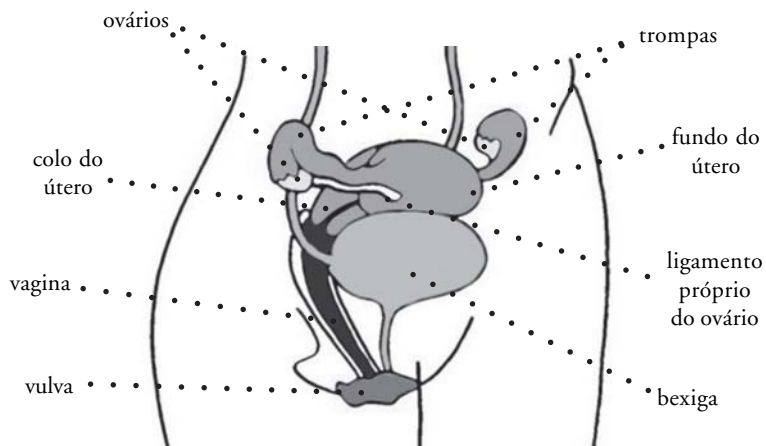


Figura 64 - Genitália feminina.

## GENITÁLIA INTERNA

### OVÁRIOS

Os ovários são corpos amigdaloides homólogos aos testículos. Os ovários se situam aos lados do útero, medem 3 cm x 1,5 cm x 1 cm, pesam cerca de 10 gramas e têm coloração róseo-acinzentada.

Cada ovário ocupa a *fossa ovárica* na parede lateral da pelve, limitada anteriormente pela artéria umbilical obliterada e posteriormente pelo ureter e artéria ilíaca interna.

Na mulher nulípara, na posição ereta, o ovário apresenta um maior eixo vertical, uma *face lateral* e outra *medial*, uma *borda anterior* e outra *posterior*, e um *pólo superior* ou *tubal* e um *pólo inferior* ou *uterino*. Ambas as faces do ovário são lisas e convexas; a face lateral está em contato com o peritônio da fossa ovárica, e a medial é coberta pela tuba uterina. O pólo superior dirige-se para cima e está em contato com a infundíbulo da trompa uterina. O pólo inferior inferior está dirigido para baixo, em direção ao assoalho pélvico, e é mais estreito que o pólo superior. A borda anterior é retilínea e está presa ao *mesovário*, uma curta prega peritoneal que liga o ovário ao dorso do ligamento largo e através do qual os vasos e nervos ováricos alçam o hilo da gônada. A borda posterior é livre, convexa e olha para o ureter.

O pólo superior do ovário dá inserção às *fimbrias ováricas* e a uma prega peritoneal contendo os vasos e nervos ováricos, o *ligamento suspensor* ou *infundíbulo-pélvico*. O *ligamento próprio do ovário* contém fibras musculares lisas e se insere, lateralmente, no pólo inferior da gônada e, medialmente, no ângulo superolateral do útero, logo abaixo da implantação da trompa de Falópio.

A trompa uterina contorna o ovário desde a frente de seu pólo inferior, passando pela borda anterior e pólo superior até terminar sobre a face medial da gônada.

O ovário se desenvolve de uma *crista genital* e depois desce para a pelve. Do mesmo modo que o testículo, ele arrasta, portanto, sua neurovasculatura para baixo a partir da parede abdominal posterior.

**Estruturas vestigiais dos ovários: epoóforo e paraóforo.** O epoóforo está na parte lateral da mesossalpinge, entre o ovário e a tuba uterina. Ele é um conjunto de cerca de dez canalículos transversos com terminação cega que convergem em direção ao ovário; suas outras extremidades se abrem em um ductúlo longitudinal rudimentar, o *ducto de Gartner*, que corre medialmente

no ligamento largo, paralelo com a parte lateral da tuba uterina. Entre o epoóforo e a extremidade fimbriada da tuba, frequentemente há um ou mais apêndices vesiculosos císticos – as *hidátides* de *Morgagni*. Os ductulos do epoóforo e as hidátides de Morgagni formam, no sexo masculino, os ductulos eferentes. Já o ducto de Gartner é uma parte persistente do ducto de Wolff; no sexo masculino, sua parte proximal forma o ducto deferente, enquanto que a parte distal forma as vesículas seminais e os ductos ejaculatórios.

O paroóforo é formado de uns poucos ductulos rudimentares espalhados no ligamento largo, entre o epoóforo e o útero. Mais facilmente visto em crianças, o paroóforo é um resquício dos túbulos de Wolff que, no sexo masculino, desaparece por completo.

## TUBAS UTERINAS

As tubas uterinas ou *trompas de Falópio* são ovidutos de 10 cm de extensão e situados na extremidade superior dos ligamentos largos. Em forma de trompete, cada tuba se abre medialmente no útero e lateralmente na cavidade peritoneal, próximo ao ovário, através de um diminuto *óstio abdominal*, de 3 mm de diâmetro. A tuba arqueia-se sobre o ovário e cobre amplamente sua face medial.

**Setores.** Do lado lateral para o medial, a tuba uterina é dividida em quatro porções: *infundíbulo*, *ampola*, *istmo* e *intramural*.

O infundíbulo é a extremidade em forma de corneta, circundada por *fimbrias*, uma das quais é ligada ao ovário. A ampola forma mais da metade do comprimento da tuba; tem paredes finas e tortuosas e luz dilatada.

O istmo é o segmento que forma o 1/3 medial da tuba; é estreito, reto e de parede espessas; sua junção com a ampola é estreitada (0,1 a 1 mm de diâmetro) pela presença de um esfíncter de músculo liso. A parte intramural, também conhecida como *parte intersticial*, é a zona terminal da trompa. Com cerca de 1 cm de extensão, a parte intersticial perfura a parede do útero e se abre na cavidade endometrial através do *óstio uterino*.

## ÚTERO

O útero é um órgão piriforme, de paredes musculares espessas, de 7,5 cm x 5,0 cm x 2,5 cm, pesando 30 a 40 gramas. Situa-se na pelve entre a bexiga e o reto, formando um eixo quase reto com a vagina. Na sua parte superolateral, abrem-se as tubas uterinas e abaixo continua com a vagina.

**Setores.** O terço inferior da superfície externa do útero tem uma leve constricção correspondente ao estreitamento da cavidade no *óstio interno*, com a parte acima sendo o *corpo* e a abaixo, o *colo* ou *cérvix*. Este tem cerca de 2,5 cm de extensão e é abraçado pela *vagina*, sendo assim delimitado uma porção *vaginal* e outra *supravaginal*. A parte do corpo acima da penetração das trompas é o *fundo do útero*.

Inferiormente à implantação das tubas estão presos os *ligamentos redondo e próprio do ovário*, ambos estendendo-se lateralmente para a parede lateral da pelve.

A porção supravaginal do colo é separada da bexiga, na frente, por tecido conjuntivo frouxo, o *paramétrio*, o qual passa para os lados dentro do ligamento largo. As artérias uterinas flanqueiam o colo no paramétrio e os ureteres descem para frente, nesse tecido, 2 cm ao lado do colo. A porção vaginal do colo do útero projeta-se na parede anterior da vagina formando recessos chamados de *fórnicas vaginais*. Sobre a extremidade distal do colo vaginal, um pequeno *óstio externo* circular une a cavidade cervical com a vaginal.

O terço superior da *cérvix*, o *istmo do colo*, é gradualmente dilatado e absorvido pelo corpo do útero durante o segundo mês de gestação para originar o *segmento inferior*, o qual forma um importante trajeto para a expulsão fetal durante o parto.

**Alterações gravídicas.** Durante a gestação, o útero aumenta muito devido à hipertrofia e hiperplasia do miométrio, alcançando o epigástrio no 8º mês. À medida que a gravidez prossegue, a parede do útero se afina. Após o parto, quase retorna ao seu tamanho original, mas sua cavidade permanece maior, seus vasos mais tortuosos e suas túnicas mais espessas. O *óstio externo* fica mais proeminente e suas margens se tornam fissuradas, com a formação de um *lábio anterior* e outro *posterior*.

**Vasos uterinos.** As *artérias e veias uterinas* são oriundas dos vasos ilíacos internos e transitam lado a lado. Correm na base do ligamento largo, cruzando o ureter por cima no ponto onde penetram no útero, em nível do *óstio interno*. Sobem tortuosamente ao longo da borda lateral do útero, suprindo o corpo e terminam se anastomosando com os vasos ováricos na altura do 1/3 lateral da trompa. A tortuosidade é repetida por seus ramos dentro da parede uterina (figura 65).



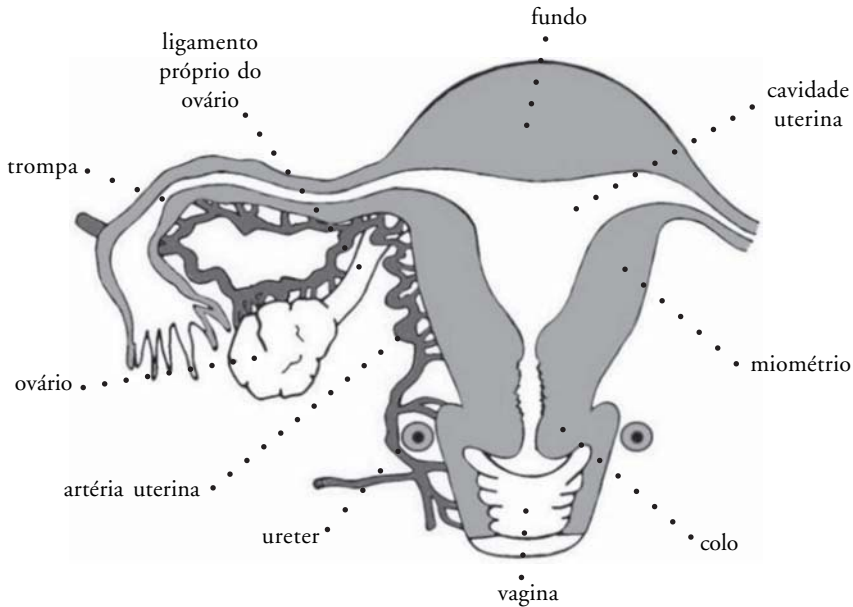


Figura 65 - Artéria uterina.

**Ligamentos.** Os *ligamentos largos*, um de cada lado, são duas lâminas fibrosas revestidas por peritônio que se estendem dos lados do útero às paredes da pelve.

Os ligamentos largos formam um septo com o útero que divide a pelve em uma *fossa vesicouterina*, anterior, e uma *fossa retouterina* ou *fundo-de-saco de Douglas*, posterior. Cada trompa está na extremidade livre do ligamento largo, a parte entre a tuba, mesovário e o ligamento próprio do ovário sendo o *mesossalpinge*. O *mesométrio* é a parte do ligamento largo entre o assoalho pélvico e o ligamento próprio do ovário. O mesovário prende o ovário à superfície posterior do ligamento largo, ao longo da junção do mesossalpinge com o mesométrio. Pelos ligamentos largos transitam os *vasos e nervos ováricos* e os *vasos uterinos*.

O *ligamento redondo*, um de cada lado, é uma estreita faixa miofibrosa de 10 cm de extensão que se inicia no ângulo lateral do útero, se dirige lateralmente, penetra no canal inguinal e termina no tecido conectivo dos grandes lábios. Tomado com o ligamento próprio do ovário, ele é o homólogo ao *gubernáculo do testículo* e pode ser considerado como a via através do qual a gônada feminina deveria descer para o lábio maior, mas não o faz.

**Paramétrio.** A *fáscia visceral da pelve* ou *paramétrio* é o tecido fibroso extraperitoneal do útero, vagina e reto. Nela estão três importantes condensações de tecido conectivo que atuam como uma tipoia para as vísceras pélvicas nas paredes ósseas: (1) o *ligamento cardinal de Mackenrodt* passa lateralmente do colo e da abóbada vaginal para as paredes laterais da pelve ao longo da linha de inserção do músculo levantador do ânus; (2) o *ligamento retouterino* ou *uterossacral* passa para trás a partir do istmo do colo e do fórnice vaginal lateral e termina no perióstio da articulação sacroilíaca e da 3ª peça do sacro; (3) o *ligamento pubocervical* se estende dos ligamentos cardinais até a púbis na frente, passando lateralmente à bexiga.

## VAGINA

A vagina é um canal fibromuscular de 8 a 10 cm que vai do colo do útero ao vestíbulo. Dirige-se pósterio-superiormente, formando um ângulo reto com o eixo uterino. Sua extremidade superior se insere na cérvix na altura do istmo, formando a porção vaginal e a supra-vaginal do colo e os fórnicos vaginais. Seu 1/3 inferior é suprido pelo nervo pudendo, enquanto o restante por nervos autonômicos do plexo pélvico.

A face mucosa da vagina apresenta duas cristas longitudinais medianas, uma anterior e outra posterior. A partir destas, estendem-se numerosas *rugos* bilaterais transversas, divididas por sulcos de profundidade variável, dando a superfície interna da vagina a aparência de papilas cônicas. Por isso, nas nulíparas, a parede da vagina é rugosa, se tornando lisa somente após o parto.

A vagina termina, no vestíbulo, formando uma fenda sagital logo atrás do óstio da uretra, o *intróito vaginal*.

## GENITÁLIA EXTERNA, PUDENDO OU VULVA

O *monte do púbis* ou de *Vênus* é uma eminência fibroadiposa que está na frente da sínfise púbica, sendo coberta de pêlos crespos na puberdade. Os *lábios maiores* são duas dobras de pele que se estendem do monte púbico ao períneo, formando os limites da *rima do pudendo*, onde se abrem a vagina e a uretra (figura 66). Os limites entre as extremidades posteriores dos lábios maiores são conhecidos como *períneo ginecológico*. Os *lábios menores* ou *ninfas* são duas pregas de 4 cm, de pele macia, entre os lábios maiores. Bifurcam-se anteriormente, formando em cima e embaixo do clitóris, o *prepúcio* e o *frênulo*, respectivamente.

O *vestíbulo* é o espaço entre os lábios menores, onde estão os orifícios externos da vagina, da uretra e das glândulas vestibulares. O *clitóris* é uma estrutura erétil situada na extremidade anterior das ninfas; contém todas as estruturas do pênis, exceto a uretra esponjosa.

O *hímen* é uma membrana fina e perfurada, localizada no intróito vaginal. Pode ter uma aparência anular, septada, semilunar ou crivosa. Rompe-se posteriormente no primeiro coito e após o parto é arrancado, restando algumas poucas franjas chamadas de *carúnculas himenais*.

Os *bulbos do vestíbulo*, homólogos ao bulbo do pênis, são massas eréteis de 3 cm de extensão, em forma de clava, que margeiam intróito vaginal e são unidas na frente desse por uma estreita comissura. Cada bulbo é recoberto pelo *músculo bulboesponjoso*.

As *glândulas vestibulares maiores de Bartholin*, homólogas as glândulas bulbouretrais nos homens, são nódulos amarelados redondos que estão em contato com a extremidade posterior arredondada do bulbo do vestíbulo. Cada uma se abre através de um ducto de 2 cm no sulco entre o hímen e o lábio menor.

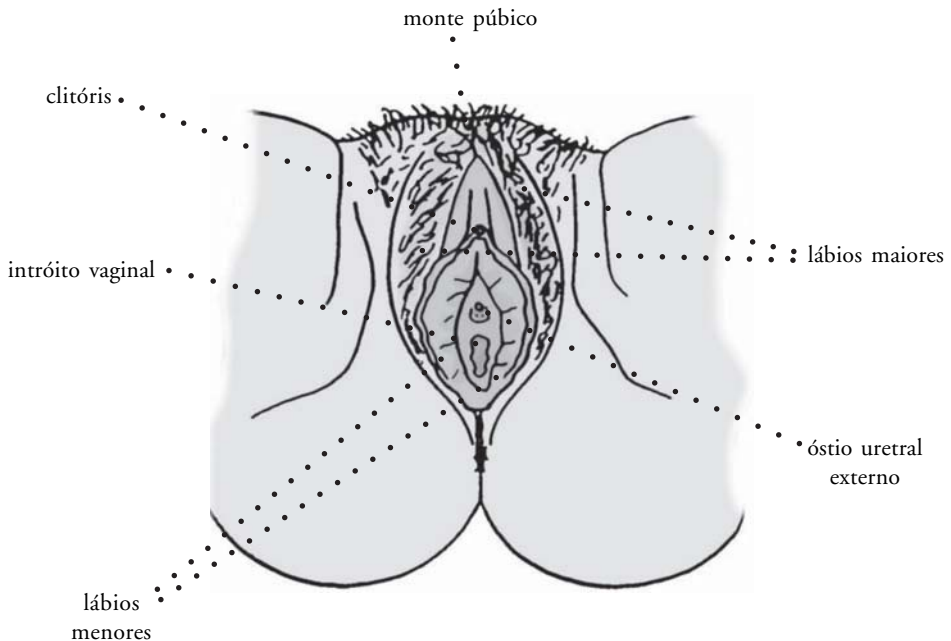


Figura 66 – Vulva.

---

## MICROANATOMIA

---

### GENITÁLIA INTERNA

#### OVÁRIOS

Os ovários são revestidos nas mulheres jovens por um epitélio cúbico simples, erroneamente chamado de *epitélio germinativo*, pois os folículos não se diferenciam desse epitélio, mas sim a partir de células intra-ovarianas, os *ovócitos*, que se formam durante a vida intra-uterina e não aumentam de número após o nascimento.

As células germinativas embrionárias dos ovários são os *gonócitos* e originam-se do endoderma do saco vitelino primitivo. Elas migram até os ovários em formação, originando as *ovogônias* (ou *espermatoogônias*, no sexo masculino).

O epitélio germinativo dá ao ovário um aspecto opaco que contrasta com o peritônio brilhante visível a partir da margem anterior da glândula. Sob o epitélio está uma camada de tecido conjuntivo denso avascular, a *albugínea*, responsável pela cor esbranquiçada do órgão. A albugínea envolve o parênquima do ovário, a qual apresenta uma porção central ou *medula*, que contém numerosos vasos e tecido conjuntivo frouxo, e uma região periférica ou *cortical*, onde estão os folículos e corpos lúteos.

**Folículos ovarianos.** Estes folículos são classificados, de acordo com seu grau de desenvolvimento, em *primários*, *secundários* e *terciários*.

Os *folículos primários* ou *primordiais* contêm uma célula central grande, redonda e estacionada na prófase I da meiose, o *ovócito primário*, o qual é envolto por uma camada de células planas, as *células foliculares* ou *células granulosa*.

Os *folículos secundários* ou *em desenvolvimento* apresentam um ovócito primário envolto pela *camada granulosa*, um estrato formado por várias camadas proliferantes de células foliculares. A granulosa, por seu turno, é envolta externamente pela *teca folicular*, uma camada de células alongadas formada pela modificação do estroma ovariano perifolicular. A parte interna da teca produz *estrógenos*, um dos hormônios ovarianos.

Os *folículos terciários*, *maduros* ou *de Graaf* são vesículas de cerca de 1 cm de diâmetro que fazem saliência na superfície ovariana. Esses folículos contêm um ovócito primário que sofreu a primeira divisão meiótica, o *ovócito*

*secundário*, de posição excêntrica. Os folículos terciários também apresentam a camada granulosa e a teca, mas estas são maiores e possuem uma grande cavidade repleta de líquido produzido pelas células granulosas, o *antro folicular*, ficando o ovócito preso à parede do folículo por um pedículo constituído por três a quatro camadas de células granulosas.

Existem cerca de 2 milhões de folículos nos dois ovários da recém-nascida, porém a maioria sofrerá *atresia*, restando cerca de 300 mil na puberdade. Como em geral apenas um ovócito é liberado em cada ciclo menstrual e a vida reprodutiva da mulher é de cerca de quarenta anos, o total de ovócitos liberados é de cerca 400 a 450. Todos os demais folículos com seus ovócitos sofrem atresia e desaparecem.

## TUBAS UTERINAS

A mucosa das trompas possui dobras longitudinais, que são numerosas, longas e ramificadas na ampola, dando-lhe um aspecto de labirinto nos cortes transversais.

O epitélio da mucosa das tubas é cilíndrico simples ciliado, salpicado por células secretoras sem cílios. A camada muscular é do tipo não estriada, disposta em duas ou três faixas de miócitos livres entremeados por abundante tecido conjuntivo.

O peritônio é o revestimento seroso externo das trompas.

## ÚTERO

Da superfície luminal para fora, a espessa parede do útero é constituída pelo *endométrio*, *miométrio* e *perimétrio*. O endométrio é uma mucosa de epitélio cilíndrico simples com algumas células ciliadas e lâmina subepitelial de tecido conjuntivo frouxo embrionário contendo vasos e *glândulas uterinas* tubulosas simples que se abrem na cavidade endometrial. O miométrio é uma túnica bem mais grossa que o endométrio (1 a 2 cm de espessura) formada de músculo liso disposto em três estratos entrecruzados, ricos em vasos sanguíneos e nervos; o miométrio se continua com a musculatura tubária e com os ligamentos uterinos. O perimétrio é formado por peritônio em alguns locais, e por uma túnica adventícia de tecido conjuntivo, em outros.

A mucosa do colo do útero é formada por células colunares e glândulas muito ramificadas. A face vaginal do colo possui epitélio pavimentoso estratificado.

## VAGINA

A vagina não possui glândulas. Sua secreção provém do colo uterino. O epitélio vaginal é estratificado plano com células ricas em glicogênio. A túnica adventícia apresenta tecido conjuntivo denso com abundantes fibras colágenas. Uma delgada camada muscular lisa com feixes entrecruzados fica entre a mucosa e adventícia, esta última contínua com o paramétrio. Mais externamente está uma lâmina de tecido conjuntivo frouxo contendo extensos plexos vasculares, a qual se unem com os tecidos conectivos adjacentes de modo que a vagina é firmemente mantida no lugar.

A parte inferior da vagina é circundada pelo bulbo do vestíbulo recoberto pelo músculo bulboesponjoso.

## GENITÁLIA EXTERNA

As glândulas vestibulares maiores são histologicamente semelhantes às glândulas bulbouretrais dos homens. Portanto, são formadas de lóbulos envolvidos por uma cápsula fibrosa, contendo glândulas mucosas tubuloaveolares compostas. As glândulas vestibulares menores são mais numerosas e mais dispersas do que as maiores e ocorrem especialmente ao longo da uretra e do clitóris. A porção secretora e os ductos das glândulas vestibulares maiores e menores são revestidos por células epiteliais cilíndricas.

O clitóris representa por sua estrutura e origem, um pênis rudimentar. As ninfas são dobras do revestimento vaginal que apresentam características intermediárias entre pele e mucosa. Os grandes lábios são pregas de pele preenchidas por tecido fibroadiposo que formam o limite externo da vulva.

---

## F I S I O L O G I A

---

### GAMETOGÊNESE

A reprodução começa com o desenvolvimento dos óvulos nos folículos, os quais são expelidos na *ovulação* para as tubas. Se fertilizados, desenvolvem-se como um *embrião* na cavidade uterina.

### OVULAÇÃO

A ovulação é a ruptura do folículo de Graaf com a liberação do ovócito, que será recolhido pela extremidade dilatada da tuba uterina. Apenas um

ovócito é liberado por vez, porém algumas vezes dois ou mais podem ser expulsos simultaneamente. No último caso, se todos os ovócitos forem fertilizados, haverá *prenhez múltipla*, com *gêmeos fraternos*.

A ovulação ocorre no meio do ciclo menstrual, portanto em torno do seu 14º dia. O estímulo é determinado por um pico no teor de LH secretado pela hipófise, o que causa, no folículo, edema e liberação de colagenases, prostaglandinas, histamina e vasopressina, resultando em degradação de colágeno, isquemia e morte de algumas células foliculares. Tudo isso induz a um enfraquecimento da parede do folículo, que passa a fazer saliência na superfície ovárica. Esse enfraquecimento, aliado a aumento da pressão intrafolicular, causa ruptura da parede externa e, em seguida, a ovulação, com expulsão do ovócito secundário para a tuba uterina.

A indicação macroscópica para a ovulação é o *estigma*, uma alteração na cor e transparência de um ponto na superfície do folículo, seguida de uma saliência mamilar nesse local. O estigma é causado por interrupção do fluxo sanguíneo ao folículo.

A extremidade da trompa voltada para o ovário tem a forma de um funil e é franjada. No momento da ovulação, ela se acha próximo à superfície do ovário e recebe o ovócito em seu interior, conduzindo-o para o útero pela contração da musculatura da tuba, ajudada pela atividade ciliar do epitélio, que forma uma corrente de líquido.

O ovócito secundário permanece viável por 24 horas. A penetração do espermatozoide reconstitui o número diplóide de cromossomos, iniciando a *gestação*. Quando a fertilização não ocorre, o ovócito morre dentro de 24 a 48 horas e é reabsorvido pela tuba.

Após a ovulação, as células restantes do folículo se diferenciam, por efeito do LH, em uma glândula endócrina temporária amarelada, o *corpo lúteo*, o qual estaciona na cortical e produz *estrogênios* e *progesterona*, que estimulam a secreção das glândulas uterinas. A progesterona também impede o desenvolvimento de novos folículos e inibe a produção de LH, de modo o corpo lúteo entra em rápida degeneração, desaparecendo dentro de 10 a 14 dias (*corpo lúteo menstrual*). Ocorrendo a gravidez, as *gonadotrofinas coriônicas humanas* produzidas pela placenta estimularão o corpo lúteo durante a gestação (*corpo lúteo gravídico*), o qual alcançará sua constituição máxima na prenhez, chegando a medir 5 a 6 cm de diâmetro.

Durante a gravidez, o corpo lúteo produz *progesterona* e *relaxina*, este um hormônio polipeptídico que amolece o tecido conjuntivo da sínfise pubiana, das

articulações pélvicas e do colo uterino, facilitando o parto. O corpo lúteo desaparece após o parto, sofrendo degeneração por autólise e fagocitose por macrófagos. O local é ocupado por uma cicatriz de tecido conjuntivo denso, o *corpo albicans*. O mesmo processo degenerativo ocorre com o corpo lúteo menstrual.

Os ovários também atuam sobre a hipófise. Os estrógenos produzidos pelos folículos ovarianos inibem a secreção de FSH e estimulam a de LH, enquanto a progesterona inibe a produção de LH. Quando o folículo atinge seu máximo desenvolvimento, no 14º dia do ciclo, e está sintetizando grande quantidade de estrógeno, há uma queda no teor de FSH e um aumento de LH no sangue, o que induz a ovulação e promove a formação do corpo lúteo. Como a secreção de LH é inibida pela progesterona produzida pelo corpo lúteo, este logo se vê privado do estímulo para sua própria existência, e degenera.

## CICLO MENSTRUAL

O ciclo menstrual são modificações cíclicas que o endométrio sofre devido à ação dos hormônios ovarianos. A duração de cada um é geralmente de 28 dias. Os ciclos começam a partir dos 12 anos e terminam em torno dos 45. Como são consequências das modificações ovarianas relacionadas com a produção de óvulos, a mulher só é fértil enquanto apresenta a menstruação.

As alterações ovarianas que ocorrem no ciclo menstrual são totalmente dependentes dos *hormônios gonadotrópicos hipofisários – FSH e LH*. O propósito do ciclo é criar um endométrio secretor com grandes quantidades de nutrientes para fornecer condições adequadas para a implantação de um ovo fertilizado.

O ciclo menstrual é dividido em três fases:

**Menstrual.** A fase menstrual vai do 1º ao 4º dia do ciclo. Começa no dia em que o sangue se exterioriza pela vagina. Esse sangue provém da descamação parcial do endométrio eliminado junto com sangue. Não havendo fertilização, ocorre uma queda brusca dos estrogênios e progesterona devido ao colapso natural do corpo lúteo após 14 dias de formado. Assim, o endométrio fica privado de seu estímulo hormonal e perde seu epitélio espessado.

As prostaglandinas presentes no material descamado estimulam contrações miométriais que aceleram a eliminação do conteúdo uterino. Se houver implantação de um embrião, este começa a sintetizar gonadotrofina coriônica humana, que estimula a manutenção do corpo lúteo, evitando a menstruação.

A menstruação é determinada por fatores vasculares. A parte profunda do endométrio é irrigada pelas *artérias retas*, enquanto que a superficial, por arté-



rias espiraladas chamadas *artérias helicinas*. Estas se contraem no fim da fase secretória, causando isquemia, necrose, ruptura vascular e sangramento da camada superficial do endométrio. Esse sangramento é principalmente venoso, pois as artérias contraem suas paredes, obliterando a extremidade rota.

O útero é muito resistente a infecções durante a menstruação apesar de sua superfície interna ficar cruenta, devido a presença de grandes quantidades de leucócitos no sangue menstrual.

**Proliferativa.** Esta fase vai do 5º ao 14º dia do ciclo. Caracteriza-se por uma proliferação mitótica profusa e migração das células dos fundos das glândulas endometriais residuais para a superfície da mucosa e reconstituição do epitélio eliminado na fase menstrual, com a formação de vasos e glândulas grandes e sinuosos. A fase proliferativa coincide com o desenvolvimento dos folículos ovarianos e com a produção de estrógeno, sendo chamada também de *fase estrogênica*.

**Secretória.** A fase secretória vai do 15º ao 28º dia. Inicia-se após a ovulação e depende do *corpo lúteo*, o qual secreta progesterona. Por isso, essa fase é também denominada de *fase progestacional*.

Atuando sobre as glândulas desenvolvidas pela ação dos estrógenos, a progesterona estimula as células glandulares a secretar. Nessa fase, o endométrio atinge sua espessura máxima de 5 mm. O muco produzido pelas glândulas endometriais se alinha na cavidade cervical, formando canais que ajudam a orientar os espermatozoides na direção apropriada.

O controle da secreção de estrogênios, progesterona e inibina é do tipo *retroalimentação*, que atua diretamente sobre a hipófise na secreção de suas gonadotrofinas, ou indiretamente no hipotálamo, na secreção de *hormônio de liberação de gonadotrofinas* (GnRH). A *inibina*, hormônio secretado conjuntamente com os estrógenos pelos folículos, reduz a secreção de gonadotropinas, especialmente no final do ciclo menstrual.

## ENDOCRINOGENESE SEXUAL

### HORMÔNIOS OVARIANOS

Os folículos ovarianos produzem *androgênios*, *progestinas* e *estrogênios*, especialmente os dois últimos. A *progesterona* é a principal progestina e o

*estradiol* o principal estrogênio. Todos esses hormônios ovarianos, bem como os testiculares, são *esteróides*, ou seja, substâncias sintetizadas a partir do *colesterol*.

Os estrogênios causam proliferação de células específicas, que são responsáveis pelo desenvolvimento dos caracteres secundários femininos. As progesterinas são relacionadas com a preparação do útero e das mamas para a gestação.

Inicialmente, no ciclo menstrual, são produzidos progesterona e testosterona. Na fase folicular, estes hormônios são convertidos em estrogênios pelas células da granulosa. Durante a fase lútea, ocorre a formação de progesterona em níveis maiores do que os que podem ser convertidos em estrogênios, o que explica a grande secreção de progesterona desta fase. Na puberdade a secreção de estrogênio aumenta 20 vezes ou mais, estimulando o aumento de tamanho de todas as estruturas genitais femininas, de modo que os órgãos sexuais adquirem as características adultas.

**Ação dos hormônios ovarianos.** Os principais efeitos dos estrogênios na anatomia feminina são: (1) espessamento do epitélio vaginal tornando-o estratificado, que é mais resistente a traumatismos e infecções que o epitélio cubóide pré-puberal; (2) proliferação do estroma do epitélio do útero e trompas com crescimento de suas glândulas, que mais tarde serão necessárias para a nutrição do ovo; (3) aumento do número e atividade das células ciliadas do epitélio tubal, facilitando o transporte de óvulos fecundados; (4) estímulo de crescimento de todos os elementos das mamas, exceto dos alvéolos, conferindo-lhes o aspecto maduro; entretanto, não completam a tarefa de converter as mamas em órgãos produtores de leite; (5) acréscimo da atividade osteoblástica no esqueleto, aumentando o crescimento, por curto período, seguido por fechamento das epífises ósseas e cessação do crescimento; (6) deposição de gordura na tela subcutânea, mamas, nádegas e coxas, configurando a silhueta feminina (*tipo ginecoide*), e (7) aumento da maciez, lisura e vascularização da pele.

Os principais efeitos da progesterona no corpo feminino são: (1) alterações secretórias no endométrio e trompas durante a fase secretória do ciclo menstrual, necessárias para a nutrição do ovo fertilizado, e (2) aumento do volume das mamas por desenvolvimento dos lóbulos e alvéolos mamários, que adquirem natureza secretora, mas o leite só surgirá com o estímulo da prolactina.

## INSEMINAÇÃO

### ORGASMO FEMININO

Assim como no sexo masculino, a inseminação feminina é precedida da estimulação sexual psíquica e genital. O *desejo sexual* da mulher varia conforme a fase do ciclo menstrual e a intensidade de pensamentos eróticos. Na época da ovulação, o desejo atinge seu clímax provavelmente pelos elevados níveis de estrogênios pré-ovulatórios. Isso predispõe/induz a mulher à cópula no momento mais propício à fertilização.

A estimulação genital nas mulheres ocorre da mesma maneira que nos homens, mediada pelo nervo pudendo, sendo a glândula do clitóris particularmente sensível.

No coito, durante a penetração peniana, sinais parassimpáticos da medula sacral da mulher passam para sua genitália externa, causando ereção do bulbo do vestibulo, de modo que o intróito vaginal se aperta em torno do pênis ajudando o homem a sentir o orgasmo e ejacular. Os sinais também passam às glândulas de Bartholin causando secreção imediata de muco no introito vaginal, levando a uma rápida lubrificação da vagina. A lubrificação é necessária para que se estabeleça uma sensação de massagem, prazerosa durante o coito, e não uma sensação dolorosa que pode ser produzida por uma vagina seca.

Quando a estimulação sexual da vulva atinge sua intensidade máxima, sustentada por sinais de condicionamento psíquico, são iniciados reflexos que conduzem ao *orgasmo feminino*. Este é análogo à emissão e ejaculação masculina e auxiliam a fertilização do óvulo pela ativação dos seguintes mecanismos: (1) contrações rítmicas dos músculos pélvicos e urogenitais causam um aumento do limiar de dor e uma redução do limiar de prazer, o que induz a mulher a relações sexuais mais prolongadas, frequentes e com penetrações penianas mais profundas; (2) liberação de ocitocina pela hipófise causa contração reflexa do útero e trompas, a qual exerce um efeito “aspirativo”, aumentando em mais de dez vezes a velocidade de locomoção dos espermatozoides, e (3) dilatação do canal cervical por até trinta minutos, facilitando o trânsito de espermatozoides.

### ATIVIDADE DA TUBA UTERINA

Na época da ovulação, a tuba se movimenta regularmente pela contração de sua musculatura. As fímbrias tubais aumentam a circunferência do

infundíbulo e facilitam a captação dos óvulos. A seguir, os cílios batem em direção do útero, causando movimentação da película viscosa que cobre a mucosa da trompa, auxiliando o transporte do ovócito ao útero e dificultando a passagem de microorganismos para a cavidade pélvica. Essa película é produzida pelas células secretoras. As trompas também apresentam ondas de contração a partir do infundíbulo até o útero. Essas ondas associadas a atividade ciliar são importantes no transporte do embrião ao útero. Os movimentos musculares da tuba são os fatores mais importantes no transporte dos gametas femininos.

A luz da trompa é um ambiente favorável à fertilização e a secreção aí contida contribui para a nutrição e proteção do ovócito e para a capacitação do espermatozoide.

O epitélio pregueado e o diâmetro reduzido do segmento medial da tuba (istmo + parte intersticial) são evidências que estão de acordo com as necessidades de intercâmbio de gases, nutrientes e hormônios e com a demora necessária para assegurar a maturação blastocística necessária para a nidação. A detenção transitória do zigoto na junção istmo-ampola é denominada *bloqueio ampular*.

## ÚTERO

Uma vez fertilizado, o óvulo mergulha no endométrio (*nidação*) até que o seu desenvolvimento se complete, com o útero se adaptando em tamanho e estruturas às necessidades de crescimento do conceito.

A mucosa do colo uterino não descama na menstruação. Durante a ovulação, suas glândulas produzem uma secreção aquosa fluida que facilita a passagem de espermatozoides. Na fase secretória, estas glândulas produzem secreção viscosa que impede a passagem de microorganismos e espermatozoides para a cavidade uterina, formando uma espécie de *tampão cervical*, protetor, que enche o canal.

## CORRELAÇÕES ANÁTOMO-FISIOLÓGICAS

### ÚTERO

O útero é a *matriz reprodutiva*, representando o albergue mecânico para o embrião. Sua parede grossa, altamente vascular e elástica resiste adequadamente à extrema distensão gravídica, e também à corrosão trofoblástica ne-

cessária à fixação da placenta. Seu miométrio é capaz de contração em resposta às necessidades expulsivas do parto e da menstruação.

A localização do útero é essencial para que ele possa se expandir durante a gravidez, apenas comprimindo estruturas ocas, como as alças intestinais, que são capazes de se estreitar e se acomodar dentro da cavidade peritonial. Se o útero estivesse na caixa torácica ou na craniana, a gravidez induziria a morte materna por compressão cardiovascular ou cerebral.

A tortuosidade dos vasos uterinos é uma prevenção contra uma eventual rotura vascular que poderia ocorrer pelo estiramento intenso que esses vasos sofrem durante o aumento do útero grávido.

Os ligamentos uterinos são faixas ou cordas fibromusculares resistentes que ligam o órgão às vísceras vizinhas e à pelve, atuando em extensão variável como suporte mecânico, enquanto os diafragmas urogenital e pélvico e o centro tendíneo do períneo exercem efeito muito importante nesse aspecto. Os ligamentos largos correspondem ao meso do útero e do ovário, pois dão passagem estruturas neurovasculares supridoras para esses órgãos.

Em sua posição normal antevetida e antefletida, o útero repousa em cima da bexiga, a qual suporta seu peso, enquanto o colo é suportado pelos ligamentos cardinais. O peso das vísceras apoiadas sobre o útero, os aumentos transitórios normais da pressão abdominal (tosse, defecação etc.), o tônus do miométrio e os ligamentos uterinos ajudam o órgão a manter sua posição fletida. Quando a pressão abdominal aumenta, os diafragmas pélvico e urogenital se contraem reflexamente, proporcionando suporte dinâmico para o conteúdo pélvico. Se o útero se dobra para trás (*retroflexão*), seu maior eixo fica alinhado com o da vagina, de modo que a gravidade e os aumentos fisiológicos da pressão intra-abdominal passam a favorecer a expulsão do órgão para o exterior através do canal vaginal (*prolapso uterino*).

## VAGINA

Grandes quantidades de glicogênio são lançadas na luz vaginal quando as células da vagina naturalmente descamam, sendo metabolizados por certas bactérias, os *bacilos de Döderlein*, formando o *ácido láctico*, responsável pelo pH baixo normal da vagina. Na falta de estrogênio, não há síntese de glicogênio e o pH se eleva, favorecendo a proliferação de microorganismos patogênicos.

As rugas da parede anterior da mucosa da vagina são mais transversais, permitindo o enchimento da bexiga e a penetração peniana, enquanto que as posteriores são mais longitudinais, o que permite a distensão do reto por fezes e a passagem da cabeça do feto.

A camada adventícia elástica da vagina é responsável por sua fixação às estruturas vizinhas e pela capacidade de distensão que o canal apresenta durante o coito e parto.

## **HÍMEN**

O hímen não tem função conhecida. Sua forma fendida permite o extravazamento da menstruação. Se imperfurado, o sangue menstrual não se exterioriza e se acumula na genitália interna.

## **VULVA**

A anatomia da vulva manifesta as seguintes funções: (1) distensão elástica para recepção do pênis, durante a cópula, e expulsão do feto, no parto; (2) sustentação das vísceras pélvicas, sobretudo do útero e bexiga, através da ação dos diafragmas pélvico e urogenital e músculos urogenitais; (3) fechamento esfinteriano dos canais que atravessam o assoalho pélvico, também por meio da atuação dos diafragmas pélvico e urogenital; na vagina, essa ação esfíntérica é de particular importância, pois impede a ascensão de microorganismos patogênicos, a partir do períneo e do ânus, para a genitália interna e cavidade peritonial, e (4) orgasmo feminino, pela estimulação do clitóris.

---

# GLÂNDULAS ENDÓCRINAS

---

*Este é aquele de quem está escrito: eis aí envio diante da tua face o MEU MENSAGEIRO, o qual preparará o teu caminho diante de ti.*

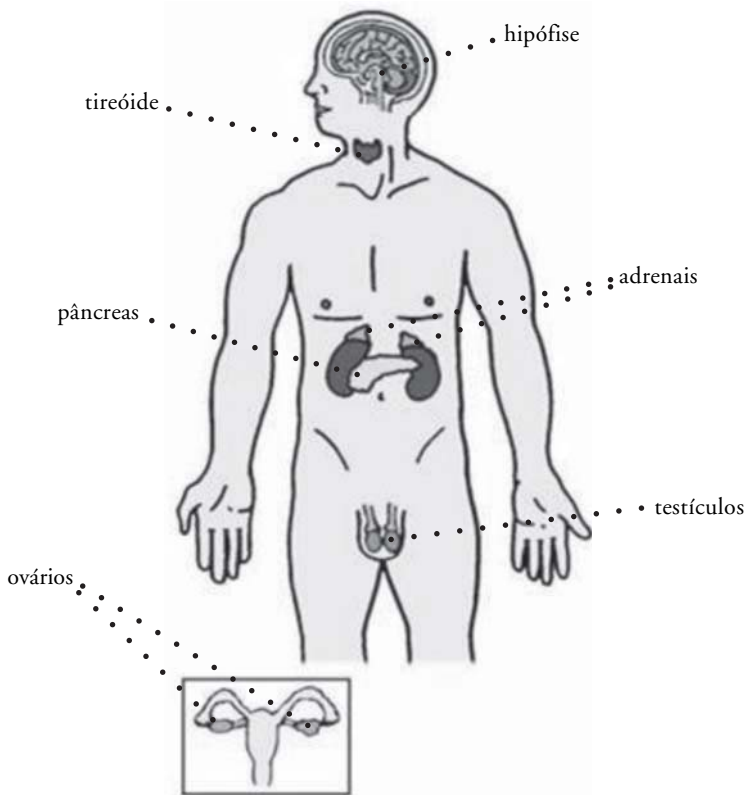
(São Lucas 7:27)

Os *hormônios* são substâncias produzidas difusamente por diversas estruturas espalhadas pelo corpo humano, as quais formam, em conjunto, um *sistema endócrino* (SIE) ao invés de um *aparelho endócrino*.

O trato alimentar constitui a maior estrutura endócrina do organismo devido a sua grande quantidade de células de secreção interna, quer isoladas (como acontece com as células G do estômago) quer concentradas (como as ilhotas pancreáticas). Da mesma maneira que os componentes hormonais do trato alimentar não podem ser entendidos sem considerar o aparelho digestório como um todo, os elementos não capsulados do SIE do restante do organismo só podem ser entendidos se estudados conjuntamente com os órgãos que os contêm.

Quando células sintetizadoras dos mesmos hormônios se concentram em um local envolvido por uma *cápsula fibrosa*, formam-se estruturas específicas do SIE, massivamente secretoras, as *glândulas endócrinas*. É o que ocorre com a *hipófise*, *tireoide*, *paratireoides* e *adrenais* (figura 67). A delimitação capsular de certa forma segrega anatômica e funcionalmente as glândulas endócrinas

de outros órgãos, de modo que essas glândulas podem ser mais bem compreendidas se estudadas uma a uma.



**Figura 67** - Glândulas endócrinas.

---

## A N A T O M I A

---

### HIPÓFISE OU PITUITÁRIA

A hipófise é um pequeno órgão ovoide de 500 mg e aproximadamente 10 mm x 13 mm x 6 mm, no adulto. Localiza-se em uma cavidade no dorso do corpo do osso esfenoide, a *sela turca*, a qual é coberta superiormente por uma prega de dura-máter, o *diafragma da sela*.



A hipófise se liga ao *hipotálamo*, situado na base do cérebro, por um pedículo ou *infundíbulo*; que é um prolongamento oco, cônico e côncavo do *túber cinéreo* do hipotálamo. Esse túber é uma pequena massa hipotalâmica convexa de substância cinzenta que apresenta diversos montículos, de um dos quais, a *eminência mediana*, nasce o infundíbulo. O tuber cinéreo está logo atrás do quiasma óptico.

O infundíbulo passa por um orifício no centro do diafragma da sela. Abaixo da hipófise está o corpo do esfenoide e lateralmente o seio cavernoso. O quiasma óptico está acima, logo na frente do infundíbulo (figura 68).

**Desenvolvimento.** A pituitária tem origem embriológica dupla. A porção de origem nervosa se desenvolve pelo crescimento do assoalho do diencéfalo em direção caudal sem perder o contato com o encéfalo, de modo a formar o pedículo. A porção ectodérmica se desenvolve a partir de um trecho do ectoderma do teto da boca primitiva que cresce em direção cranial formando a *bolsa de Rathke*; posteriormente, uma constrição na base desta bolsa separa-a da cavidade bucal; ao mesmo tempo a parede anterior se espessa, diminuindo o tamanho da bolsa de Rathke, que fica reduzida a uma pequena na fissura.

Devido à sua origem embriológica, a hipófise consiste na realidade em duas glândulas, a *neurohipófise* e a *adenohipófise*, unidas anatomicamente, porém exibindo funções diferentes. A neurohipófise, a porção de origem nervosa, consta de uma porção inferior bulbosa, a *parte nervosa*, e do seu pedículo proximal, o *infundíbulo*, que se continua com o hipotálamo. O *túber cinéreo* é a extensão do infundíbulo no hipotálamo.

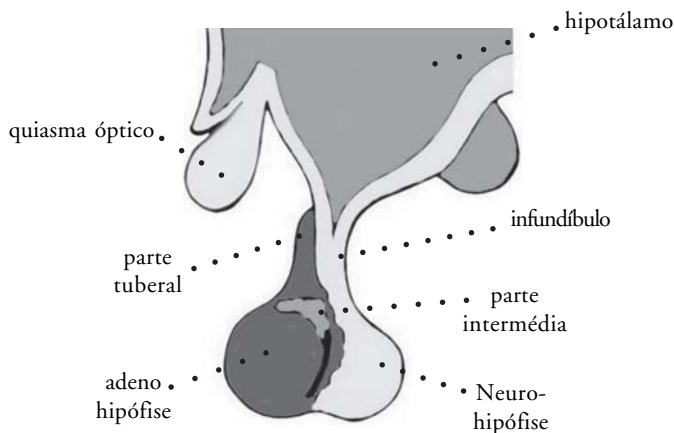


Figura 68 – Hipófise.

A porção originada do ectoderma é a adenohipófise e está subdividida em três segmentos. O primeiro e mais volumoso é a *parte distal* ou *lobo anterior*. O segundo é a porção cranial que envolve o infundíbulo, a *parte tuberal*. O terceiro, a *parte intermédia*, é uma região limítrofe entre a neurohipófise e a parte distal, separada desta última pela fissura restante da bolsa de Rathke. Ao conjunto formado pela união da parte intermédia com a parte nervosa dá-se o nome de *lobo posterior da hipófise*.

**Sistema porta-hipofisário.** O suprimento sanguíneo da hipófise é feito por dois grupos de ramos da artéria carótida interna: as *artérias hipofisárias superiores*, que irrigam a eminência mediana e o infundíbulo, e as *artérias hipofisárias inferiores*, que irrigam a neurohipófise. No infundíbulo, as artérias hipofisárias superiores formam um plexo capilar primário, cujas células endoteliais são fenestradas. Os capilares do plexo primário se reúnem para formar vênulas e veias que atravessam o pedículo da hipófise e se ramificam na adenohipófise, formando um extenso plexo capilar secundário. Há, portanto, um *sistema porta hipofisário*, de grande importância para a regulação das funções da adenohipófise. Através dele, neuro-hormônios produzidos no hipotálamo podem ser levados diretamente à adenohipófise, controlando a função de suas células. O sangue venoso sai da hipófise por diversas veias que desembocam nos seios cavernosos.

## PINEAL

A pineal ou *epífise* é uma pequena glândula piriforme de 5 mm x 8 mm e de 150 mg. Está na extremidade posterior do terceiro ventrículo, em uma depressão entre os colículos superiores, sobre o teto do diencéfalo, com o qual está conectada por um curto pedículo.

## TIREOIDE

A glândula tireoide, de 25 gramas e tom vermelho-acastanhado, está situada anteriormente na parte inferior do pescoço, em nível entre C<sub>5</sub> e T<sub>1</sub>. Embainhada pela lâmina pré-traqueal da fáscia cervical profunda, a tireoide possui dois *lobos* cônicos de 5 cm de comprimento, um direito e outro esquerdo, unidos por um estreito *istmo* mediano (figura 69).

A face medial da tireoide está adaptada à laringe e traqueia, fazendo contato, na sua extremidade superior, com músculo constritor inferior da faringe e com a parte posterior do músculo cricotireóideo. Na face profunda da tireoide

se situam a laringe e a traqueia, com a faringe e o esôfago atrás e a bainha carotídea em ambos os lados. A face póstero-lateral recobre a carótida comum. As paratireóides estão relacionadas com a margem posterior da tireoide. Um *lobo piramidal*, cônico, frequentemente sobe para o osso hioide a partir do istmo ou da parte adjacente de um dos lobos.

Dois importantes ramos do nervo vago relacionados com a glândula merecem menção. No sulco entre a traqueia e o esôfago, em íntima relação com a artéria tireóidea inferior, se situa o *nervo laríngeo recorrente* (figura 70); sua secção resulta em disfonia por paralisia dos músculos que movem as pregas vocais daquele lado. Profundo ao pólo superior da tireoide, em íntima aposição com a origem da artéria tireóidea superior, está o *ramo externo* do *nervo laríngeo superior*; sua secção resulta em redução da potência vocal por denervação do músculo cricotireiídeo, anestesia da mucosa laríngea e abolição do reflexo da tosse, essa última aumentando o risco de aspiração de alimentos ou corpos estranhos para a traqueia.

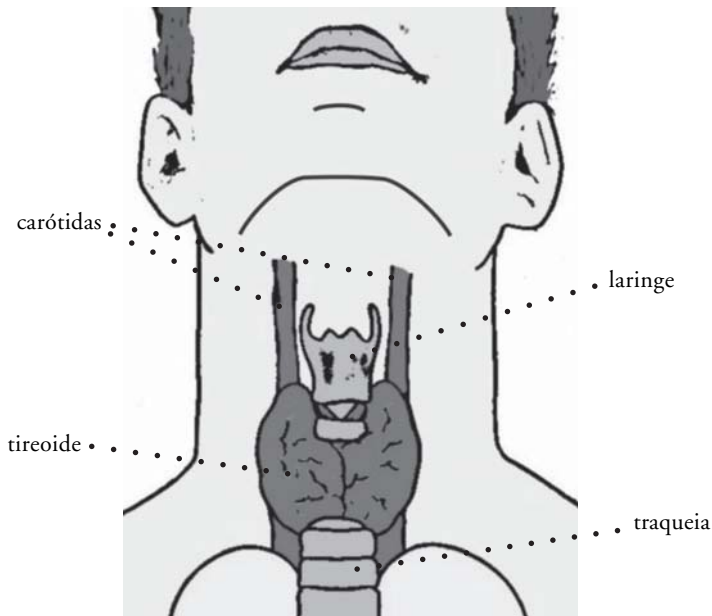


Figura 69 – Tireóide.

**Desenvolvimento.** A tireoide se desenvolve a partir de um botão que brota do assoalho da faringe. Essa excrescência desce para sua posição definitiva no

pescoço. Normalmente ela perde todas as conexões com suas origens, o que é comemorado, entretanto, pelo *forame cego* na junção dos terços médio e posterior da língua e pelo lobo piramidal inconstante do istmo.

**Neurovasculatura.** A tireoide é generosamente vascularizada por três artérias e três veias (figura 70). A *artéria tireóidea superior*, ramo da carótida externa, passa para o pólo superior; a *artéria tireoide inferior*, ramo da subclávia, passa para o dorso da glândula; *artéria tireóidea íntima* ou *ima*, inconstante (< 10%), ramo do arco da aorta, passa de baixo para cima até o istmo, na linha mediana.

As artérias tireóideas são notavelmente grandes, com frequentes anastomoses sobre a glândula e dentro dela. Os territórios das artérias comunicam-se entre si através da linha mediana com as artérias do lado oposto; frequentemente há uma artéria anastomótica posterior entre ramos das artérias tireóideas superior e inferior.

A *veia tireoide superior* drena o pólo superior para a veia jugular interna; a *veia tireóidea média* drena o lado do lobo para a jugular interna; e a *veia tireóidea inferior*, múltipla, drena o pólo inferior para as veias braquiocefálicas.

Vasos linfáticos correm no tecido conectivo interlobar da tireoide, em torno das artérias; comunicam-se com uma rede capsular, podem conter material colóide e terminam no ducto torácico e ducto linfático direito.

Os nervos que suprem a tireoide são derivados dos gânglios simpáticos cervicais.

## PARATIREÓIDES

As paratireóides são quatro pequenas glândulas ovóides com 6 mm x 4 mm x 2 mm e massa média total de 150 mg. De cor castanho-amarelada e com tamanho e aspecto de uma lentilha ou de uma ervilha cortada, localizam-se no meio da margem posterior de cada lobo da tireoide (figura 70). Podem também ser encontradas nos pólos superiores e inferiores da tireoide, geralmente na cápsula que reveste seus lobos, embora algumas vezes se situem no mediastino, próximo ao timo; esta última localização se deve ao fato de as paratireóides inferiores e o timo se originarem do mesmo esboço embrionário, a *3ª bolsa branquial*; à medida que o timo desce, a paratireoide inferior pode ser arrastada com ele para a base do pescoço e tórax.

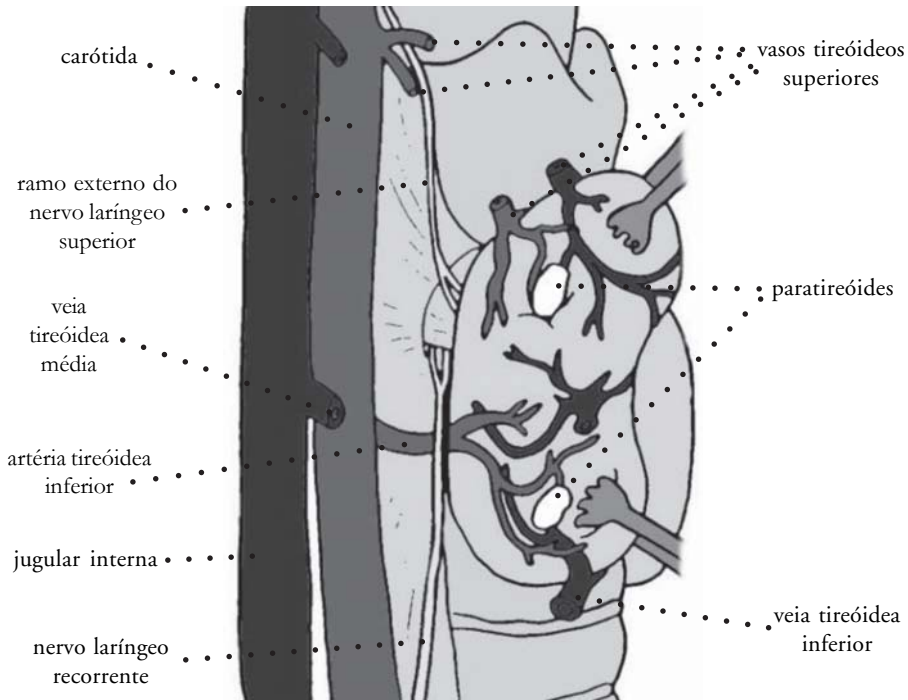


Figura 70 – Paratireoídes.

As paratireoídes são irrigadas pelas artérias tireoideias inferiores, mas podem ser supridas pela artéria tireoideia superior. Os vasos penetram em uma estrutura semelhante a um hilo, diferenciando as glândulas de gordura. Noventa e cinco por cento das paratireoídes estão em íntima relação com a tireoide, 10% são aberrantes, as últimas sendo invariavelmente as inferiores. A localização intratireoideia é a mais rara.

É difícil localizar as glândulas durante as cirurgias da tireoide, visto que elas se assemelham a outro lóbulo da glândula tireoide. Por esse motivo, antes que fosse reconhecida a importância dessas glândulas, a *tireoidectomia* (retirada cirúrgica da tireoide) muitas vezes resultava na remoção das glândulas paratireoídes.

## SUPRARRENAIS

As suprarrenais ou *adrenais* são dois pequenos corpos amarelados, achatados ântero-posteriormente, situados cada uma imediatamente ântero-superi-

or no topo do rim correspondente. São circundadas por tecido conectivo contendo muita gordura perinefrética e separadas dos rins por tecido fibroso.

A glândula direita é um tetraedro irregular; a esquerda, semilunar, maior e mais alta que a direita. Nos adultos cada uma mede 5 cm x 3 cm x 1 cm, com a medula adrenal pesando aproximadamente 1/10 do peso total da glândula.

Cortando-se o órgão a fresco, nota-se que ele é encapsulado e dividido nitidamente em duas camadas concêntricas: uma periférica, amarelada, rica em lípides, a *camada cortical* ou *córtex*, e outra central, acinzentada, que se cora intensamente com sais de cromo, a *camada medular* ou *medula*; esta é completamente envolvida pelo córtex, exceto no hilo (figura 71).

A medula e o córtex podem ser considerados dois órgãos distintos, de origens embriológicas, funções e morfologia diferentes, apenas unidos topograficamente. O córtex surge do epitélio celomático, sendo, portanto, mesodérmico, enquanto a medula se origina de células da crista neural, isto é, tem origem neuroectodérmica.

Embora pesando somente 5 gramas, as suprarrenais apresentam vasos surpreendentemente múltiplos e calibrosos. As *artérias adrenais* são três, das quais a artéria suprarrenal média vem diretamente da aorta, e a inferior, da artéria renal. A única *veia adrenal* drena o hilo da glândula para o vaso disponível mais próximo – a veia cava inferior, à direita, e veia renal, à esquerda.

Todas as células da medula são inervadas por terminações colinérgicas de neurônios simpáticos pré-ganglionares.

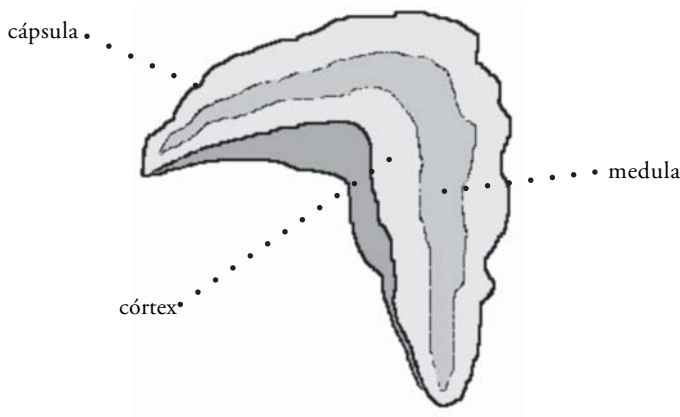


Figura 71 - Adrenal esquerda.

---

## MICROANATOMIA

---

### HIPÓFISE

A hipófise é revestida por uma cápsula de tecido conjuntivo que se prolonga com uma rede de fibras reticulares que suporta as células da glândula.

O componente principal da adenohipófise são cordões de células epiteliais entremeadas por capilares sanguíneos. Os hormônios produzidos por estas células são armazenados em grânulos de secreção citoplasmáticos. A parte tuberal da adenohipófise secreta *gonadotropinas* – FSH e LH, enquanto que a parte distal produz os demais hormônios adeno-hipofisários.

Cerca de 40% das células da hipófise anterior consistem em *somatotropos*, que secretam GH, enquanto cerca de 20% são *corticotropos*, que secretam o *hormônio adrenocorticotrófico* (ACTH). Os outros tipos de células constituem, cada um, apenas 3 a 5% do total.

A origem da hipófise anterior, a partir do epitélio faríngeo, explica a natureza epitelióide de suas células, enquanto a origem da hipófise posterior, a partir do tecido neural, explica a presença de grande número de células do tipo glial nessa glândula.

Os *tanícitos* são células gliais localizadas na superfície ventricular da eminência mediana do túber cinéreo e no pequeno canal central do infundíbulo. A superfície proximal ou ventricular dos tanícitos apresenta alguns cílios e muitas microvilosidades e vesículas apicais; nessa superfície, os tanícitos são unidos lateralmente com as células do epitélio unicelular que reveste o 3º ventrículo através de junções oclusivas, formando uma barreira para a passagem de materiais a partir do líquido. A parte distal ou infundibular dos tanícitos se divide em processos basilares que se insinuam nos espaços perivasculares que circundam os capilares fenestrados subjacentes.

A neurohipófise é composta de cerca de cem mil axônios não mielinizados de neurônios secretores cujos corpos celulares estão situados nos *núcleos supra-ópticos* e *paraventriculares* do hipotálamo. A neurosecreção é transportada ao longo dos axônios e se acumula nas suas extremidades, situadas na parte nervosa.

Proximalmente, no infundíbulo, os axônios da neurohipófise são embainhados por *astrócitos*, mas, próximo do lobo posterior, aparecem *pituíctos*, células dendríticas com longos processos paralelos aos axônios adjacentes. Os pituíctos constituem a maior parte do tecido não-excitável na neurohipófise; os processos citoplasmáticos dos pituíctos terminam próximo

das paredes dos capilares adjacentes e dos sinusóides, entre as terminações nervosas.

Os axônios da neurohipófise terminam nos espaços perivasculares e, embora se aproximem muitos das paredes dos sinusóides, permanecem separados destes através de duas lâminas basais. As terminações nervosas consistem em protuberâncias bulbosas que contêm numerosos grânulos secretores.

## PINEAL

A pineal contém cordões e folículos de *pinealócitos* e células da neurógliia entre as quais se ramificam muitos vasos sanguíneos e nervos.

Os pinealócitos constituem 95% das células da pineal. Estas células apresentam um corpo celular com um núcleo esférico ou ovóide de onde partem um ou mais ramificações longas e tortuosas que terminam em extremidades dilatadas, próximo de capilares – os *botões terminais*.

Os pinealócitos têm uma característica afinidade por sais de prata e produzem *melatonina*, monoaminas e alguns hormônios polipeptídeos ainda mal definidos. Esses produtos são armazenados em vesículas presentes nos botões terminais, onde se combinam a proteínas transportadoras, as *neuroepifisinas*; a seguir, são liberados por exocitose nos capilares vizinhos juntamente com fragmentos da membrana vesiculosa, com esta última formando os *restos exocitóticos*. Uma vez liberados, acredita-se que o complexo se dissolva, com os hormônios sendo trocados por íons cálcio. O complexo transportador de cálcio assim resultante é depositado concentricamente em torno dos restos exocitóticos como *corpos arenáceos* ou *areia do cérebro*.

Uma glândula pineal com grande acúmulo de corpos arenáceos frequentemente aparece nas radiografias de crânio ou nas tomografias computadorizadas como um nódulo mediano radiopaco na parte posterior do III ventrículo.

## TIREOIDE

A tireoide é composta de milhares de *folículos tireoidianos* amontoados em um delicado estroma de tecido conectivo. Os folículos são pequenas esferas de 0,2 a 0,9 mm de diâmetro, formadas por um epitélio simples de células foliculares apoiadas em uma lâmina basal única e fina. A cavidade de cada folículo contém uma gelatina chamada *colóide*. Os folículos são circundados por densos plexos de capilares fenestrados, extensas redes linfáticas e fibras nervosas simpáticas que suprem as arteríolas e capilares, com algumas fibras nervosas terminando perto das células epiteliais foliculares.



*Células foliculares* ou *endocrinócitos foliculares* variam de escamosos a colunares, dependendo de sua atividade, a qual é controlada principalmente pelo hormônio TSH. Na ausência deste, as células foliculares ficam “em repouso” e assumem uma aparência escamosa.

A *célula parafolicular* ou *célula C* é encontrada na tireoide fazendo parte do epitélio folicular ou formando grupamentos isolados entre os folículos tireoidianos. A característica mais notável destas células é a presença, no citoplasma, de numerosos grânulos de secreção.

## PARATIREOIDES

O parênquima da paratireoide é formado por células epiteliais dispostas em cordões separados por capilares sanguíneos. Os principais componentes destes cordões são as *células principais*, pequenas, poligonais, com núcleo vesiculoso e citoplasma fracamente acidófilo. Essas células secretam um hormônio proteico, o PTH ou *paratormônio*.

## SUPRARRENAIS

Devido a diferenças na disposição e aparência de suas células, o córtex adrenal pode ser subdividido em três camadas concêntricas de limites não bem definidos. A primeira, a *zona glomerulosa*, é externa, subcapsular e formada de células em grupos arredondados; essa zona constitui cerca de 15% do córtex adrenal. A segunda é a *zona fasciculada*, mais larga, formada de células dispostas em colunas retas; corresponde a 75% do córtex adrenal. A terceira, a *zona reticulada*, é a mais interna, sendo formada de colunas entrelaçadas de células; constitui 10% do córtex das suprarrenais.

A medula adrenal é composta de células poliédricas com numerosos grânulos de secreção, as *células cromafins* ou *feocromócitos*, organizadas em cordões ou aglomerados arredondados, sustentados por uma rede de fibras reticulares e separados por largos sinusóides venosos. Pequenos grupos ou grupos isolados de neurônios ocorrem na medula. As células cromafins sintetizam e secretam *noradrenalina* e *adrenalina* nos sinusóides venosos. A liberação está sob controle simpático pré-ganglionar.

As células do parênquima da medula se originam de células da crista neural, da mesma maneira que os neurônios pós-ganglionares do sistema simpático e os neurônios dos gânglios do sistema parassimpático. As células parenquimatosas podem, portanto, ser consideradas neurônios pós-ganglionares simpáticos que perderam seus axônios e dendritos durante o desenvolvimento embrionário e se tornaram células secretoras.

## FISILOGIA

---

Os múltiplos sistemas hormonais do organismo desempenham papel-chave na regulação de quase todas as funções, incluindo o metabolismo, o equilíbrio hidroeletrólítico, a reprodução, comportamento, o crescimento e o desenvolvimento.

Uma característica anatômica marcante das glândulas endócrinas é a desproporção entre o seu tamanho relativamente reduzido, e sua vascularização, grande. Sendo menor, a glândula produz menores quantidades de hormônios, cujos efeitos, intensos, podem acarretar respostas dramáticas em todo o corpo. O grande fluxo sanguíneo garante o escoamento rápido dos hormônios para a circulação sistêmica, de onde são distribuídos para todo o organismo, diluídos, em pequenas concentrações, só exercendo o efeito em células com receptores específicos. Deste modo, a abundante circulação serve para “lavar” a glândula de seus potentes hormônios. Isto explica porque frequentemente as glândulas endócrinas se localizam perto de vasos cardíacos ou segmentares, de grande corrente hemal.

### HORMÔNIOS

Os hormônios são moléculas que funcionam como sinalizadores químicos. São liberados por células especializadas chamadas *células endócrinas*, porque elas secretam “para dentro”, ao contrário das células de glândulas exócrinas, cuja secreção é levada a uma cavidade ou à superfície do corpo. Células endócrinas se unem formando *glândulas endócrinas*, onde elas se organizam geralmente sob forma de cordões celulares. Uma exceção é a tireóide, cujas células são organizadas como pequenas esferas, os *foliculos*. Além das glândulas endócrinas, há muitas células endócrinas isoladas, como as células endócrinas intestinais.

Os hormônios são, em sua maioria, polipeptídios e proteínas, além de esteroides e derivados de aminoácidos. Não se conhecem hormônios compostos de polissacarídeos ou ácidos nucleicos.

**Tipos de secreção.** As células endócrinas estão muito próximas de capilares sanguíneos, que recebem os hormônios secretados e os distribuem pelo organismo, dissolvidos no plasma. Os hormônios, portanto, agem distantes do seu local de secreção. Há, no entanto, células endócrinas que produzem hormônios que agem a uma distância curta, um tipo de controle chamado *parácrino*.

Estes hormônios podem chegar ao seu local de ação por meio de curtos trechos de vasos sanguíneos. Um exemplo de controle parácrino é o da gastrina, liberada pelas células G antrais. A gastrina alcança as glândulas fúndicas do estômago ao longo de pequenos vasos sanguíneos locais, estimulando a produção de ácido clorídrico.

Outro modo de controle é o *justácrino*, no qual uma molécula é liberada na matriz extracelular, difunde-se por esta matriz e atua em células situadas a uma distância muito curta de onde foram liberadas. A inibição de secreção de insulina nas ilhotas de Langerhans pela somatostatina produzida por células da mesma ilhota é um exemplo de controle justácrino.

No controle chamado de *autócrino*, as células podem produzir moléculas que agem nelas próprias ou em células do mesmo tipo. O *fator de crescimento semelhante à insulina* produzido por vários tipos celulares pode agir nas mesmas células que o produziram.

**Receptores hormonais.** As estruturas específicas nos quais os hormônios atuam são chamados *tecidos-alvo* ou *órgãos-alvo*. Estes reagem aos hormônios porque as suas células têm *receptores* que reconhecem especificamente determinados hormônios e a eles respondem; por causa disso os hormônios podem circular no sangue sem influenciar indiscriminadamente todas as células do corpo. Outra vantagem dos receptores é a capacidade de resposta das células-alvo aos respectivos hormônios mesmo se estes estiverem presentes no sangue em concentrações muito pequenas.

**Mecanismo de ação.** A primeira etapa na ação de um hormônio é sua ligação a receptores específicos na célula-alvo. As células que não têm receptores não respondem.

A localização dos receptores é variável. Os receptores para hormônios proteicos, peptídicos e catecolamínicos localizam-se na membrana celular, os receptores para os esteroides no citoplasma, enquanto que os receptores para os hormônios tireóideos, no núcleo.

A combinação do hormônio com o receptor desencadeia uma cascata de reações que se torna cada vez mais ampliada na etapa seguinte, de modo que até mesmo pequenas concentrações do hormônio podem exercer grande efeito. Por isso, as concentrações dos hormônios necessárias para exercer potentes consequências sobre sistemas fisiológicos são incrivelmente pequenas, variando de apenas um picograma (um milionésimo de milionésimo de grama) até alguns microgramas (alguns milionésimos de grama) por mililitro de sangue.

A cascata de reação intracelular pode ser desencadeada por três mecanismos principais. O primeiro é a abertura de canais na membrana celular que permite o trânsito de íons para o citoplasma; as catecolaminas agem desta maneira. O segundo é a ativação de enzimas intracelulares, com a formação de um *segundo mensageiro* dentro da célula, como o AMPc, *calmodulina* e os *produtos de fosfolipídios*. O terceiro mecanismo é a ativação de genes, com a consequente formação de proteínas que exercerão funções novas ou ampliadas; esse é o mecanismo de ação dos esteroides e hormônios tireóideos.

**Controle da secreção.** A regulação da secreção hormonal é exercida por meio de mecanismos de *retroalimentação negativo*, que garantem nível apropriado de atividade do hormônio no tecido-alvo. Quando o estímulo determina a liberação do hormônio, as condições ou produtos que resultam da ação desse hormônio tendem a suprimir sua liberação adicional. Essa ação impede a hipersecreção do hormônio, ou a hiperatividade no tecido-alvo.

## HIPÓFISE

### ADENOHIPÓFISE

Com exceção das células gonadotrópicas, que produzem dois tipos de hormônios na adenohipófise, cada uma das outras células produz somente uma única classe hormônio.

Os hormônios produzidos pela adenohipófise têm atividades fisiológicas amplas. Eles regulam quase todas as outras glândulas endócrinas, a secreção de leite e o metabolismo dos músculos, ossos e tecido adiposo (quadro 15).

Os hormônios da adenohipófise são polipéptidos elaborados e transportados nas células ligadas a uma glicoproteína, a *neurofisina*. Após a liberação na circulação, esta associação é rompida, com o hormônio sendo transportado até seus alvos celulares ligadas a glicoproteínas do plasma.

Os tanícitos também podem controlar a secreção, possivelmente transportando hormônios do líquido para os capilares do sistema portal, e/ou dos neurônios hipotalâmicos para o líquido.

A liberação dos hormônios adenohipofisários na circulação parece ser através da exocitose dos conteúdos de sua vesícula nos espaços perivascularer dos sinusóides vizinhos; estes são revestidos por um endotélio fenestrado, facilitando a difusão na corrente sanguínea.

**Mecanismos de controle da secreção.** O sinal para a secreção dos hormônios da adenohipófise é a liberação de fatores liberadores por neurônios cujos corpos celulares estão nos núcleos infundibular e arqueado e em outros núcleos hipotalâmicos desconhecidos. A liberação ocorre no leito capilar superior do sistema venoso portal, que se situa na eminência mediana e túber cinéreo. Em seguida, os hormônios são transportados à parte distal pelo sistema portal hipofisário. A maioria desses hormônios, chamados *hormônios hipofisiotrópicos* ou *hormônios liberadores hipotalâmicos* são estimuladores de células da parte distal e apenas dois deles (dopamina e somatostatina) têm sido identificados como inibidores da liberação de hormônios na parte distal.

CÉLULAS SECRETORAS DA ADENOHIPÓFISE				
CÉLULA	HORMÔNIO	EFEITO	HORMÔNIOS HIPOTALÂMICOS	
			liberadores	inibidores
somatotrópica	GH ( <i>grow hormone</i> ), somatotropina ou hormônio de crescimento	síntese de proteínas e crescimento global de todas as células e tecidos do corpo, via somatomedinas hepáticas	SRH ( <i>somatropin releasing hormone</i> )	somatostatina, ST ou GHIH ( <i>grow hormone inhibiting hormone</i> )
mamotrópica	PRL ou prolactina	desenvolvimento das mamas e secreção de leite	PRH ( <i>prolactin releasing hormone</i> )	dopamina ou PIH ( <i>prolactin inhibiting hormone</i> )
gonadotrópica	FSH ou hormônio folículo- estimulante	crescimento de folículos ovarianos e secreção de estrógeno nas mulheres; maturação dos esperma- tozóides nas células de Sertoli	GnRH ( <i>gonadotropin releasing hormone</i> )	?
	LH ou hormônio luteinizante	ovulação, formação do corpo lúteo e secreção de progesterona e estrogênio nas mulheres; estímulo às células de Leydig e secreção de andrógenos nos homens		
tireotrópica	TSH ou tireotropina	síntese e secreção de hormônio tireoidiano	TRH ( <i>thyrotropin releasing hormone</i> )	
corticotrópica	ACTH ou corticotropina	síntese e secreção de hormônios do córtex adrenal	CRH ( <i>corticotropin releasing hormone</i> )	
melanotrófica	MSH, melanotrofina ou intermedina	escurecimento da pele	?	

Quadro 15 – Células secretoras da adenohipófise.

Um outro mecanismo de controle da secreção da adenohipófise se deve a hormônios produzidos por várias glândulas endócrinas do corpo, que agem sobre a liberação de peptídios da eminência mediana e sobre a função das próprias células da parte distal.

Poucos vasos ligam a adenohipófise diretamente às veias sistêmicas, de modo que os caminhos pelos quais o sangue sai permanecem obscuros. Se o fluxo nas veias portais curtas que existem entre a adeno e a neurohipófise for reversível, esses vasos poderiam constituir canais de drenagem. Nesse caso, hormônios adeno-hipofisários poderiam penetrar nos capilares neuro-hipofisários antes de alcançarem as veias sistêmicas.

Um fluxo invertido nos capilares neurohipofisários, isto é, da neurohipófise para o hipotálamo, poderia ser uma via vascular para os hormônios neuro-hipofisários chegarem aos tanícitos ventriculares e, conseqüentemente, serem transferidos para o líquido cerebrospinal. Esse modelo de suprimento sanguíneo hipofisário possui implicações amplas. Em vez de a eminência mediana ser a via final comum para o controle neural da adenohipofise, toda a neurohipófise pode estar envolvida. Seu leito capilar pode seletivamente determinar o destino de ambas as secreções, hipotalâmica e hipofisária, conduzindo um pouco para a glândula pituitária, um pouco para órgãos-alvo distantes e, ainda, um pouco para o cérebro.

**Hormônio de crescimento.** O GH, em contraste com outros hormônios, não atua somente em órgãos-alvo específicos, mas exerce seus efeitos sobre todos os tecidos do corpo, induzindo-os ao crescimento. O GH promove o aumento de tamanho das células e do número de mitoses e induz a diferenciação específica de certos tipos celulares, como as células do crescimento ósseo e as células musculares imaturas. Parece que todos esses efeitos resultam da potencialização da captação de aminoácidos, da síntese de proteínas e da redução da degradação das proteínas nas células estimuladas pelo GH.

O efeito mais óbvio do GH consiste em aumentar o crescimento do esqueleto. Isso resulta de múltiplos fatores: deposição aumentada de proteínas pelas células condrocíticas e osteogênicas, aumento da velocidade da reprodução dessas células e efeito conversor dos condrocitos em células osteogênicas, induzindo, assim, a deposição específica de novo osso.

Os efeitos do hormônio do crescimento resultam da ação de várias pequenas proteínas, as *somatomedinas*, e não dos efeitos diretos do hormônio sobre

os ossos e outros tecidos periféricos. O hormônio do crescimento induz o fígado a produzir as somatomedinas e estas, por sua vez, é que têm o efeito de acentuar todas as fases do crescimento ósseo.

A maior parte do controle da secreção do hormônio do crescimento é provavelmente mediada mais pelo hormônio de liberação do hormônio do crescimento do que pela somatostatina.

Em condições agudas, a *hipoglicemia* constitui um estimulador da secreção de hormônio do crescimento mais potente do que qualquer redução súbita da ingestão de proteínas. O principal fator de controle a longo prazo da secreção de hormônio do crescimento consiste no estado de nutrição dos próprios tecidos, particularmente seu nível de nutrição protéica. Isto é, a deficiência nutricional ou o excesso de necessidade de proteínas celulares dos tecidos – por exemplo, após período intenso de exercício físico, quando há demanda excessiva no estado nutricional dos tecidos – aumentam a secreção do hormônio do crescimento. Por sua vez, o hormônio do crescimento promove a síntese de novas proteínas e, ao mesmo tempo, conserva as que já estão presentes nas células.

**Intermedina.** O MSH é o único hormônio da adenohipófise secretado por sua parte intermédia. Esse hormônio promove dispersão de grânulos melânicos pelo citoplasma das células da epiderme, o que leva a um escurecimento da pele e maior fotoproteção. O MSH é o mais potente escurecedor conhecido. Sua fórmula química assemelha-se ao do ACTH.

## NEUROHIPÓFISE

Quando impulsos nervosos são transmitidos distalmente ao longo das fibras dos núcleos supra-ópticos e paraventriculares, os hormônios neurohipofisários são liberados a partir dos grânulos secretores nas terminações nervosas por exocitose, sendo absorvido nos capilares adjacentes (quadro 16). Tanto a neurofisina quanto os hormônios são secretados juntos. Entretanto, como estão apenas frouxamente ligados, os hormônios são liberados tão logo cheguem ao sangue.

Os pituícitos não secretam hormônios. Atuam como estrutura de sustentação para terminações de axônios que se originam nos núcleos supra-ópticos e paraventriculares do hipotálamo.

HORMÔNIOS DO HIPOTÁLAMO E DA NEUROHIPÓFISE		
local	hormônio	efeito
hipotálamo	TRH ou hormônio liberador de tireotropina	secreção de TSH e PRL
	GnRH ou hormônio liberador de gonadotropina	secreção de FSH e LH
	somatostatina	inibe a secreção de GH e TSH
	SRH ou hormônio liberador de somatotropina	secreção de GH e TSH
	dopamina	inibe a secreção de PRL
parte nervosa	CRH ou hormônio liberador de corticotropina	secreção de lipotropina B e ACTH
	ADH, vasopressina ou hormônio antidiurético	reabsorção de água pelos rins, vasoconstrição e elevação da pressão arterial
	ocitocina	contração do útero e das células mioepiteliais da glândula mamária

Quadro 16 – Hormônios do hipotálamo e da neurohipófise.

**Vasopressina.** Este hormônio é armazenado na neurohipófise e liberado por meio de impulsos nervosos oriundos de neurônios cujos corpos celulares se encontram no hipotálamo.

O efeito principal do ADH é aumentar a permeabilidade dos túbulos coletores do rim à água. Como consequência, mais água é absorvida por estes túbulos e a urina se torna hipertônica. Assim, a vasopressina ajuda a regular o equilíbrio osmótico do ambiente interno. Em doses altas, ela promove a contração do músculo liso de vasos sanguíneos, principalmente de artérias pequenas e arteríolas, elevando a pressão sanguínea.

Internamente à membrana celular das células epiteliais dos túbulos dos rins existem várias vesículas, as *aquaporinas*, com poros altamente permeáveis à água. Quando o ADH atua sobre a célula, ele se combina, inicialmente, com receptores de membrana que induzem a formação de AMPc no interior do citoplasma da célula tubular. O AMPc causa, por sua vez, a fosforilação de elementos nas aquaporinas, de modo que as vesículas passam a inserir-se na membrana celular apical, fornecendo assim muitas áreas de alta permeabilidade à água. Esse processo fornece vários poros novos, que permitem a difusão de água do líquido tubular para o líquido peritubular. A seguir, a água é absorvida a partir dos túbulos e ductos coletores por osmose.



A concentração osmótica dos líquidos extracelulares é o principal elemento que controla a produção de ADH. Quanto mais concentrados os líquidos do corpo, maior a liberação de ADH. Por outro lado, quanto mais hipotônicos os líquidos, menor a secreção do hormônio.

**Ocitocina.** Este hormônio neuro-hipofisário estimula a contração do músculo liso da parede uterina durante o coito e durante o parto, assim como das células mioepiteliais que cercam os alvéolos e tubos das glândulas mamárias durante o aleitamento. A secreção de ocitocina é estimulada por distensão da vagina ou da cérvix uterina e pela amamentação, através de tratos nervosos que agem sobre o hipotálamo. O mecanismo neuro-hormonal para a secreção de ocitocina, *reflexo de ejeção do leite*, é desencadeado pela sucção dos mamilos.

## PINEAL

A pineal está envolvida no controle dos *biorritmos circadianos*, que duram cerca de 24 h, e dos *biorritmos sazonais*, relacionados à estação do ano. A pineal responde a estímulos luminosos captados pela retina, os quais são transmitidos ao córtex cerebral e retransmitidos à pineal por nervos do sistema simpático. Na diminuição ou falta de luz, a pineal secreta *melatonina* e vários peptídios, cuja quantidade na circulação aumenta muito durante o período de escuridão de um ciclo diário de 24 horas. Essas moléculas, por sua vez, promovem mudanças rítmicas nas atividades secretoras das gônadas e de vários outros órgãos. A glândula pineal é então um *transdutor neuroendócrino*, convertendo impulsos nervosos em modificações de níveis de produção de hormônios.

Devido a suas pequenas dimensões, a presença de células neurogliais e a sensibilidade à ação da luz, a pineal pode ser entendida como um produto de involução humana, resultante da regressão de um terceiro olho para um órgão secretor fotossensível. Assim considerado, o corpo pineal é agora aceito como uma glândula endócrina de muita importância reguladora, modificando a atividade da adenohipófise, neurohipófise, pâncreas endócrino, paratireoides, adrenais e gônadas. Seus efeitos são principalmente inibidores: acredita-se que a *indolamina* e os hormônios polipeptídios secretados pelos pinealócitos reduzem a síntese e a liberação de hormônios da parte anterior da hipófise, por ação direta sobre suas células de secreção e inibindo indiretamente a produção de fatores liberadores hipotalâmicos.

Os efeitos da melatonina sobre a pele são exatamente opostos aos do MSH. Em primeiro lugar, o MSH é liberado pela presença de luz e a melatonina, pela ausência. Em segundo lugar, a melatonina causa clareamento da epiderme por meio da agregação de grânulos de melanina em torno do núcleo dos queratinócitos, enquanto que o MSH causa um escurecimento da epiderme por meio de uma dispersão dos grânulos no citoplasma das mesmas células.

## TIREOIDE

A tireoide tem fluxo sanguíneo que corresponde a cinco vezes o seu peso a cada minuto, constituindo, portanto, na glândula endócrina de maior suprimento sanguíneo do corpo após o córtex suprarrenal.

A *tireoidectomia parcial* é frequentemente necessária no *hipertireoidismo* e no aumento da tireoide. Remove-se o suficiente para se aliviar os sintomas e evitar o *hipotireoidismo* e o *mixedema*. Durante ligadura da artéria tireoide inferior, a proximidade do nervo laríngeo recorrente é um perigo. A afonia temporária algumas vezes segue simplesmente uma compressão do nervo; a divisão completa reduz a voz a um sussurro. Na tireoidectomia parcial, as partes posteriores de ambos os lobos são deixadas intactas para preservar as glândulas paratireoides.

## HORMÔNIOS TIREOIDIANOS

A tireoide é a única glândula endócrina que acumula o seu produto de secreção em quantidade apreciável; esse acúmulo é feito no coloide e calcula-se que, no homem, haja quantidade suficiente de hormônio dentro dos folículos para suprir o organismo por cerca de três meses. O colóide é constituído principalmente por uma glicoproteína de alto peso molecular denominada *tireoglobulina*.

Quando a altura do epitélio tireoídiano é baixa, a glândula é considerada hipoativa. Em contraposição, quando há muito TSH circulante, há um aumento acentuado na altura do epitélio folicular e hiperatividade da glândula. Essa alteração é acompanhada por uma diminuição da quantidade de coloide e do diâmetro dos folículos.

O iodo requerido para completar a formação da tireoglobulina penetra através da membrana plasmática basilar das células foliculares por transporte ativo, a partir dos capilares sanguíneos. O iodo é então fixado aos grupos tirosil das glicoproteínas sintetizadas e secretadas pelos endocrinócitos para formar *mono* e *diiodotirosinas*; estes grupos são então reunidos em grupos de

*iodotirosinas* (hormônios tireóideos em ligação peptídica) para completar a formação da tireoglo-bulina iodada, a precursora dos hormônios tireóideos.

Cada molécula de tireoglobulina contém cerca de 70 aminoácidos de tirosina, que constituem os principais substratos que se combinam com o iodo para formar os hormônios tireóideos. Por conseguinte, os hormônios tireóideos formam-se no interior da molécula de tireoglobulina.

Quando ativadas pelo TSH ou pelas terminações nervosas adrenérgicas, os endocrinócitos fazem endocitose da tireoglobulina do coloide, seguido de degradação e liberação dos hormônios tireóideos nos capilares sanguíneos. Durante este período, o coloide desaparece gradualmente à medida que proteases ácidas e peptidases nos fagolisosomas degradam a tireoglobulina iodada, liberando  $T_3$  ou *triiodotironina* e  $T_4$  ou *tiroxina*, que passam basilarmente para serem liberadas, deixando a glândula principalmente via capilares linfáticos.

Embora a atividade folicular seja principalmente controlada pelo TSH, há uma influência simpática direta sobre as células foliculares. As catecolaminas liberadas podem aumentar a incorporação de iodo e a síntese de hormônios. As catecolaminas e o TSH interagem com receptores diferentes nas células foliculares e atuam com efeitos semelhantes. Ambos ativam a *adenil-ciclase*, aumentando a formação da AMPc, que aumenta liberação hormonal e a ligação entre o sistema nervoso e as células foliculares. Essa ligação pode mediar para o meio interno respostas transitórias rápidas de estímulos ambientais.

O TSH estimula todas as etapas da produção de hormônios da tireoide. Os hormônios tireoidianos, por sua vez, inibem a síntese do TSH, estabelecendo-se um equilíbrio que mantém o organismo com quantidades adequadas de tiroxina e triiodotironina.

$T_3$  e  $T_4$  cruzam livremente a membrana baso-lateral dos endocrinócitos foliculares e se difundem até os capilares sanguíneos.  $T_4$  é mais abundante que  $T_3$ , constituindo cerca de 90% do hormônio circulante da tireoide, porém  $T_3$  exerce sua ação de modo mais precoce, intenso e prolongado. Durante os poucos dias subsequentes, cerca da metade da tiroxina secretada passa por lenta desiodetação, formando quantidade adicional de triiodotironina.

A maioria dos efeitos dos hormônios tireoidianos é resultado da sua ação na taxa de metabolismo basal. Eles aumentam a absorção de carboidratos no intestino e regulam o metabolismo de lipídios. Os hormônios tireoidianos também influenciam o crescimento do corpo e o desenvolvimento do sistema nervoso durante a vida fetal.

Uma das principais funções da tiroxina parece ser a de aumentar o número e a atividade das mitocôndrias, o que, por sua vez, aumenta a velocidade de formação de ATP para energizar a função celular.

Uma das enzimas que aumentam em resposta aos hormônios tireóideos é a *Na,K-ATPase*, a qual, por seu turno, aumenta a velocidade do transporte dos íons sódio e potássio através das membranas celulares de alguns tecidos. Como esse processo consome energia e aumenta a quantidade de calor produzido no organismo, foi sugerido que poderia constituir um dos mecanismos pelos quais o hormônio tireóideo aumenta o metabolismo do corpo.

O aumento do metabolismo nos tecidos provoca utilização mais rápida de oxigênio e maior liberação de produtos finais do metabolismo. Esses efeitos causam vasodilatação na maioria dos tecidos do organismo, com o conseqüente aumento do fluxo sanguíneo. A intensidade do fluxo sanguíneo na pele aumenta, particularmente devido à necessidade aumentada de eliminação do calor do corpo. Como conseqüência do fluxo sanguíneo aumentado, o débito cardíaco também aumenta.

O efeito geral do hormônio tireóideo consiste em ativar a transcrição nuclear de grande número de genes. Por conseguinte, em praticamente todas as células do organismo, é sintetizado grande número de enzimas, proteínas estruturais e transportadoras e outras substâncias. Os hormônios tireóideos também aumentam a sensibilidade dos tecidos à adrenalina e noradrenalina. O resultado final consiste no aumento generalizado do metabolismo, o que incrementa a secreção das outras glândulas endócrinas e a necessidade de mais hormônios pelos tecidos.

Não se pode observar, praticamente, qualquer efeito sobre o metabolismo durante dois a três dias após a liberação dos hormônios da tireoide, demonstrando, assim, a existência de longo período latente antes de começar a atividade de tiroxina. A maior parte da latência e do período prolongado de ação desses hormônios é causada por sua ligação a proteínas, tanto no plasma quanto nas células dos tecidos, seguida por sua lenta liberação.

## CALCITONINA

Os grânulos das células C das paratireoides contêm o hormônio *calcitonina*, sintetizado por estas células, cujo efeito principal é abaixar o nível de cálcio do plasma pela inibição de reabsorção de osso. A secreção de calcitonina é ativada por uma elevação da concentração de cálcio do plasma.

A calcitonina produzida na tireóide também influencia os osteoclastos, inibindo tanto sua ação de reabsorção de osso como a liberação de cálcio,

diminuindo a concentração deste íon no plasma e estimulando a osteogênese, tendo, portanto, ação oposta à do paratormônio. Entretanto, o papel quantitativo da calcitonina é bem inferior ao do PTH na regulação da concentração de íons cálcio. A ação conjunta de ambos os hormônios é um mecanismo para regular de maneira precisa o nível de cálcio no sangue, um fator importante para o funcionamento de vários tecidos e órgãos.

## PARATIREOIDES

Ao contrário da tireoide, onde a atividade das células adjacentes é sincronizada, cada endocrinócito paratireóideo tem ciclos de secreção independentes.

A secreção do PTH é cálcio-dependente. O aumento da concentração de cálcio no plasma sanguíneo suprime a produção do hormônio, enquanto que a redução do cálcio sérico aumenta a secreção do PTH.

Até mesmo a menor diminuição da concentração de íons cálcio no líquido extracelular determina aumento da secreção das glândulas paratireóides dentro de poucos minutos. Se a concentração diminuída de cálcio persistir, as glândulas passam por hipertrofia, algumas vezes atingindo cinco vezes o tamanho normal. Por outro lado, as condições que aumentam as concentrações de íons cálcio acima do normal resultam em atividade diminuída e em redução do tamanho das glândulas paratireóides. A diminuição de apenas fração de miligrama por decilitro da concentração plasmática de cálcio pode aumentar por duas vezes a secreção do PTH. Essa é a base do sistema de *retroalimentação* extremamente potente do corpo para o controle da concentração plasmática de íons cálcio.

O PTH se liga a receptores em osteoblastos, induzindo-os a produzir um fator estimulante de osteoclastos que aumenta o número e a atividade dessas células, promovendo assim a reabsorção de matriz óssea e a liberação de cálcio no sangue, aparentemente através da estimulação da *osteólise osteocítica*.

O PTH também afeta o transporte de íons pelo rim, aumentando a excreção de fosfato, sódio e potássio e diminuindo aquela do cálcio; também pode afetar o transporte de cálcio para o intestino. O *1,25-hidroxicoлекаlCIFEROL*, cuja produção é regulada pelo hormônio PTH, compartilha muitos destes efeitos e pode modular a ação do hormônio PTH.

O hormônio da paratireoide atua nas células dos túbulos renais diminuindo a reabsorção de fosfato e aumentando sua excreção na urina, o que reduz a concentração de fosfato no sangue. O paratormônio aumenta indiretamente a absorção de cálcio no trato digestivo, estimulando a síntese de vitamina D, que é necessária para esta absorção.

O PTH exerce dois efeitos sobre o osso, determinando a absorção de cálcio e de fosfato desse tecido. Um deles consiste em uma rápida fase que começa dentro de poucos minutos e aumenta progressivamente por várias horas. Essa fase resulta da ativação de osteócitos, resultando em osteólise por reabsorção óssea. A segunda fase é muito lenta, levando vários dias ou semanas para se desenvolver por completo. Resulta da proliferação dos osteoclastos, seguida por acentuada reabsorção osteoclástica, e não apenas da absorção de sais de fosfato de cálcio do osso.

## SUPRARRENAIS

As adrenais são as glândulas que apresentam a maior desproporção entre seu volume, pequeno, e sua vascularização, abundante. A grande quantidade e o diâmetro avantajado de seus vasos garante a remoção rápida de seus produtos vasoconstritores, as *catecolaminas*, impedindo isquemia das próprias suprarrenais. Deste modo, as glândulas se apóiam no topo dos rins, em uma situação alta no abdome, próxima à zona onde vasos cardíacos supridores – a veia cava inferior e a aorta – são mais calibrosos e, assim, capazes de fornecer um maior fluxo sanguíneo.

O sangue alcança a medula adrenal passando pelos sinusóides do córtex, o que permite o carregamento de hormônio glicocorticoide suficiente para manter a produção de *feniletanolamina-N-metiltransferase*, enzima produtora da adrenalina a partir da noradrenalina.

## CÓRTEX

As células do córtex suprarrenal não armazenam produtos de secreção em grânulos. A maior parte de seus hormônios esteroides é sintetizada e secretada após estímulo. Os esteroides, sendo moléculas de baixo peso molecular e solúveis em lipídios, podem difundir-se livremente pela membrana celular e não necessitam sofrer exocitose para sua liberação.

Os *mineralocorticoides* receberam esse nome por sua propriedade de afetar especialmente os “minerais”, isto é, os eletrólitos dos líquidos extracelulares – o sódio e o potássio, em particular. Os *glicocorticoides* receberam seu nome por exercerem efeitos importantes na *glicemia*, ou seja, nos níveis de glicose no sangue.

A *zona glomerulosa* secreta mineralocorticoides, mormente a *aldosterona*, que contribuem para manter o equilíbrio adequado de água e eletrólitos, como sódio e potássio. A secreção dessas células é controlada principalmente pelas

concentrações de angiotensina II e de potássio do líquido extracelular. A *zona fasciculada* secreta os glicocorticoides *cortisona* e *hidrocortisona* ou *cortisol*, os quais regulam o metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios. A secreção dessas células é controlada pelo eixo hipotálamo-hipofisário, por meio da ação do ACTH. As células da *zona reticulada* produzem *hormônios sexuais*, como *progesterona*, *estrógenos* e *andrógenos*. O ACTH também regula a secreção dessas células.

Os glicocorticoides têm um efeito profundo no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios. No fígado, os glicocorticóides promovem a retirada de ácidos graxos, aminoácidos e carboidratos do sangue, causando o acúmulo de fontes de energia, síntese de proteínas e de glicose pelos hepatócitos. O efeito mais bem conhecido dos glicocorticóides sobre o metabolismo consiste na estimulação da *gliconeogênese* no fígado, ou seja, na síntese hepática de glicogênio a partir de precursores não-glicídicos, especialmente a partir de proteínas. Os efeitos do cortisol sobre os sistemas metabólicos resultam da capacidade do hormônio de mobilizar os aminoácidos dos tecidos periféricos, especialmente dos músculos, enquanto aumenta as enzimas hepáticas necessárias para os efeitos exercidos pelo fígado.

O cortisol reduz todas as fases do processo inflamatório por meio da estabilização das membranas lisossômicas e celulares e da redução da síntese de prostaglandinas e de leucotrienos, a partir do ácido araquidônico, nas membranas celulares danificadas. Os glicocorticoides também suprimem a resposta imune destruindo linfócitos circulantes e inibindo a atividade mitótica em órgãos formadores de células imunitárias.

O controle da secreção de cortisol está na excitação do hipotálamo por diferentes tipos de estresse. Os estímulos ativam todo o sistema para causar rápida liberação de cortisol, e este inicia uma série de efeitos metabólicos para aliviar a natureza lesiva do estado estressor. Além disso, existe *retroalimentação* direto do cortisol sobre o hipotálamo e a hipófise anterior, diminuindo a concentração plasmática do cortisol nos momentos em que o organismo não está sendo submetido a estresse. Todavia, se os estímulos estressores forem persistentes, eles podem superar o *retroalimentação* inibitório do cortisol, causando exacerbações da secreção de cortisol em múltiplos momentos do dia ou secreção prolongada em períodos de estresse crônico.

Os mineralocorticoides agem principalmente nos túbulos contorcidos distais dos rins, mas também na mucosa gástrica, glândulas salivares e sudoríparas, estimulando a absorção de sódio pelas células desses locais. Eles podem au-

mentar a concentração de potássio e diminuir a concentração de sódio no músculo e nos neurônios do cérebro.

O controle inicial da secreção pelo córtex adrenal ocorre pela liberação do CRH na eminência mediana da hipófise. Isso é seguido pela secreção de ACTH pela parte distal da hipófise, que estimula a síntese e a secreção de hormônios corticais.

O córtex adrenal é indispensável. Sua remoção é letal, pois o organismo fica privado de hormônios vitais. Os mineralocorticóides são considerados a porção “salvadora da vida” dos hormônios adrenocorticais. Mas os glicocorticóides são igualmente necessários, pois permitem ao indivíduo resistir aos efeitos desgastantes das tensões físicas e mentais impostas por um ambiente hostil.

Em órgãos periféricos, como a pele, músculo e tecido adiposo, os glicocorticóides induzem um efeito oposto, catabólico, reduzindo atividade sintética e promovendo a degradação de proteínas e lipídios. Os subprodutos da degradação – aminoácidos e ácidos graxos – são retirados do sangue pelos hepatócitos.

## MEDULA

Ao contrário do córtex, que não armazena esteróides, as células parenquimatosas da medula acumulam hormônios em grânulos, os quais contêm uma *catecolamina*, seja a *adrenalina* ou *epinefrina*, seja *noradrenalina* ou *norepinefrina*. Oitenta por cento das catecolaminas sintetizadas e liberadas pela veia suprarrenal são constituídas de epinefrina. *ATP*, *cromograninas* (proteínas de ligação para catecolaminas), *dopamina beta-hidroxilase* (enzima conversora de dopamina para norepinefrina) e *encefalinas* (peptídeos semelhantes a opiáceos) são outras substâncias presentes nos grânulos.

Os sinusóides das adrenais drenam para a veia suprarrenal do hilo. Normalmente, pouca adrenalina ou noradrenalina é liberada, mas, no medo, raiva e *stress*, a secreção é aumentada. A noradrenalina produz vasoconstrição, hipertensão e aumento da frequência cardíaca, enquanto a adrenalina possui um efeito acentuado sobre o metabolismo dos carboidratos, produzindo hiperglicemia (quadro 17). Ao contrário do seu córtex, a medula da glândula suprarrenal não é essencial para a vida. A sua remoção não possui efeito claro.

A secreção das catecolaminas é mediada por grande número de fibras pré-ganglionares mielinizadas que inervam as células cromafins.



PRINCIPAIS EFEITOS CATECOLAMÍNICOS	
sistema nervoso	redução do medo, ansiedade e apetite;
olho	aumento da atenção, da percepção e da resistência à dor
glândulas	dilatação de pupila
músculos estriados	vasoconstrição e redução da secreção
coração	vasodilatação, aumento do tônus, da força e da resistência à fadiga
pulmão	aumento de força, ritmo, condução e excitabilidade
canal alimentar	broncodilatação e redução das secreções traqueobrônquicas
pâncreas	inibição de peristalse e aumento do tônus esfinteriano
fígado	hiperglicemia
suprarrenal	glicogenólise
pele	estímulo de secreção de catecolaminas
rim	vasoconstrição e piloereção
bexiga	vasodilatação
útero e ovidutos	inibição do detrusor e estímulo do esfíncter uretral interno
	vasoconstrição e inibição da contração

Quadro 17 – Principais efeitos catecolamínicos.

## INTERAÇÕES NEUROENDÓCRINAS

O líquido tissular e plasma são regulados pela atividade coordenada dos sistemas autônomo e endócrino, este último incluindo as glândulas endócrinas e o *sistema neuroendócrino difuso*. Todos operam através da comunicação intercelular, porém diferem no modo e velocidade, e no grau de localização dos efeitos produzidos.

## SISTEMA NEUROENDÓCRINO DIFUSO

Antigamente denominado *sistema Amine Precursor Uptake Descarboxylation (APUD)*, o *sistema neuroendócrino difuso (SNED)* sintetiza péptides relacionados que atuam como hormônios ou neurotransmissores. Mais de quarenta diferentes tipos de células foram categorizadas como células APUD, incluindo células cromafins, células produtoras de péptides do hipotálamo, hipófise, corpo pineal, as glândulas paratireoides e placenta, as células de *Kulchitsky* nos pulmões, as células mioendócrinas dos átrios cardíacos e dos ventrículos.

O sistema APUD é considerado uma terceira divisão do sistema nervoso. São efetores de terceira linha que suportam, modificam ou amplificam as ações dos neurônios nas divisões autônomas e somáticas. Seus efeitos são mais lentos no início e de duração mais longa do que aqueles das células autônomas. Os produtos de liberação do SNED podem agir sobre células contíguas, adjacentes ou distantes, as últimas por via sanguínea. Essas secreções podem, assim, ser consideradas intermediárias entre os transmissores, que atuam localmente, produzidos pelos neurônios, e as secreções endócrinas de atuação remota. Tal sistema complementa e coordena os sistemas nervoso e endócrino, todos os três interagindo para fornecer um mecanismo preciso para o controle da homeostasia.

## SISTEMA AUTÔNOMO

A parte autônoma do sistema nervoso utiliza a liberação de neurotransmissores para transmitir informação de uma maneira rápida e localizada. Já o SNED usa somente secreções, o que torna as respostas induzidas mais lentas e menos restritas, porque as secreções – por exemplo, neurotransmissores – podem agir sobre células contíguas, sobre grupos de células próximas secreção parácrina ou sobre células distantes através de hormônios. O sistema endócrino compreende células isoladas ou aglutinadas e pequenas glândulas sem ductos que produzem hormônios; é mesmo mais lento e menos localizado, embora seus efeitos sejam específicos e frequentemente prolongados. Esses sistemas reguladores se sobrepõem em forma e função, com uma graduação da parte autônoma do sistema neural, através dos mecanismos neuroendócrinos difusos intermediários até o sistema endócrino propriamente dito.

## HIPOTÁLAMO

A íntima relação dos sistemas autônomo e endócrino, tanto estrutural quanto funcional, é exemplificada pelo *hipotálamo*. Este integra ambos os sistemas e é o local principal no qual suas atividades se combinam. A despeito de suas funções nervosas, o hipotálamo também é endócrino, produzindo, por neurosecreção, uma ampla gama de hormônios péptides, incluindo fatores de liberação e inibição que controlam a atividade da adenohipófise. Embora considerados separadamente, os sistemas autônomo e endócrino são realmente um único regulador neuroendócrino das atividades metabólicas e ambiente interno do organismo.

O hipotálamo recebe sinais de muitas fontes do sistema nervoso. Assim, quando o indivíduo é exposto à dor e a pensamentos depressivos ou excitantes, parte do sinal é transmitido ao hipotálamo. Estímulos olfatórios, indicando odores agradáveis ou desagradáveis, transmitem fortes sinais diretamente, e também indiretamente através dos núcleos amigdaloides, para o hipotálamo. Concentrações variáveis de nutrientes, eletrólitos, água e vários hormônios no sangue excitam várias porções do hipotálamo. Por conseguinte, o hipotálamo é um centro coletor de informações relativas ao bem-estar interno do corpo, e, por sua vez, grande parte dessa informação é utilizada para controlar as secreções de muitos hormônios hipofisários de importância global. As células neurosecretoras do hipotálamo são, assim, *transdutores neuroendócrinos*, que recebem sinais neurais e hormonais e que respondem pelos hormônios de secreção, transduzindo, assim, um tipo de sinal em outro.



---

# SISTEMA IMUNOLÓGICO

---

*Eu, porém, cantarei a Tua força; pela manhã louvarei com alegria a Tua misericórdia; pois Tu me tens sido alto refúgio e PROTEÇÃO no dia da minha angústia.*

(Salmos 59:16)

Dispersos amplamente no corpo está o *sistema imunológico* ou *imunitário*, formado de tecidos, líquidos e células relacionados com uma variedade de funções interligadas, incluindo a circulação e a modificação do líquido formado nos leitos capilares, a remoção pelos fagócitos dos restos de células e de matéria estranha e as respostas imunes específicas de linfócitos e outras células.

Hodiernamente se fala em *sistema neuroimunoendócrino*. Vários hormônios, como o ACTH, glicocorticoides, LH, FSH, TSH, STH, insulina e hormônios sexuais influenciam a atividade das células T, o que atesta a interdependência entre o sistema imune e o neuroendócrino. Os agentes que afetam a ambos, incluindo as diferentes formas de estresse fisiológico, psíquico, neural, infeccioso e alérgico, causam mudanças complexas na operação de ambos os sistemas.

---

## MICROANATOMIA

---

### ASPECTOS GERAIS

#### COMPONENTES DO SISTEMA IMUNOLÓGICO

O sistema imunológico é um aglomerado funcional resultante da ação combinada de três tipos de estruturas identificáveis: os *órgãos linfoides*, os *órgãos linfáticos* e o *sistema mononuclear fagocitário*.

#### ÓRGÃOS LINFÁTICOS E LINFOIDES

Os *órgãos linfáticos* são os *órgãos imunológicos* atravessados diretamente por *linfa*. Eles são responsáveis pela recirculação e purificação desse líquido para o sangue. Os *órgãos linfáticos* correspondem aos *linfonodos*, *nódulos linfáticos* e *vasos linfáticos*.

Os *órgãos linfoides* são constituídos pela *medula óssea*, *timo* e *baço*. Estão relacionados aos *linfócitos*, sendo responsáveis pela produção, maturação, proliferação e armazenamento desses leucócitos para serem entregues à circulação hemal. O tecido linfóide é completamente separado do linfático, se interpondo entre esse e o sangue. Os *linfócitos* são armazenados em *órgãos linfoides*, com exceção de um pequeno número que está sendo transportado no sangue temporariamente.

#### SISTEMA MONONUCLEAR FAGOCÍTICO

O *sistema mononuclear fagocítico (SMF)*, antigamente denominado de *sistema retículo-endotelial*, é um conjunto de células fagocíticas com núcleos não segmentados que atuam na defesa imunológica do organismo. O SMF está presente no corpo inteiro e seus componentes são todos da família dos *macrófagos* (figura 72).

**Caracteres comuns.** As células do SMF originam-se de células-tronco na medula óssea relacionadas com a produção de leucócitos da linhagem dos monócitos e neutrófilos.

Os *monócitos* circulam no sangue e migram para seus tecidos hospedeiros através das paredes endoteliais dos capilares e vênulas. Lá chegando, eles podem sofrer mais uma divisão celular limitada ou se mover para outros locais.

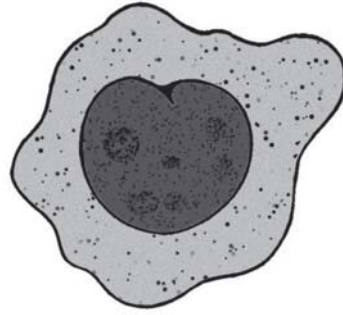


Figura 72 – Macrófago.

Os fagócitos mononucleares variam em estrutura, dependendo de sua localização, mas exibem diversas características comuns. Suas superfícies apresentam um grupo único de moléculas do *complexo maior histocompatibilidade – antígenos MHC classe 2* – que as tornam aptas a interagir cooperativamente com os linfócitos. Todos os fagócitos mononucleares são células grandes com algum retículo endoplasmático agranular e granular, um ativo complexo de Golgi, mitocôndrias e um grande núcleo, tudo indicando um metabolismo ativo e uma síntese intensa de enzimas lisossômicas. Também todas as células possuem superfícies irregulares com muitos filopódios e contêm quantidades variadas de vesículas endocíticas e lisossomas.

**Distribuição.** As células do SMF recebem nomes de acordo com sua localização: *monócitos* no sangue, *histiócitos* ou *clasmatócitos* no tecido conjuntivo, *células de von Kupffer* no fígado, *células da micróglia* no sistema nervoso central, *meningócitos* nas meninges, *macrófagos pleurais*, *peritoneais*, *alveolares*, *esplênicos* e *sinoviais* nos seus respectivos locais. Ao contrário do que se pensa, os *osteoclastos* não fazem parte da linhagem dos macrófagos, embora sejam avidamente fagocíticos. As *células dendríticas* e *interdigitantes* têm propriedades semelhantes aos macrófagos, mas possuem uma forma altamente ramificada. As células dendríticas também estão presentes em várias regiões do corpo, como nos linfonodos, baço, timo e epiderme.

No tecido subseroso da pleura e do peritônio, os macrófagos se agregam como manchas leitosas, próximo dos pequenos troncos linfáticos. No baço, os macrófagos ocorrem em cachos em torno das saídas das arteríolas penicilares. Muitos macrófagos podem se fundir e formar um grandes sincício, a *célula gigantes de corpo estranho*, que engloba partículas muito grandes para serem

fagocitadas ou atacam organismos infecciosos específicos, como os bacilos da tuberculose. Na célula gigante de corpo estranho, cada macrófago é uma *célula epitelióide*, pois assume o aspecto de uma célula epitelial poliédrica imóvel, que se dispõe em muitas camadas em torno de uma ou mais partículas centrais que estão sendo destruídas.

Em algumas situações, os macrófagos parecem ser sedentários, os *macrófagos fixos*, enquanto em outras podem migrar livremente dentro dos tecidos, ou atravessar as paredes dos vasos sanguíneos e vasos linfáticos.

## LINFÓCITOS

Após os neutrófilos, os linfócitos são o tipo mais numeroso de leucócitos, formando 20 a 30% do seu número total no sangue. Os linfócitos são células redondas, com núcleos volumosos, esféricos e escuros nos preparados histológicos habituais, característica que favorece sua identificação. Ocasionalmente o núcleo é tão grande que o citoplasma desaparece ou se torna um filete perinuclear (figura 73).

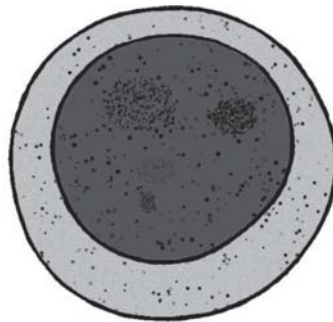


Figura 73 – Linfócito.

Levados pelo sangue e pela linfa, os linfócitos migram dos órgãos centrais para os *órgãos imunológicos periférico*: o *baço*, *linfonodos*, *nódulos linfáticos*, *tonsilas*, *apêndice* e *placas de Peyer*. Nestas estruturas, os linfócitos proliferam e completam a diferenciação.

**Tipos de linfócitos.** Os linfócitos têm sido classificados segundo três critérios principais: (1) longevidade: *linfócitos de vida curta* e *de vida longa*, (2)



tamanho: *linfócitos grandes* e *pequenos* e, principalmente, (3) *origem e função*: *linfócitos T, B* e *NK*.

*Linfócitos de vida curta* e *linfócitos de vida longa*. O período de vida dos linfócitos varia de poucos dias a muitos anos, e assim podemos distinguir entre linfócitos de *vida curta* e *de vida longa*, os últimos sendo de grande importância nos mecanismos da memória imunológica.

*Linfócitos grandes* e *linfócitos pequenos*. Os linfócitos pequenos, que formam a maioria no sangue circulante, contêm núcleo arredondado densamente tingido, circundado por uma borda muito estreita de citoplasma. Nenhuma organela pode ser vista no citoplasma, exceto poucas mitocôndrias, lisosomas, ribosomas simples e algum retículo endoplasmático. Essas características indicam uma baixa taxa metabólica e diz-se que tais linfócitos estão na fase de repouso.

Os linfócitos grandes na circulação são uma mistura de células imaturas, os *linfoblastos*, capazes de divisão celular para produzir linfócitos pequenos e células maduras, as últimas funcionalmente ativas após a estimulação do sistema imunológico. Tanto os linfoblastos quanto as células maduras são ativamente utilizados na síntese de proteínas, e assim contêm um núcleo grande e um citoplasma com numerosos agrupamentos de polirribosomas. A ultraestrutura destas células varia de acordo com sua classe, B ou T.

*Linfócitos T, B* e *NK*. Os *linfócitos T*, *linfócitos timo-dependentes* ou *timócitos* são os linfócitos que apresentam em sua superfície marcadores histoquímicos da classe do CD4 ou CD8. No sangue normal, aproximadamente 85% dos linfócitos são T. Todos os linfócitos se originam da medula óssea, mas os linfócitos T completam sua maturação no timo. Por esse motivo, a medula óssea e o timo são chamados de *órgãos imunológicos centrais*.

Os *linfócitos B* ou *linfócitos bursa-dependentes* são aqueles que apresentam como marcadores histoquímicos em sua superfície imunoglobulinas da classe IgM ou IgD.

Os *linfócitos NK* ou *linfócitos natural killer* são morfológicamente idênticos a qualquer tipo de linfócito, mas não apresentam em sua superfície os marcadores das células B ou T. Após um período de diferenciação na medula óssea, tanto os linfócitos NK quanto os linfócitos B passam para a circulação e tecidos como células maduras.

## MACRÓFAGOS

Os monócitos são os maiores dos leucócitos agranulares, mas eles formam apenas uma pequena porção dos leucócitos (2 a 8%). O núcleo é grande e tem uma indentação característica de um lado, próxima à qual há um proeminente complexo de Golgi. O citoplasma é rico em lisossomas e mitocôndrias, refletindo a natureza altamente móvel da célula. Os monócitos são ativamente fagocíticos.

Todas as características morfológicas e funcionais dos monócitos são semelhantes àquelas dos macrófagos. Na verdade, os monócitos são macrófagos no processo da passagem da medula óssea, onde eles são formados, para os tecidos periféricos via corrente sanguínea. Essas células migram para locais extravasculares por meio de movimentos amebóides através de poros existentes nas paredes dos capilares e vênulas.

## ESTRUTURAS E ÓRGÃOS IMUNOLÓGICOS

### VASOS LINFÁTICOS

Os vasos linfáticos são tubos endoteliais revestidos externamente por tecido conectivo. Suas túnicas são as mesmas que as das veias de calibre correspondente.

Grandes troncos linfáticos coletores possuem três túnicas histológicas semelhantes àquelas das pequenas veias. Porém, os vasos linfáticos diferem das pequenas veias por terem muito mais válvulas.

O *ducto torácico* é semelhante, em estruturas, a uma veia de tamanho médio, mas o músculo não estriado na sua túnica média é mais proeminente, e movimentos pulsáteis de suas paredes foram descritos.

Os linfócitos estão intimamente ligados com os canais linfáticos e processam ou acrescentam conteúdo líquido ou celular à linfa nos linfonodos e nódulos linfáticos. Material infeccioso e células neoplásticas frequentemente espalham-se a partir de um local infectado ao longo dos linfáticos, e assim os detalhes de seus trajetos provenientes das diferentes regiões e órgãos são clinicamente importantes. A dissecação não é um método apropriado para a determinação destes trajetos porque os vasos linfáticos são delgados e difíceis de ver.

A maior parte do líquido tissular formado nas extremidades arteriais dos capilares retorna para a circulação por meio de suas extremidades venosas, mas de 10 a 20% de tal líquido passam através das terminações dos capilares

linfáticos, depois atravessam um ou mais linfonodos antes de retornarem para o sistema venoso e, assim, para a circulação hemal.

Nos espaços tissulares, os capilares linfáticos formam plexos com malhas muito mais amplas do que aquelas dos capilares sanguíneos adjacentes. E, diferente da maioria dos capilares hemais, são prontamente permeáveis a material coloidal e partículas maiores, tais como células inteiras, restos de células e microorganismos provenientes dos espaços intersticiais.

A linfa proveniente da maioria dos tecidos é clara e sem cor, mas a proveniente do intestino delgado é leitosa, devido à absorção de glóbulos de gordura, os *quilomícrons*, e é chamada de *quilo*, e os vasos linfáticos terminais no intestino delgado são chamados de *vasos lácteos*.

Os capilares linfáticos, embora presentes em muitos tecidos, estão ausentes em estruturas avasculares, no sistema nervoso central e na medula óssea. Eles são muito poucos no endomísio do músculo esquelético.

## LINFONODO

O linfonodo ou *gânglio linfático* é uma estrutura que consiste de uma *cápsula* externa, *trabéculas* e *retículo* interno com células emaranhadas neste.

A partir da cápsula fibrosa, trabéculas de tecido conectivo denso estendem-se radialmente em direção ao interior do linfonodo, e se continuam com uma rede de finas fibras colágenas (reticulina), cujo retículo suporta o tecido linfático.

A delicada malha de fibras reticulares do retículo e células associadas permeia os espaços incluídos na cápsula e nas trabéculas e suporta as massas celulares dentro deles. A maioria das células no retículo linfonodal são linfócitos, mas macrófagos também ocorrem, especialmente ao longo das paredes dos seios e dentro dos centros germinativos.

A circulação da linfa nos linfonodos é unidirecional. Ela atravessa os linfonodos penetrando pelos vasos linfáticos que desembocam na borda convexa do órgão, os *vasos aferentes*. A linfa sai dos linfonodos pelos vasos linfáticos do hilo, os *vasos eferentes*. O córtex do linfonodo é deficiente no hilo, onde a medula alcança a superfície, assim, os vasos eferentes emergem da medula, enquanto os vasos aferentes desembocam no córtex.

**Córtex e medula.** O parênquima do linfonodo apresenta uma *região cortical* (*córtex*), que se localiza abaixo da cápsula, ausente apenas no hilo, e uma *região medular* (*medula*), que ocupa o centro do órgão e o seu hilo. Entre essas duas zonas encontra-se a *região cortical profunda* ou *paracortical*.

A região cortical é constituída por tecido linfóide frouxo, que forma os *seios subcapsulares* e *peritrabeculares*, e por acúmulos densos e arredondados de células imunológicas, os *nódulos* ou *foliculos linfáticos*. Estes podem apresentar áreas centrais claras, contendo imunoblastos em divisão mitótica, os *centros germinativos*. As células B imaturas ocorrem nas partes mais periféricas dos folículos, enquanto as células B maduras e plasmócitos existem principalmente nos seios e cordões medulares.

Os seios subcapsulares e peritrabeculares têm um aspecto de esponja e recebem a linfa trazida pelos vasos aferentes, encaminhando-a na direção da região medular.

A região paracortical não apresenta nódulos linfáticos e nela predominam os linfócitos T, ao lado de células reticulares, e alguns plasmócitos e macrófagos.

Na região medular os linfócitos são muito menos densamente empacotados, formando ramificações irregulares, os *cordões medulares*, constituídos principalmente por linfócitos B, mas contendo também células reticulares e macrófagos. Os plasmócitos geralmente são mais numerosos na região medular do que na cortical. Separando os cordões medulares, encontram-se os *seios medulares*, histologicamente semelhantes aos seios presentes no córtex. Os seios medulares recebem a linfa que vem da região cortical e se comunicam com os vasos linfáticos eferentes, pelos quais a linfa sai do linfonodo.

## **BAÇO**

O baço é similar aos linfonodos, à exceção de que o sangue, em vez de linfa, circula pelos espaços teciduais esplênicos.

O baço está envolvido por duas capas: uma externa, o *peritônio*, e uma *cápsula* fibrosa interna; esta é fibroelástica e envia *trabéculas* para o interior do órgão, ramificando-se dentro dele para formar uma estrutura de suporte que divide o parênquima ou *polpa esplênica* em compartimentos incompletos. Dentro do baço, as ramificações das trabéculas são contínuas com uma diminuta rede de finas fibras reticulares em cujas malhas se apóia, em nível microscópico, a polpa esplênica.

**Polpa branca e polpa vermelha.** A polpa esplênica é o maior acúmulo de tecido linfóide do corpo. Toda ela é formada por tecido linfóide, contendo células e fibras reticulares, macrófagos, células apresentadoras de antígenos e células linfoides.

Observando-se a olho nu o baço cortado, nota-se em seu parênquima pontos esbranquiçados, que são grandes nódulos linfáticos fazendo parte da *polpa branca*, que é descontínua. Entre os nódulos, há tecido vermelho escuro, cheio de sangue, a *polpa vermelha*.

A polpa vermelha é formada por estruturas alongadas, os *cordões esplênicos* ou de Billroth, entre os quais se situam os *sinusóides* ou *seios esplênicos*. Os cordões esplênicos, assim, consistem em todo tecido da polpa vermelha situado do lado de fora dos sinusóides venosos. Os cordões de *Billroth* são constituídos de uma rede de células reticulares e fibras reticulares e fibroblastos que sintetizam estas fibras. As malhas dessa rede formam locais de fixação para macrófagos esplênicos e permitem a passagem de linfócitos e plasmócitos da polpa branca para os sinusóides e de monócitos, granulócitos, plaquetas e eritrócitos à medida que elas fluem do sinusóide através das fendas nas suas paredes.

**Circulação esplênica.** Perto do limite inferior do baço está o *hilo*, uma longa fissura perfurada por aberturas irregulares através das quais passam os *vasos e nervos esplênicos* ou *lienais*. A grande e tortuosa *artéria esplênica*, que conduz 4% do volume sanguíneo circulante, divide-se no ligamento esplenorrenal em ramos segmentares, os quais penetram no hilo e se ramificam nas trabéculas; do mesmo modo, as veias esplênicas se formam no ligamento a partir de várias tributárias que emergem do hilo.

Ao deixarem as trabéculas para penetrar no parênquima, os ramos da artéria esplênica são imediatamente envolvidos por um envoltório de linfócitos denominado *bainha periarteriolar linfática*; esses ramos, embora sejam arteríolas, são chamados de *artérias centrais*, *artéria foliculares* ou *artérias da polpa branca*.

A bainha periarteriolar linfática corresponde histologicamente à polpa branca, sendo em certos lugares aumentadas como *folículos linfáticos esplênicos* ou *corpos de Malpighi*, de 0,25 a 1 mm de diâmetro e visíveis a olho desarmados na superfície de cortes recentes de baço como pontos brancos. Os linfócitos B e T ocorrem em diferentes partes da polpa branca, com as camadas periarteriolares sendo principalmente linfócitos T; os folículos com centros germinativos são particularmente ricos em linfócitos B.

Antes de sair do tecido linfóide da polpa branca, a artéria central ramifica-se, e esses ramos atingem a polpa vermelha, onde se subdividem, formando as *arteríolas penicilares*. A estas arteríolas seguem-se os capilares arteriais que conduzem o sangue para os sinusóides do baço.

O trajeto do sangue dos capilares arteriais para os sinusóides esplênicos é controverso. De acordo com a *teoria da circulação aberta*, o sangue passa diretamente dos capilares para dentro do cordão esplênico, coletando-se nos sinusóides venosos para penetrar na circulação venosa. Na *teoria fechada*, o sangue é imaginado como passando diretamente dos capilares para os sinusóides venosos, escapando para o cordão esplênico somente mais tarde. Qualquer que seja o trajeto, o sangue invade a polpa vermelha e, daí, por meio dos sinusóides, vênulas e pequenas veias (com as últimas atravessando as trabéculas) penetram nas grandes veias que saem do baço pelo hilo.

Os espaços entre as células de revestimento dos sinusóides esplênicos podem medir de 2 a 3  $\mu\text{m}$ , de modo que apenas células flexíveis conseguem passar da luz do sinusóides para os cordões de *Billroth*. Quando os sinusóides são dilatados por um aumento na pressão sanguínea, numerosos espaços aparecem entre estas células, permitindo que o sangue passe para dentro e para fora do tecido dos cordões esplênicos circunjacentes.

## TIMO

O timo possui dois *lobos* laterais, envolvidos por uma cápsula de tecido conjuntivo denso do qual partem tabiques que dividem o órgão em *lóbulos* irregulares, medindo de 0,5 a 2 mm de tamanho. Como os tabiques são incompletos, a separação entre os lóbulos é parcial.

Ao contrário dos outros órgãos linfóides, o timo não forma nódulos linfáticos em seu interior. Cada lóbulo é formado de uma parte periférica de tecido linfóide escuro e densamente celular, o *córtex*, que envolve uma parte central mais clara e menos densa, a *medula*.

**Células do timo.** O córtex e medula dos lóbulos possuem dois tipos celulares principais, diferindo quantitativamente nestas duas regiões: (1) os *epiteliócitos tímicos*, que são células irregulares interligadas, e (2) células imunitárias representadas por *linfoblastos*, *linfócitos* e *macrófagos* emaranhados na estrutura epitelial. No córtex predominam os linfócitos pequenos e os epiteliócitos são escassos. Na medula, predominam os linfoblastos, linfócitos jovens e os epiteliócitos tímicos. A medula apresenta os *corpúsculos de Hassall*, característicos do timo. Esses corpúsculos são constituídos de células reticulares epiteliais organizadas em camadas concêntricas.

Ao contrário de outras órgãos linfáticos, onde o arcabouço de apoio é composta de tecido reticular, o arcabouço do timo é um emaranhado formado pelos epiteliócitos tímicos, unidos por desmossomos, que sustentam as demais células do órgão.

Fagócitos mononucleares de diversos tipos ocorrem no timo. No córtex subcapsular estão macrófagos envolvidos na remoção dos timócitos mortos. Na medula encontramos as *células dendríticas interdigitantes*, as quais são fracamente fagocíticas e estão presumivelmente relacionadas com a apresentação dos antígenos para os linfócitos. As células hemopoéticas estão presentes na vida fetal, quando o timo faz uma importante contribuição para formação dos eritrócitos e leucócitos.

**Linfócitos.** As *células-tronco*, *pró-timócitos* ou *linfoblastos* estão na zona subcapsular do timo em divisão mitótica intensa. Essas células penetram no timo do embrião a partir de suas origens no saco vitelino, baço e fígado embrionários, possivelmente sendo atraídas por substâncias quimiotáticas do timo. Durante os últimos períodos de vida intra-uterina, essas células-tronco subsequentemente adotam residência na medula óssea, que se torna o único local de proliferação das células-tronco e, assim, de produção de linfócitos tímicos.

As células-tronco se multiplicam e formam, inicialmente, uma população localizada na zona cortical do timo. Essas células imaturas, ou *timócitos*, já expressam certas moléculas em suas superfícies, como os marcadores *CD1* e *CD4*, de função desconhecida. À medida que os timócitos selecionados se diferenciam, eles migram para a zona medular e tornam-se *células auxiliares CD4<sup>+</sup>* ou *células citotóxicas CD8<sup>+</sup>*. É nesse estágio que os linfócitos T migram para os órgãos linfáticos periféricos. Esses linfócitos T são transportados pelo sangue para outros órgãos linfáticos, onde se estabelecem em locais específicos.

Após atravessarem a parede das vênulas pós-capilares e saírem do timo, pelo sangue, os linfócitos T vão se estabelecer nos *órgãos imunológicos secundários* ou *periféricos*; essas áreas são, portanto, *timo-dependentes* e estão representadas principalmente pela zona paracortical dos linfonodos, pelas bainhas periarteriais da polpa branca do baço e pelo tecido linfóide situado entre os nódulos linfáticos nas placas de *Peyer* e nas tonsilas. O resto do tecido linfóide contém linfócitos B e é *timo-independente*.

A maioria dos linfócitos T é eliminada após sua formação no timo, pois se entrassem no sangue iriam reagir contra as células do próprio organismo. Rearranjos gênicos na diferenciação dos linfócitos T levam à formação de células T com receptores para um número enorme de antígenos, tanto estranhos como não-estranhos. Estes últimos linfócitos T, dirigidos com receptores para antígenos autógenos, são posteriormente eliminados por *apoptose*. Já os linfócitos T com receptores para antígenos estranhos são selecionados posi-

tivamente. Como são poucos, são multiplicados mitoticamente em um processo de *expansão clonal*. Em seguida, migram para a medular do timo com seus próprios movimentos, penetram na luz das vênulas e, carregados pelo sangue vão se distribuir nas áreas timo-dependentes.

A tolerância da célula B aparece na medula óssea e nos órgãos linfáticos periféricos por um processo de maturação que modifica a afinidade e a especificidade do receptor da célula B a antígenos específicos.

## MALT

Além dos linfonodos, baço e órgãos linfáticos periféricos encapsulados, existem grandes quantidades de tecido linfático não encapsulado na forma de nódulos linfáticos localizados na mucosa e submucosa dos tratos alimentar e respiratório, denominados coletivamente *tecido linfático associado à mucosa* ou *Mucosae-Associated Lymphoid Tissue* (MALT). Estes nódulos estão localizados no trato alimentar, onde são coletivamente denominados *tecido linfático associado ao intestino* ou *Gastrointestinal-Associated Lymphoid Tissue*: anel de *Waldeyer* (GALT), nódulos esofágicos, placas de *Peyer*, apêndice vermiforme e nódulos linfáticos colorretais. Na traqueia e nos brônquios, o MALT forma o *tecido linfático associado ao brônquio* ou *Broncus-Associated Lymphoid Tissue* (BALT), o equivalente ao tecido nodular linfático na parte inferior do trato respiratório.

Os nódulos linfáticos do MALT são parecidos com os folículos linfáticos dos linfonodos, podendo desenvolver centros germinativos quando antígenicamente estimulados. Toda a massa apresenta numerosos macrófagos e é suportada por uma fina rede de fibras de reticulina e fibroblastos associados. O epitélio alimentar suprajacente cobre as faces luminiais dos nódulos, produzindo geralmente divertículos que penetram nas massas linfocíticas. Os vasos linfáticos dos nódulos são todos eferentes, drenando para os canais linfáticos do órgão no qual eles estão ligados.

---

# A N A T O M I A

---

## VASOS LINFÁTICOS

A importância clínica dos linfonodos e vasos linfáticos é totalmente desproporcional ao seu tamanho insignificante, pois é através dos vasos linfáticos



que as doenças se disseminam, especialmente as malignas e infecciosas. A drenagem linfática de um órgão para outro pode fazer com que a doença do primeiro órgão torne-se aparente como doença do segundo. Portanto, é preciso conhecer os principais caracteres dos canais linfáticos e linfonodos.

Os capilares linfáticos se unem em vasos maiores que passam para linfonodos locais ou distantes. Estes linfonodos estão arrumados em grupos regionais, suficientemente regulares em posição para serem nomeados. Cada um possui sua região de drenagem, mas um grupo local é frequentemente interligado a outro. Em geral, a linfa atravessa uma série de linfonodos antes de alcançar os principais ductos coletores.

**Portais linfovenosos.** A linfa retorna para a circulação venosa através de vasos linfáticos calibrosos denominados conjuntamente de *portais linfovenosos*. Estes se situam na base do pescoço, nas junções das veias jugular interna e subclávia, ou próximos destas, nas veias braquiocefálicas.

À direita, três *troncos linfáticos* convergem em direção ao seu portal. O *tronco jugular*, que se estende ao longo da face ventrolateral da veia jugular interna, a partir dos linfonodos cervicais profundos inferiores terminais, conduz a linfa proveniente da metade direita da cabeça e do pescoço. O *tronco subclávio*, proveniente do grupo axilar apical terminal, se estende ao longo das veias axilar e subclávia e conduz a linfa proveniente do membro superior direito e dos tecidos superficiais da metade direita da parede tóraco-abdominal supra-umbilical até a crista ilíaca, posteriormente. O *tronco broncomediastinal* sobe sobre a traqueia e conduz a linfa das paredes torácicas profundas, da cúpula direita do diafragma e parte subjacente do fígado, do pulmão direito, brônquios e traqueia, da maior parte das câmaras cardíacas direitas, e de uma pequena parte do esôfago torácico.

Em 80% dos indivíduos, os troncos direitos se abrem independentemente na face ventral da junção jugulo-subclávia ou na parede proximal da veia braquicefálica direita. No restante, os três troncos fundem-se para formar um curto *ducto linfático direito*, de 1 cm, que se inclina através da borda medial do músculo escaleno anterior até a face ventral da junção venosa, onde seu óstio é precedido por uma válvula semilunar bicúspide.

À esquerda, quatro troncos convergem para o portal linfovenoso ipsilateral. Os *troncos jugular*, *subclávio* e o *broncomediastinal* têm trajeto especular de seus homônimos direitos. O quarto é o *ducto torácico*, o maior vaso linfático do corpo humano.

**Ducto torácico.** Nos adultos, o ducto torácico mede 38 a 45 cm, estendendo-se de T<sub>12</sub> até a raiz do pescoço. No seu começo, o vaso mede 5 mm de diâmetro, diminuindo gradualmente de calibre ao longo do seu trajeto. O ducto é ligeiramente sinuoso, constricto em intervalos e parece varicoso devido à presença de diversas válvulas que correspondem a locais expostos à pressão.

O ducto torácico inicia-se próximo da borda inferior de T<sub>12</sub>, no pólo superior da união dos quatro vasos linfáticos mais calibrosos do abdome, os *truncos intestinais e lombares*, um de cada lado. Estes troncos convergem para um arranjo alongado de canais de morfologia variável, o qual, por esta razão, é aqui dado o nome genérico de *confluência dos troncos linfáticos abdominais*. Isso pode resultar em um canal simples, duplo, triplo ou plexiforme. Em uma pequena proporção de casos, a confluência é uma dilatação sacular fusiforme denominada *cisterna do quilo*.

Os troncos lombares são formados pelos vasos eferentes dos linfonodos aórticos laterais e transportam a linfa proveniente dos membros inferiores, pelve e conteúdo, parede abdominal infra-umbilical, períneo, rins, suprarrenais e tecidos profundos das paredes abdominais supra-umbilicais. Os troncos intestinais recebem os eferentes dos linfonodos celíacos, os quais drenam o estômago, os intestinos, pâncreas, baço e o fígado.

Após sua formação, o ducto torácico atravessa o hiato aórtico do diafragma, sobe no lado direito do mediastino posterior, entre a aorta torácica, a veia ázigos e a coluna vertebral. Alcançando o corpo de T<sub>5</sub>, o ducto se inclina à esquerda, penetra no mediastino superior, sobe para a abertura superior do tórax na margem esquerda do esôfago. Ao penetrar no pescoço, se curva lateralmente ao nível do processo transversos da C<sub>7</sub>; seu arco eleva-se 3 ou 4 cm acima da clavícula e curva-se anteriormente à parte inicial da artéria subclávia esquerda e termina na junção das veias subclávia e jugular interna esquerdas (figura 74). Na sua terminação, uma válvula bicúspide olha para dentro da veia para impedir o refluxo de sangue. Após a morte, o sangue regurgita livremente no interior do ducto, que então se parece com uma veia.

Em suma, o *portal linfovenoso direito* recebe a linfa a partir da metade direita da cabeça, do pescoço, do tórax e conteúdo e dos tecidos superficiais do torso até o umbigo e crista ilíaca, de parte da cúpula direita do diafragma e da face convexa do fígado e de todo o membro superior direito. O *portal esquerdo* recebe a linfa proveniente de todo o restante do corpo.

## LINFONODOS

Os linfonodos são órgãos encapsulados espalhados pelo corpo, sempre no trajeto de vasos linfáticos. São encontrados na axila, virilhas, ao longo dos grandes vasos do pescoço, no tórax e no abdome. A maioria dos linfonodos situa-se perto das vísceras, especialmente nos mesentérios.

Os linfonodos têm a forma de rim e apresentam um lado convexo e outro com uma reentrância, o *hilo*, pelo qual penetram as artérias nutridoras e saem as veias. O diâmetro dos linfonodos varia de 1mm a 2cm.

A linfa circulante nos capilares linfáticos é geralmente retomada para o sistema venoso através dos portais linfovenosos. Entretanto, rotas linfáticas variam enormemente em extensão e complexidade. Em certos locais, por exemplo, na tireoide, esôfago e área nua do fígado, os capilares drenam através de uma radícula ao ducto torácico sem nenhum linfonodo interposto, formando uma *rota anodal*; ocasionalmente, um único nodo fornece *rotas uninodais*; a maioria das rotas é *multinodal*, com diversos nodos, formando cadeias irregulares unidas transversalmente. Assim, um nodo particular não é um elemento de uma única cadeia, mas, recebendo múltiplos vasos aferentes, pode ser o nodo primário para diversos territórios, o número três na cadeia para outros locais, o número cinco para outros e assim por diante. Tais considerações aplicam-se a outros membros da cadeia e, somando toda cadeia, aparece a noção de um sistema de canais e estações linfáticas de grande complexidade tridimensional.

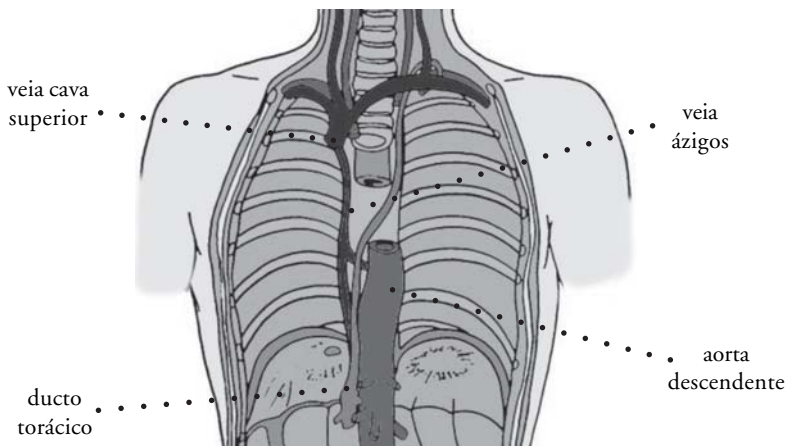


Figura 74 - Ducto torácico e estruturas vizinhas.

Um adulto jovem possui cerca de 450 linfonodos. Os membros e a parede superficial do torso próxima às axilas e às virilhas são as partes menos servidas. Os membros superiores e a parede tóraco-abdominal superficial supra-umbilical contêm, em conjunto, aproximadamente 30 linfonodos. As pernas e a parte superficial das nádegas, parede abdominal infra-umbilical e o períneo apresenta, cerca de 20 nodos. A cabeça e o pescoço possuem 60 a 70 nodos. Os restantes 330 estão divididos entre as paredes profundas e os conteúdos do tórax (100), e o abdome e a pelve (230). O trato gastrointestinal é o mais ricamente suprido por linfonodos. O trato traqueobroncopulmonar também é profusamente servido.

**Linfonodos da cabeça e pescoço.** Embora a descrição da drenagem linfática de vísceras específicas não seja nosso escopo, é conveniente resumir os arranjos dos linfonodos da cabeça e pescoço como um todo, uma vez que esses linfonodos são os mais examinados pelo profissional comum de saúde.

Os linfonodos cérvico-cefálicos podem ser agregados como horizontais e verticais. Os *linfonodos horizontais* ou *anel linfático cérvico-cefálico* formam massas que envolvem a junção cabeça-pescoço e que são denominados, de acordo com a posição, de linfonodos *submental*, *submandibular*, *pré-auricular*, *mastóideo* e *suboccipital*. Estes linfonodos drenam os tecidos superficiais da cabeça e depois transferem a linfa para os linfonodos cervicais profundos.

Os *linfonodos verticais* drenam as estruturas profundas da cabeça e do pescoço. O mais importante é o *grupo cervical profundo*, que se estende ao longo da veia jugular interna, da base do crânio até a raiz do pescoço. A linfa passa então através do tronco jugular para o ducto torácico ou para o ducto linfático direito. Já o *grupo cervical superficial* se situa ao longo da veia jugular externa e drena a linfa da parótida e parte inferior da orelha para o grupo cervical profundo.

A longo da frente do pescoço está um grupo de linfonodos verticais, os *infra-hióideos* (na membrana tireo-hiódea), o *pré-laríngeo* e o *paratraqueal*. Estes drenam a tireóide, laringe, traqueia e parte da faringe, e desembocam no grupo cervical profundo. Os *linfonodos retrofaríngeos*, situados verticalmente atrás da faringe, drenam o dorso do nariz e da faringe e a tuba auditiva. Seus eferentes também passam para os linfonodos profundos. Assim todas as estruturas cérvico-cefálicas drenam direta ou indiretamente para os linfonodos cervicais profundos.

**Tonsilas.** As tonsilas são linfonodos modificados. Elas são constituídas por aglomerados de tecido linfoide, incompletamente encapsulados, situados abaixo e em contato com o epitélio das porções iniciais do tubo digestivo. De acordo com sua localização na boca e na faringe, distinguem-se as *tonsilas faríngeas, palatinas e linguais*.

## TIMO

Ao nascimento, o timo pesa 10 a 15 gramas crescendo até a puberdade, quando ele passa a pesar de 30 a 40 gramas. Após a meia-idade, o timo diminui gradualmente e torna-se amarelado devido à sua gradual substituição por tecido adiposo, podendo pesar somente 10 gramas.

No início da vida, o timo é cinza-róseo, mole e finamente lobulado, consistindo em dois *lobos* simétricos envoltos por uma cápsula de tecido conjuntivo denso.

O timo situa-se na parte anterior do mediastino, com suas partes superiores afilando-se em direção ao pescoço. Seu tecido se insinua nas estruturas adjacentes, às quais ele é moldado. Anteriormente ao timo estão o esterno, as partes adjacentes das quatro cartilagens costais superiores e os músculos infra-hióideos; posteriormente estão o pericárdio, o arco da aorta, a veia braquiocefálica esquerda e a traqueia (figura 75).

## BAÇO

O baço é uma víscera mole, friável, altamente vascular e de cor púrpura-escura situada no hipocôndrio esquerdo, espremida entre o fundo gástrico e o diafragma. Sua margem superior não alcança a linha axilar média. Portanto, não é palpável, pois está no dorso, sob as costelas.

O baço varia em forma desde uma cunha curvada até um tetraedro. No geral, tem o tamanho e o aspecto de uma mão em concha. Seu longo eixo situa-se no plano da décima costela, com sua margem superior estando a cerca de 4 cm da linha mediana dorsal, no nível do processo espinhoso de T<sub>10</sub>. Sua margem inferior alcança a linha axilar média. No adulto, o baço mede cerca de 12cm x 7cm x 4cm, mas tende a diminuir de tamanho e peso com a idade. Seu peso varia de 80 a 300 gramas.

O baço é quase inteiramente coberto pelo peritônio, que adere firmemente à sua cápsula. Recessos da bolsa omental separam o baço do estômago e do rim esquerdo.

**Desenvolvimento.** O baço se desenvolve na parte superior do mesogástrio dorsal, permanecendo unido à parede posterior do abdome e ao estômago por duas pregas do peritônio, respectivamente, o *ligamento esplenorrenal* e o *ligamento gastroesplênico*. O primeiro surge do peritônio entre o rim esquerdo e o baço, exatamente no local onde a bolsa maior encontra a bolsa omental. Os vasos esplênicos situam-se entre a lâminas do ligamento esplenorrenal.

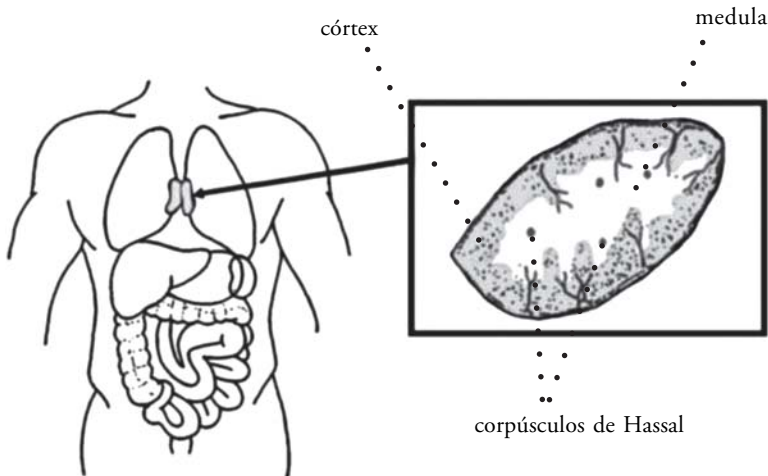


Figura 75 – Timo.

O ligamento gastroesplênico também possui duas lâminas, formadas pelo encontro da parede da cavidade peritoneal com a da bolsa omental, entre o baço e o estômago. Os ramos gastroepiploicos esquerdos e gástricos curtos da artéria esplênica passam entre suas lâminas. Mais lateralmente, o baço está em contato com *ligamento frenicocólico*.

**Hilo.** O hilo do baço, que está em nível de  $L_1$  no plano transpilórico, está em contato com a cauda do pâncreas, que se estende até o ligamento esplenorrenal, através do qual os vasos esplênicos seguem entre a parede abdominal posterior e o baço (figura 76).

Perto do hilo do baço, especialmente dentro do ligamento gastroesplênico e do omento maior, podem ocorrer pequenos nódulos esplênicos encapsulados denominados *baços acessórios* ou *espênulos*. Os espênulos ocorrem em 10% da

população e, se deixados para trás podem resultar na persistência de sintomas após uma *esplenectomia* para tratamento de doenças causadas por hiperatividade do baço.

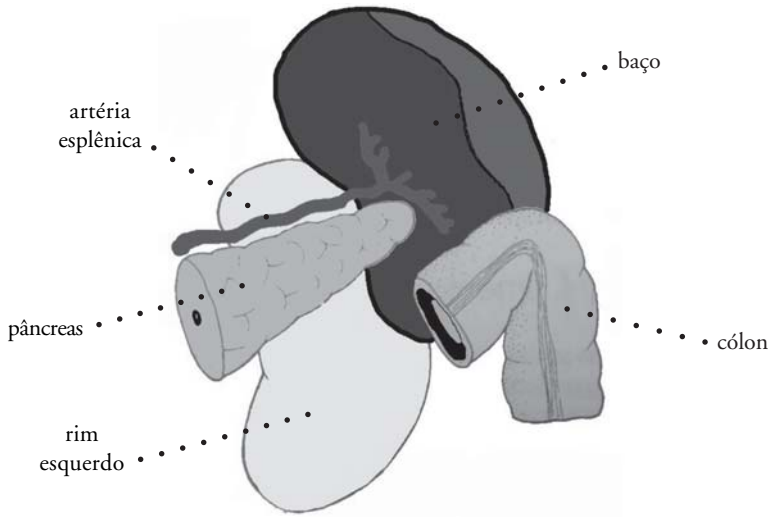


Figura 76 - Baço e órgãos vizinhos.

## FISIOLÓGIA

Os órgãos do sistema imunológico estão distribuídos favoravelmente no corpo para interceptar bioagentes patogênicos antes que possam disseminar-se amplamente. Em muitos casos, a partícula invasora primeiramente penetra os líquidos teciduais e, então, é carregada via vasos linfáticos para o linfonodo ou outro tecido linfático. Por exemplo, o tecido linfóide do trato gastrointestinal é logo exposto aos antígenos que invadem o intestino; o tecido linfático da garganta e faringe está bem localizado para interceptar antígenos que penetram no trato respiratório superior; o tecido linfático dos linfonodos está exposto aos antígenos que invadem os tecidos periféricos do corpo; e, finalmente, o tecido linfóide do baço e medula óssea desempenham o papel específico de interceptar agentes antigênicos que conseguiram alcançar o sangue circulante.

Os linfócitos e os fagócitos mononucleares são os efetores celulares responsáveis pelas reações defensivas do corpo, o primeiro por interações imunes e o

último por fagocitose. Essas defesas são dirigidas contra as invasões de bactérias, vírus, fungos, protozoários, vermes ou toxinas, e também contra substâncias indesejadas ou anormais que se originam dentro do corpo, tais como proteínas alteradas e células mutantes, neoplásicas ou viroticamente transformadas.

## SMF

As atividades do SMF são vastas e estão relacionadas com três funções distintas: defesa imune, cicatrização e regeneração de tecidos lesados e manutenção da proliferação e diferenciação dos tecidos por todo o corpo.

## CLASSES DE FAGÓCITOS

Os fagócitos mononucleares podem ser separados em duas classes funcionais. O primeiro é o grupo de *células altamente fagocíticas*, ricas em lisossomas, e incluem os macrófagos e suas diferenciações em cada tecido.

O segundo e maior grupo, os *fagócitos mononucleares dendríticos (células dendríticas)*, embora capazes de fagocitar, consiste em células especializadas em iniciar as reações imunológicas nos linfócitos. Essas células incluem as *células dendríticas foliculares*, as *células interdigitantes* dos linfonodos, dos nódulos linfáticos, do baço e do timo, as *células de Langerhans* e as *células da micróglia*.

**Macrófagos.** A fagocitose de partículas e organismos é realizada pelos macrófagos. No tecido conectivo geral, eles podem atuar no crescimento e remodelação no tecido saudável, na eliminação de microorganismos invasores e remoção de restos de tecido lesado. Por exemplo, os macrófagos alveolares patrulham constantemente as superfícies dos alvéolos, ingerindo partículas inaladas, incluindo bactérias, e penetram no esputo; atividades semelhantes ocorrem nas cavidades pleural e peritonal. Nos linfonodos, eles revestem as paredes dos sinusóides – *macrófagos litorâneos* – e removem partículas da linfa.

No baço e no fígado, os macrófagos realizam remoção semelhante de partículas e estão envolvidos na detecção e destruição de eritrócitos velhos e danificados, cuja hemoglobina eles começam a degradar para a reciclagem do ferro e dos aminoácidos.

A parte que os fagócitos mononucleares exercem nas respostas imunológicas é complexa. Os antígenos MHC 2 presentes na superfície dos macrófagos os capacitam a estimular linfócitos-T. Os macrófagos fagocitam os antígenos estranhos e os digerem parcialmente nos seus lisossomas, passando alguns dos



remanescentes antigênicos para a superfície da célula, onde eles são unidos às moléculas MHC. O complexo antígeno-estranho-MHC 2 é apresentado ao linfócito T, que é estimulado de diversas maneiras.

Os macrófagos também são afetados pelos linfócitos T e B ativados. *Linfocinas* secretadas por certas células T, incluindo os *fatores ativadores de macrófagos* e a *interleucina 2*, podem determinar a migração e a atividade fagocítica dos macrófagos, e, sob tais influências, os próprios macrófagos podem sintetizar e secretar diversas outras substâncias bioativas, como, por exemplo, a *interleucina 1*, que estimula a proliferação e a maturação de outros linfócitos, aumentando grandemente a reação do sistema imunológico aos antígenos estranhos.

Quando ativados pela interleucina 2 e por outras linfocinas, os macrófagos sintetizam e liberam muitas moléculas bioativas, incluindo o *fator de necrose tumoral*, substância capaz de destruir as células neoplásicas que se desenvolvem frequentemente no corpo, desempenhando importante papel para evitar o desenvolvimento de tumores malignos. Outros produtos liberados pelos macrófagos incluem o *ativador de plasminogênio*, que promove a remoção do coágulo, diversas enzimas lisossômicas como a lisozima, fatores de coagulação e proteínas do sistema complemento.

Os macrófagos também possuem receptores nas suas superfícies para a extremidade do fragmento cristalizável dos anticorpos e para o componente C3 do sistema complemento, e assim podem se unir e fagocitar imediatamente a micróbios ou antígenos estranhos revestidos com anticorpos (*opsonização*). Tal ligação íntima mediada pelo anticorpo também pode iniciar a liberação das enzimas lisossômicas nas superfícies dos alvos celulares aos quais os macrófagos estão unidos, particularmente se estes são muito grandes para serem fagocitados, como por exemplo, vermes parasitários nematoides tais como a *Wuchereria bancrofti*.

**Células dendríticas.** As células dendríticas se originam de células precursoras provenientes da medula óssea, possivelmente dos monócitos. São encontradas em muitos tecidos. Nos órgãos linfáticos são numerosas nos locais ricos em linfócitos T, e na pele recebem o nome de *células de Langerhans*.

A ação principal das células dendríticas é fagocitar antígenos estranhos e, a seguir, “apresentá-los” a linfócitos, ou seja, colocá-los em contato com essas células imunitárias. Os antígenos são apresentados na superfície externa da membrana plasmática das células dendríticas sempre ligados com as moléculas do MHC 2.

As células dendríticas são consideradas *células imunoestimuladoras*, pois, além de apresentarem os antígenos às células T, são capazes de estimular células T que ainda não entraram em contato com qualquer antígeno.

Células dendríticas imaturas são levadas pelo sangue para muitos órgãos não-linfáticos, onde se alojam. Essas células imaturas se caracterizam por sua grande capacidade de capturar e processar antígenos, porém tem pequena capacidade para estimular células T. A inflamação induz a maturação das células dendríticas que, então, migram pelo sangue ou linfa, indo para os órgãos linfáticos periféricos, onde se localizam nas áreas ricas em células T. Neste estágio, elas perdem a capacidade de capturar antígenos, mas se tornam muito eficientes na capacidade de ativar células T. Graças à sua migração, as células dendríticas podem apresentar antígenos que foram capturados na superfície do corpo a linfócitos T situados mais profundamente no organismo. Tais linfócitos estimulados podem então passar para a pele e aí exercer ações defensivas, ou povoar os linfonodos regionais para lidarem com quaisquer agentes infecciosos que neles possam penetrar a partir da drenagem linfática da área.

Como as células dendríticas são muito ramificadas e emaranhadas com diversas células vizinhas, é possível que elas ajudem a regular as células próximas delas. As células de Langerhans, por exemplo, podem controlar a proliferação epidérmica, e as da medula óssea podem controlar a hemopoese.

## VASOS LINFÁTICOS

Os capilares linfáticos e os grandes vasos linfáticos retornam o excesso de líquido tissular para o sistema venoso, carregando diversas substâncias particuladas para os linfonodos espalhados ao longo de seu trajeto. A natureza destas substâncias varia com a região drenada; áreas ricas em flora microbiana, como o trato alimentar, são a principal rota potencial de entrada de organismos patogênicos e de *debris* na circulação; qualquer área do corpo pode fornecer micróbios e impurezas de diversos tipos, particularmente após dano ou infecções locais. No trato respiratório existe o problema adicional da remoção de partículas inalada nos alvéolos, que são removidas parcialmente pelos macrófagos, que tornam a penetrar nos tecidos passando para dentro das vias linfáticas.

## FLUXO LINFÁTICO

Para a circulação capilar total, encontramos um quase-equilíbrio entre as forças totais de efluxo, de 28,3 mmHg, e as forças totais de influxo, de 28,0

mmHg. Esse desequilíbrio de 0,3 mmHg produz um pouco mais de filtração do líquido para os espaços intersticiais do que de reabsorção. Esse ligeiro excesso de filtração é chamado de *filtração efetiva* e representa o líquido que deve retornar à circulação através dos linfáticos. A intensidade da filtração no corpo inteiro é de somente cerca de 2 ml/minuto.

Cerca de 100 ml/hora de linfa fluem pelo ducto torácico, e 20 ml/hora fluem para a circulação através de outros canais, perfazendo o total de intensidade de fluxo de linfa de 120 ml/hora, isto é, cerca de 2 a 3 litros/dia. Isso significa que apenas 10% de todo o líquido filtrado a partir dos capilares sanguíneos entra nos capilares linfáticos e retorna ao sangue através do sistema linfático, e não através dos capilares venosos.

### MECANISMO VALVULAR

O líquido que retorna à circulação através dos linfáticos é extremamente importante porque substâncias de alto peso molecular eventualmetne filtradas para o espaço intersticial, como proteínas, não podem ser absorvidas pelos capilares sanguíneos, embora possam entrar nos capilares linfáticos sem dificuldades, graças a estrutura especial destes vasos.

A ponta dos capilares linfáticos não é aberta no espaço intersticial, mas sim ocluída por endotélio que forma um mecanismo valvular. Suas células endoteliais se fixam através de filamentos de ancoragem ao tecido conjuntivo circundante. Na junção de células endoteliais adjacentes, a borda de uma célula sobrepõe-se à da vizinha de tal forma que a borda sobreposta fica livre para dobrar-se, formando uma diminuta válvula que se abre para o interior do capilar linfático; o líquido intersticial pode empurrar e abrir essa válvula para o interior do capilar linfático. Uma vez entrado, esse líquido não mais sai porque qualquer fluxo no sentido oposto fecha a válvula.

### PROPULSÃO DE LINFA

Diversos fatores auxiliam a propulsão da linfa dos espaços tissulares para a corrente hemal. A *pressão de filtração* nos espaços tissulares (gerada pela filtração do líquido, sob pressão, a partir dos capilares hemais), a contração de músculos esqueléticos circundantes, os movimentos de partes do corpo, a pulsação de artérias adjacentes aos linfáticos e a compressão dos tecidos por objetos fora do corpo exercem sobre os tecidos um pulso mecânico que é prontamente absorvido pelos capilares linfáticos, gerando influxo de linfa. O excesso de energia do pulso não retorna ao interstício graças a ação do mecanismo

valvular descrito anteriormente, o que evita um reequilíbrio pressórico entre o interstício e o linfático; isto gera uma pressão de cerca de -3 mmHg no espaço intercelular, portanto negativa em relação à dos demais tecidos.

A pressão intercelular subatmosférica é, paradoxalmente, importante para garantir o movimento de linfa sempre em direção aos capilares linfáticos. Quando a pressão do líquido intersticial atinge valores  $\geq 1$  mmHg, o fluxo de linfa começa a diminuir porque a pressão positiva comprime as superfícies externas dos linfáticos maiores, impedindo assim a drenagem de linfa.

Quando um vaso coletor torna-se intumescido pela linfa, o músculo liso da parede do vaso se contrai automaticamente, transformando cada segmento do vaso linfático entre válvulas sucessivas em uma bomba hidráulica. Isto é, o enchimento de um segmento faz com que ele se contraia, e o líquido é bombeado na direção da próxima válvula, no interior do próximo segmento linfático. Este enche o segmento subsequente, e alguns segundos mais tarde ele também se contrai, e o processo continua por toda a extensão do vaso linfático, até que o líquido seja finalmente desaguado.

A contração dos músculos vizinhos comprime os vasos linfáticos, movendo a linfa nas direções determinadas por suas válvulas. Este mecanismo é especialmente importante na drenagem de linfa nos membros inferiores.

A pulsação das artérias vizinhas comprime os vasos linfáticos adjacentes, auxiliando o fluxo no seu interior. Os movimentos respiratórios e a pressão sanguínea subatmosférica nas veias braquiocefálicas também favorecem o fluxo da linfa. O músculo não estriado nas paredes dos troncos linfáticos é mais marcado proximalmente às suas válvulas, e a estimulação dos nervos simpáticos que acompanham os troncos resultam na sua contração. Também ocorrem contrações pulsáteis no ducto torácico e, por causa das numerosas válvulas ao longo desta estrutura, a linfa é forçada unidirecionalmente por meio desta ação muscular.

A bomba linfática torna-se muito ativa durante o exercício, frequentemente aumentando o fluxo da linfa em até trinta vezes. De forma inversa, durante os períodos de repouso, o fluxo da linfa é quase ausente.

## LINFONODOS

As funções dos linfonodos incluem: provisão de um labirinto de canais de grande volume e superfície, através dos quais a linfa é vagarosamente filtrada; exposição de material estranho na linfa aos macrófagos nos seios nodais; captação de antígenos por meio das células dentríticas; produção de linfócitos e

células-troncos capazes de se tornar linfócitos B produtores de anticorpos e linfócitos T maduros; interação entre os fagócitos mononucleares carregados de antígenos e linfócitos para produzir uma resposta imune, tanto celular quanto humoral; reentrada de linfócitos formados nos canais linfáticos para a circulação hemal; e produção de anticorpos, que serão adicionados no sangue através da linfa.

A extensa distribuição dos componentes linfáticos no MALT e a constante circulação de suas células imunitárias proporcionam um sistema muito eficiente de defesa através de células imunocompetentes.

Os nódulos linfáticos são regiões nas quais os linfócitos e fagócitos apresentadores de antígenos podem proliferar; são, assim, produtores de células defensoras ativadas por antígenos específicos. No MALT, se este sistema operar eficientemente, os linfócitos devem ser capazes de detectar os antígenos presentes no lado luminal do epitélio que os reveste.

As tonsilas estão localizadas em posição estratégica para defender o organismo contra os antígenos transportados pelo ar e pelos alimentos, iniciando uma resposta imunitária. São órgãos produtores de linfócitos, que podem infiltrar o epitélio.

## PURIFICAÇÃO DE LINFA

Os linfonodos são filtros de linfa, removendo partículas estranhas, antes que a linfa retorne ao sistema sanguíneo. Como os linfonodos estão distribuído por todo o organismo, a linfa atravessa pelo menos um linfonodo antes de ser desenvolvida ao sangue. Cada linfonodo recebe a linfa de uma determinada região do corpo, da qual ele é chamado *linfonodo satélite*. A linfa aferente cai no seio subcapsular, passa para os seios peritrabeculares, passa também pelos nódulos linfáticos, chega aos seios medulares e finalmente sai do órgão pelos vasos linfáticos eferentes. A arquitetura complexa dos seios linfáticos dos linfonodos diminui a velocidade do fluxo da linfa, facilitando a fagocitose e a digestão de moléculas estranhas pelos macrófagos. A linfa também se infiltra pelos cordões e nódulos linfáticos, por onde o fluxo é ainda mais lento. As válvulas presentes nos vasos linfáticos aferentes e eferentes asseguram o fluxo unidirecional de linfa, desde o lado convexo do linfonodo até seu lado côncavo.

A passagem da linfa pelo linfonodo remove, por fagocitose macrofágica, cerca de 99% das moléculas, microorganismo e células estranhas que a eles chegam. Infecções e estímulos antigênicos provocam a divisão mitótica de

imunoblastos, responsáveis pelo aparecimento de áreas menos coradas no centro dos nódulos linfáticos, denominadas *centros germinativos*. Nos linfonodos não estimulados, os plasmócitos constituem apenas 1 a 3% da população celular, mas essa porcentagem aumenta muito nos linfonodos estimulados pelo processo infeccioso.

## RECIRCULAÇÃO DE LINFÓCITOS

Os linfócitos deixam os linfonodos pelos vasos linfáticos eferentes, que confluem como outros vasos linfáticos, formando canais cada vez maiores até terminarem nos portais linfovenosos, que desembocam em veias. Pelo sangue, os linfócitos retornam aos linfonodos através das *vênulas de endotélio alto*, cubóide, presentes na região paracortical dos linfonodos. Os linfócitos possuem em suas membranas glicoproteínas para as quais há receptores nestas células endoteliais. Eles são retidos por esses receptores e migram, por diapedese, passando por entre as células endoteliais; caem no tecido linfático e finalmente saem do linfonodo pelo vaso linfático eferente. Graças a esse processo, os linfócitos recirculam numerosas vezes pelo linfonodo, principalmente os linfócitos de vida longa.

Vênulas com endotélio cuboide também existem em outros órgãos linfóides como o apêndice, tonsilas e placas de *Peyer*, porém não existem no baço. Embora ocorra recirculação de linfócitos através de todas as vênulas de endotélio cuboide, o fenômeno é mais intenso nos linfonodos.

O significado funcional da recirculação reside no fato de que os linfócitos estimulados, por exemplo, no linfonodo de um dedo infectado, partem para informar outros órgãos linfáticos, contribuindo para que o organismo prepare uma resposta imunitária mais geral e mais eficiente contra a infecção. A recirculação de linfócitos constitui um sistema de monitorização constante de todas as partes do corpo, que informa o todo o sistema imunitário sobre a presença de antígenos localizados. Em sua passagem pelos diversos órgãos linfáticos, os linfócitos T podem encontrar antígenos na membrana das células apresentadoras de antígenos, que emigraram dos locais de infecção, e os linfócitos B podem entrar em contato com antígenos dissolvidos no líquido extracelular ou presos à membrana de células dendríticas.

## TIMO

A função principal do timo é prover timócitos imunologicamente competentes para todo o organismo. Também possui função secretora humoral e, assim, pode ser considerado como uma glândula endócrina. No timo são

sintetizados diversos fatores e hormônios que regulam a produção e maturação de linfócitos T. Essas substâncias incluem os peptídeos *timolina*, *timopoetina* e *timosina beta IV*.

Apesar de sua involução com o passar do tempo, a produção e a diferenciação do timócito persiste durante toda a vida, e as células T provenientes desta fonte continuam a povoar o tecido linfático periférico, o sangue e a linfa. A atividade do timo parece estar relacionada com os níveis dos hormônios tímicos no órgão. Com o avanço da idade, a capacidade funcional do timo pode ser reduzida, mas não está completamente perdida.

### BARREIRA HEMATOTÍMICA

As células endoteliais do timo possuem prolongamentos finos que perfuram a lâmina basal e podem entrar em contato com as células reticulares epiteliais. Estas células envolvem externamente os capilares, contribuindo para a formação da *barreira hematotímica*, cujos outros componentes são os seguintes: o perícito dos capilares, a lâmina basal do endotélio, a lâmina basal das células reticulares e as células não fenestradas da parede capilar.

A barreira hematotímica, que só existe no córtex dos lóbulos tímicos, impede que antígenos circulantes penetrem nesta camada do timo, onde se estão formando os linfócitos. Assim, a barreira forma um local isolado imunologicamente que permite a diferenciação dos linfócitos.

### BAÇO

Indivíduos asplênicos (sem baço) têm redução da capacidade para remoção de partículas sanguíneas, depressão da atividade fagocítica dos macrófagos alveolares, redução da resposta de anticorpos a antígenos específicos, redução de opsoninas circulantes e alteração dos níveis de imunoglobulinas circulantes, com níveis reduzidos de IgM. Tudo isso ocorre pela perda das funções esplênicas, a saber: *fagocitose*, *amadurecimento de linfócitos*, *citopoesse*, *respostas imunológicas* e *reserva sanguínea*.

**Fagocitose.** Os macrófagos esplênicos são células altamente fagocíticas distribuídas principalmente nas zonas marginais da polpa branca e nos cordões esplênicos. De todos os macrófagos do organismo, os do baço são os mais ativos na fagocitose de partículas inertes ou vivas que penetram no sangue. Cinematografias para as células de Kupffer demonstram que esses macrófagos fagocitam uma bactéria em menos de 0,01 segundo!

Além da remoção dos micróbios, restos de tecido e outras substâncias particuladas, os macrófagos esplênicos removem os eritrócitos gastos, leucócitos e plaquetas do sangue. A *bilirrubina*, um produto do catabolismo da hemoglobina pela ação dos macrófagos, é transportada na corrente sanguínea até o fígado para a excreção na bile.

O ferro formado pelo desdobramento da hemoglobina pelo macrófago pode ser imediatamente armazenado sob a forma de *ferritina*, ou passar para o sangue, onde se combinar a uma proteína transportadora, a *transferrina*; o complexo ferro-transferrina será captado por endocitose pelas células que possuem em suas membranas receptores para a transferrina, como os eritroblastos, e reutilizado para a síntese de hemoglobina na medula óssea. Outro produto do desdobramento da hemoglobina é a proteína *globina*, que é digerida ao estado de aminoácidos, que são reaproveitados para a síntese proteica.

O baço também está envolvido na fagocitose de antígenos circulantes para a iniciação das respostas imunes celular e humoral.

Contendo linfócitos e macrófagos, o baço é um órgão de defesa importante. Do mesmo modo que os linfonodos filtram a linfa, o baço atua como um filtro para o sangue.

Existem numerosos fagócitos mononucleares dendríticos na polpa branca. Estas células são moderadamente fagocíticas e estão empenhadas em apresentar os antígenos estranhos que elas absorveram para os linfócitos, para ativar ambas as células B e T.

**Amadurecimento de linfócitos.** A polpa branca do baço produz linfócitos, que migram para a polpa vermelha e atingem a luz dos sinusóides, incorporando-se ao sangue aí contido. Os linfócitos são acrescentados à defesa geral do corpo penetrando na circulação hemal por meio dos sinusóides venosos, e, assim, o baço se torna uma importante fonte destas células.

**Citopoese.** A partir do 4º mês de vida intra-uterina, o baço fetal é *hemopoético*, com a polpa vermelha contendo grupos de *mielócitos*, *eritroblastos* e *megacariócitos*. Portanto, o baço produz *granulócitos* – *neutrófilos*, *basófilos* e *eosinófilos* –, e *hemácias*. Essa atividade cessa no fim da fase fetal.

**Respostas imunológicas.** Com a estimulação antigênica adequada a partir de linfocinas derivadas das células T, os macrófagos e linfócitos esplênicos proliferam e se tornam altamente ativos.



**Reserva sanguínea.** Por causa do grande volume de sangue presente no baço, ele é considerado como um depósito desse líquido, que pode, sob certas condições, ser descarregado na circulação. De acordo com a teoria fechada da circulação esplênica, o sangue do baço se acumula nos sinusóides venosos; de acordo com a teoria aberta, o armazenamento está entre as malhas reticulares dos cordões esplênicos.

A friabilidade esplênica e o substancial contingente sanguíneo tornam o baço, à semelhança de outros órgãos parenquimatosos, susceptível a hemorragias volumosas após agressões mecânicas. Talvez por isso o baço se localize sob a proteção dos arcos costais inferiores e da coluna vertebral, no dorso do tronco.

## ATIVIDADE IMUNITÁRIA

### IMUNIDADE

A imunidade é a capacidade que o corpo humano tem de resistir a micropatógenos e toxinas, que tendem a danificar os tecidos e órgãos.

**Tipos de imunidade.** Na *imunidade celular*, células imunocompetentes reagem e eliminam células que exibem na superfície moléculas estranhas, como bactérias e células transplantadas, cancerosas ou infectadas por vírus.

A *imunidade humoral* é aquela que ocorre pela liberação, no sangue e em outros líquidos, de glicoproteínas pertencentes a classe das gamaglobulinas séricas: os *anticorpos* ou *imunoglobulinas*.

Grande parte da imunidade é a *imunidade adquirida*, que se desenvolve depois do primeiro ataque contra o organismo por uma doença bacteriana ou por uma toxina, muitas vezes necessitando de semanas ou meses para se desenvolver. A imunidade adquirida é induzida por um sistema imune capaz de produzir anticorpos e linfócitos ativados, os quais atacam e destroem organismos específicos ou toxinas.

Uma parte suplementar da imunidade origina-se de processos gerais, e não de processos direcionados para organismos infecciosos específicos. Essa é chamada de *imunidade natural*, que inclui o seguinte:

1. fagocitose de bactérias e outros invasores por glóbulos brancos e células do sistema de macrófagos teciduais;

2. destruição de organismos presentes no estômago pelas secreções ácidas gástricas e enzimas digestivas;
3. resistência da pele a invasão de organismos;
4. presença de compostos químicos no sangue que se ligam a organismos estranhos ou toxinas e os destroem; alguns desses compostos são a *lisozima*, uma enzima mucolítica que ataca as bactérias e ocasiona sua desagregação; *polipeptídios básicos*, que reagem e inativam certos tipos de bactérias *Gram-positivas*; o *complexo do complemento*, um sistema de 20 proteínas, muitas das quais são precursores enzimáticos, que podem ser ativados para destruir bactérias; *linfócitos NK*, que podem reconhecer e destruir as células estranhas, células tumorais, e até mesmo algumas células infectadas.

**Antígenos.** Cada bioagente patogênico possui componentes químicos específicos na sua configuração que são diferentes de todos os outros compostos encontrados no organismo invadido. Em geral, são proteínas ou grandes polissacarídeos, e são eles que iniciam a imunidade adquirida. Estas substâncias são chamadas de *antígenos*.

#### ATIVIDADE DE LINFÓCITOS

Devido a multiplicidade e importância de seu funcionamento imunitário, os linfócitos são essenciais para sobrevivência do ser humano.

Todos os diferentes tipos de linfócitos que são capazes de produzir um tipo de anticorpo ou uma especificidade de células T são denominados *clone de linfócitos*. Em cada clone, os linfócitos são semelhantes porque se originam de um mesmo ou de poucos linfócitos precursores específicos.

**Atividade de linfócitos B.** Cada clone de linfócitos é responsivo para somente antígenos similares que tenham as mesmas características estereoquímicas. A razão para isso é a seguinte: no caso dos linfócitos B, cada um tem na superfície da sua membrana celular cerca de 200.000 anticorpos que reagem a somente um tipo de antígeno. Desse modo, quando o antígeno apropriado se aproxima, imediatamente adere a membrana celular por meio da ligação com o anticorpo. Isso induz o processo de ativação do sistema imunitário. Linfócitos B específicos ativados por antígenos imediatamente se avolumam e adquirem a aparência de *linfoblastos*; alguns linfoblastos sofrem diferenciação adicional para formar *plasmoblastos*, que são precursores dos *plasmócitos*.

Nos plasmócitos o citoplasma se expande e o retículo endoplasmático granular prolifera intensamente. Eles, então, começam a se dividir em uma velocidade de uma vez a cada dez horas originando em quatro dias, após quatro gerações de replicação, uma população total de aproximadamente quinhentas células. Os plasmócitos produzem anticorpos em uma velocidade extremamente rápida – aproximadamente 2000 molécula/segundo; os anticorpos são secretados na linfa e carreados para o sangue circulante. Esse processo continua durante vários dias ou semanas até a exaustão final e morte dos plasmócitos.

Alguns dos linfoblastos formados por ativação de um clone de linfócitos B não evoluem para formar plasmócitos, mas, em seu lugar, forma quantidades moderadas de novos linfócitos B similares aqueles de clone original. Os novos linfócitos B juntam-se aos linfócitos originais do clone; eles também circulam através do corpo para popular todo o tecido linfoide, mas, imunologicamente, permanecem inativos até serem ativados outra vez por uma nova quantidade do mesmo antígeno; estes linfócitos são chamados de *células de memória*. A exposição subsequente ao mesmo antígeno causará uma resposta muito mais rápida, potente e duradoura porque existem muito mais células de memória do que linfócitos B originais e de clones específicos. Isto explica por que a *vacinação* é normalmente realizada com a injeção do antígeno em doses múltiplas com períodos de várias semanas ou meses entre as injeções.

**Atividade de linfócitos T.** No caso dos linfócitos T, moléculas similares aos anticorpos, chamadas de *receptores protéicos de superfície* ou *marcadores de células T*, estão na superfície da membrana da célula T, e estas são, também, altamente específicas para um único antígeno ativado.

A maioria dos organismos invasores são inicialmente fagocitados e parcialmente digeridos pelos macrófagos, e os produtos antigênicos são liberados para o citosol do macrófago; daí, os macrófagos apresentam estes antígenos diretamente para os linfócitos por contato célula-célula, induzindo, assim, a ativação de clones específicos. Além disso, os macrófagos secretam uma substância ativadora especial que promove o crescimento e a reprodução de linfócitos específicos, a *interleucinas 1*.

A ativação direta das células B, na ausência das células T, pode ser feita por poucos antígenos incomuns que fazem ligações cruzadas sobre suas imunoglobulinas de superfície, como, por exemplo, o polissacáride do pneumococo. Isso conduz mais à produção de IgM do que da IgG e deve ser considerado como de importância limitada.

**Atividade de linfócitos NK.** Os linfócitos *natural killer* são assim chamados porque atacam células cancerosas e células infectadas por vírus sem necessidade de estímulo prévio. Por isso, as células NK representam um modo relativamente inespecífico de eliminar células infectadas ou anormais.

Ativadas de várias maneiras, inclusive por estimulação da interleucina 2 oriunda de células T, as células NK se fixam a células-alvo e as destroem de vários modos. Um dos mais importantes é pela ação de proteínas citoplasmáticas liberadas pelas células NK, as *citolisinas*. Essas substâncias são capazes de esburacar outras células, causando-lhes a morte.

## ANTICORPOS

**Estrutura.** Os anticorpos ou *imunoglobulinas* são proteínas com quatro cadeias polipeptídicas, duas delas longas ou *cadeias pesadas* e duas curtas ou *cadeias leves*, todas unidas por ligações sulfidrilas. Os anticorpos são secretados pelos plasmócitos que surgiram pela proliferação e diferenciação de um clone de linfócitos B.

A molécula do anticorpo tem forma de Y, os dois braços superiores do Y sendo capazes de oscilar em torno de uma dobradiça central. A extremidade bifurcada da molécula, a *fração Fab*, é altamente variável nas suas sequências de aminoácidos e, visto que esta extremidade é responsável pela ligação específica aos antígenos, existe um vasto número de variedades de anticorpos possíveis, cada tipo sendo capaz de ligar um antígeno específico de uma maneira análoga à ligação enzima-substrato. A outra extremidade do anticorpo, a *porção Fc*, é muito menos variável e pode se prender a células que possuem receptores Fc nas suas superfícies (exceto para as IgM, para as quais não há estes receptores), conferindo assim às imunoglobulins a capacidade de “amarrar” antígenos na superfície de células imunológicas, o que facilita o seu englobamento fagocítico.

**Tipos de anticorpos.** Os anticorpos podem circular livremente nos líquidos do corpo, os *anticorpos solúveis*, ou podem estar secundariamente inseridos em uma variedade de células defensivas, os *anticorpos homocitotrópicos*, para aumentar suas atividades ou torná-las aptas a realizar uma gama mais ampla de funções.

Quimicamente, na espécie humana há cinco classes de imunoglobulinas: *IgG*, *IgA*, *IgM*, *IgD* e *IgE*.

A imunoglobulina mais abundante no plasma é *IgG*, que constitui cerca de 75% das imunoglobulinas do plasma sanguíneo. A *IgG* é a única

imunoglobulina que atravessa barreira placentária humana e penetra no sangue fetal, contribuindo para a defesa imunitária do recém-nascido.

A IgA existe em pequenas quantidades no sangue. É o principal anticorpo encontrado na lágrima, leite, saliva, secreção nasal, brônquica, intestinal, prostática e vaginal. A IgA do leite materno ajuda a combater biopatógenos no trato alimentar do bebê durante os seus primeiros meses de vida.

A *IgA secretora* ou *SIgA*, presente na secreções externas, é constituída por duas moléculas da IgA unidas por uma cadeia polipeptídica, a *proteína J*, e combinada com outra proteína, a *peça secretora* ou peça de transporte. A IgA e a proteína J são sintetizadas pelos plasmócitos das glândulas e das membranas mucosas; a peça secretora é produzida pelas células epiteliais. A SIgA é muito resistente a proteólise, o que a torna adaptada para atuar sem sofrer inativação pelas enzimas das secreções.

A IgM constitui 10% das imunoglobulinas do plasma e existe geralmente sob a forma de um pentâmero de alto peso molecular. A IgM é a imunoglobulina que predomina no início das respostas imunitárias. Junto com IgD, é a principal imunoglobulina encontrada na superfície dos linfócitos B, onde funcionam como receptores para antígenos específicos. A combinação dos receptores com os respectivos antígenos resulta na multiplicação mitótica dos linfócitos B e sua diferenciação em plasmócitos. A IgM é capaz de ativar o complemento, causando lise de bactérias. Tanto IgM como IgD existem sob a forma combinada com a membrana dos linfócitos B, ou sob a forma livre, circulante nos sangue e na linfa.

A IgE tem grande afinidade para receptores localizados na membrana dos mastócitos e basófilos. Imediatamente após sua secreção pelos plasmócitos as moléculas de IgE prendem-se àqueles receptores e, praticamente desaparecem do plasma. A reação alérgica é mediada pela atividade da IgE e dos antígenos (*alérgenos*) que estimulam sua produção.

A IgD é pouco conhecida e sua função principal permanece obscura. Existe no plasma em concentração muito baixa, apenas 0,2 % do total de imunoglobulinas. Juntamente com IgM, IgD está presente na membrana dos linfócitos B e participa da diferenciação dessas células.

**Funções dos anticorpos.** Os anticorpos neutralizam moléculas estranhas e participam da destruição das células que contém estas moléculas. Cada uma interage especificamente com o determinante antigênico que promoveu sua formação.

Uma importante função do anticorpo é se combinar especificamente com a parte imunogênica de uma molécula não reconhecida, desencadeando sinais químicos que indicam a presença do invasor a outros componentes do sistema imunitário.

A porção Fab é diferente para cada tipo de gamaglobulina, e é essa porção que se liga especificamente a um tipo particular de antígeno. A porção Fc determina outras propriedades, tais como a difusão do anticorpo nos tecidos, a aderência do anticorpo a estruturas específicas nos tecidos, a ligação ao complexo do complemento e a facilidade com que os anticorpos passam através das membranas.

Os anticorpos agem, principalmente, por ataque direto ao invasor e/ou ativação do sistema do complemento. Os anticorpos provocam a aglutinação de microrganismos, o que facilita sua fagocitose. Também causam a precipitação de moléculas agressivas estranhas, como as toxinas, tornando-as inócuas. Os antígenos ligados à IgG ou IgM ativam o complemento, os quais causam a lise de microrganismos. Uma vez ativado, o complemento também estimula a fagocitose de biopatógenos. *Complexos antígeno-anticorpo* se ligam a receptores específicos na superfície de macrófagos e neutrófilos, o que facilita a fagocitose.

**Citocinas.** Muitos fatores solúveis são produzidos pelas células do sistema imunitário, ou atuam sobre elas, modulando a resposta aos antígenos. Coletivamente, são chamadas *citocinas* e as produzidas pelos linfócitos são as *linfocinas*. Algumas citocinas são mediadoras entre leucócitos e são chamadas interleucinas (IL). São descritas mais de dez tipos de IL.

As linfocinas são proteínas solúveis que incluem: (1) *fator quimiotático de macrófagos*, que atraem essas células para áreas de inflamação e então os impedem de lá emigrar por meio de um *fator de inibição dos macrófagos*; (2) *interferon α*, que estimula a fagocitose e a atividade destrutiva dos macrófagos e células NK; e (3) IL 2, que estimula a proliferação de linfócitos B e T.

Na ausência de linfocinas o sistema imune é quase paralisado. É isso que ocorre na AIDS pela destruição dos linfócitos T-auxiliares pelo retrovírus, deixando o corpo desprotegido contra doenças infecciosas.

**CAA's.** As *células apresentadoras de antígenos* (CAA's) são encontradas na maioria dos órgãos. Derivam da medula óssea e constituem uma população heterogênea que inclui células dendríticas, macrófagos e linfócitos B. Através do mecanismo de *processamento de antígenos*, essas células digerem parcial-

mente as proteínas, transformando-as em peptídeos. Estes são fixados na superfície da célula apresentadora onde são ligados a moléculas de MHC, formando complexos que serão “farejados” por linfócitos T. Este processamento é essencial para a ativação dos linfócitos T, pois estas células não reconhecem moléculas antigênicas nativas, só identificando o complexo antígeno-MHC.

Por se localizarem em muitos tecidos e terem a capacidade de efetuar a endocitose de antígenos estranhos, as células dendríticas constituem as mais eficientes e, assim, as principais CAA's. Elas respondem rapidamente a estímulos inflamatórios, produtos microbianos ou aloantígenos após um transplante e expressam elevados níveis de moléculas MHC 2 e moléculas coestimuladoras para a ativação de linfócitos T.

### TOLERÂNCIA IMUNE OU AUTOTOLERÂNCIA

Os linfócitos podem ser classificados em NK, T e B, com os dois últimos apresentando subtipos, de acordo com o local onde se diferenciam e com os diferentes receptores presentes em suas membranas.

Os linfócitos são iguais quando olhados ao microscópio. A diferenciação entre os diversos tipos e suas subclasses é feita por imunocitoquímica, que identifica proteínas específicas na superfície de cada uma dessas células.

As células precursoras de todos os tipos de linfócitos se originam na medula óssea fetal e continuam se proliferando até formarem células imunocompetentes nos órgãos linfáticos centrais.

Os linfócitos B se originam na medula óssea. Por movimentação amebóide penetram nos capilares sanguíneos e são levados pelo sangue para outros órgãos linfáticos, exceto para o timo, onde proliferam quando ativados por antígenos e se diferenciam em plasmócitos, produtores de anticorpos. Os linfócitos B constituem 5 a 10% do total de linfócitos e cada um apresenta na membrana celular, conforme já dito, cerca de 200.000 moléculas de IgM que forma complexos quando ligados a antígenos específicos.

Os linfócitos T representam 65 a 75% dos linfócitos do sangue. Seus precursores se originam na medula óssea, penetram no sangue, são retidos no timo onde proliferam e se diferenciam em linfócitos T que, novamente carregados pelo sangue, vão ocupar áreas definidas nos outros órgãos linfáticos. No timo, os linfócitos T se diferenciam nas subpopulações das células *T-auxiliares*, *T-supressora* e *T-citotóxica*. Em outros locais se podem formar as células *T da memória*. Os linfócitos T-auxiliares estimulam a transformação dos linfócitos B em plasmócitos; os supressores inibem a resposta humoral e celular e apressam o término da resposta imunitária.

Os linfócitos T-auxiliares e T-supressores trabalham sinergicamente de modo a controlar o início, a intensidade e o término da resposta imunitária. Por isso, esses linfócitos são também chamados de *células T-reguladoras*.

Os linfócitos T-citotóxicos agem diretamente sobre as células estranhas e células infectadas por vírus, através de dois mecanismos: (1) *perforinas*, proteínas que abrem orifícios na membrana celular provocando a lise das células, e (2) indução de *apoptose*, um programa de autodestruição celular que atua por meio da ativação de endonucleases endógenas não lisossômicas, que levam a uma fragmentação do DNA; os fragmentos da célula apoptótica são fagocitados por macrófagos antes da total dissolução da célula.

**Atividade supressora.** Um panorama para a função das células T-reguladoras é o seguinte: as células T-auxiliares ativam as células T-supressoras; estas, por sua vez, agem por um *retroalimentação* negativo controlador das células T-auxiliares; e estas, automaticamente, ajustam seu próprios níveis de ativação. Também é provável que as células T-supressoras tenham um papel importante limitando a capacidade do sistema imune em atacar os tecidos do próprio corpo do indivíduo, gerando a *autotolerância*. Acredita-se que as células T-supressoras funcionam neutralizando os efeitos dos anticorpos auto-imunes, e a ação de células T-auxiliares e células T-citotóxicas sensibilizadas, bloqueando assim o ataque imune ao tecido.

A existência de um controle estimulador e inibidor é de grande importância, pois o sistema imunológico precisa ser primorosamente balanceado para assegurar a destruição de partículas nocivas sem o próprio corpo ser danificado pelos poderosos agentes liberados. A ausência desse delicado controle pode ser vista na incompetência imunológica e, no outro extremo, nas doenças auto-imunes e reação de hipersensibilidade.

**Seleção de linfócitos T.** Cerca de 95% dos timócitos morrem por apoptose no timo, e são rapidamente fagocitados pelos macrófagos, porém muitos clones das células T em diferenciação amadurecem e movem-se gradualmente mais profundamente no córtex do timo. As condições apropriadas para proliferação e diferenciação dos timócitos são produzidas pela sua íntima proximidade com epitelíócitos vizinhos. Esta interação envolve a liberação, a partir dos epitelíócitos, de fatores mitogênicos e de diferenciação bem como a indução de modificações através do contato intercelular. Durante esse processo os timócitos são desviados para se tornarem subclasses de células T. Os timócitos em diferenciação são empurrados à medula do timo por meio da intensa



proliferação de células no córtex subcapsular. Da medula, deixam timo através dos vasos sanguíneos e linfáticos eferentes. Tais *timócitos pós-tímicos* ainda não são imunocompetentes, alcançando a maturidade somente quando alcançam seus destinos periféricos.

## MHC

O sistema imunitário distingue as moléculas próprias do organismo das estranhas por meio da presença, na superfície de cada célula, de um conjunto personalizado de moléculas, o *Major Histocompatibility Complex* (MHC) ou *Human Leukocyte Antigen* (HLA). Os genes que codificam esses antígenos estão localizados no braço curto do cromossoma 6. Cada indivíduo tem duas regiões MHC, uma de origem materna e outra de origem paterna.

Há dois tipos de moléculas MHC: antígenos classe 1 (*MHC 1*), que são expressas em todas as células nucleadas, e antígenos classe 2 (*MHC 2*), que são expressas unicamente em células apresentadoras de antígenos, como linfócitos B, fagócitos mononucleares, células endoteliais e linfócitos T ativados.

Os MHC's têm uma estrutura que é única para cada pessoa, e esse é o principal motivo pelo qual enxertos e transplantes de órgãos são rejeitados, exceto quando feitos entre gêmeos univitelinos, que possuem constituição molecular e MHC's idênticos.

Os receptores dos linfócitos T são MHC-restritos porque os timócitos somente reconhecerão um antígeno na presença de uma molécula MHC's 1 ou 2. Se o timócito encontra uma célula no qual os marcadores MHC 1 estão alterados – por exemplo, por ligação a antígenos estranhos ou, no caso dos transplantes, a presença de células estranhas –, os timócitos preparam um ataque sobre essas células. Dessa maneira, patógenos intracelulares, como vírus, fora do alcance dos anticorpos e células neoplásicas, podem ser mortos. O mesmo se aplica a células de um aloenxerto.

Durante sua maturação os timócitos tornam-se capazes de reconhecer os marcadores HLA expressos pelo único genoma do indivíduo a que eles pertencem, isto é, “os autoantígenos”. Assim programados, eles migram para todos os tecidos do corpo, dando origem a clones de células capazes de detectar qualquer antígeno não cadastrado na sua memória celular, de modo a preparar um ataque imune apropriado. A precisão da resposta do timócito aos autoantígenos MHC é testada pelos epitelíocitos tímicos antes da emigração das células T do timo. Se os timócitos não interagirem apropriadamente com estas células, eles não sobrevivem. Deste modo são selecionadas somente as células T que podem reconhecer os antígenos estranhos em combinação com

as automoléculas. Os clones impróprios para a defesa, como, por exemplo, aqueles capazes de produzir anticorpos contra as próprias substâncias do corpo, são eliminados ou mantidos quiescentes.

Assim, a autotolerância dos timócitos é adquirida principalmente no timo, durante o desenvolvimento das células T. A grande maioria dos timócitos imaturos morre. Somente células que reconhecem e toleram as moléculas do próprio organismo escapam do processo de seleção central e passam para a periferia. Células-fonte migram continuamente da medula óssea, através do sangue, e vão para o timo, onde proliferam e se diferenciam em linfócitos T.

---

# PELE

---

*Pode, acaso, o etíope mudar sua PELE ou leopardo, as suas manchas?  
Então poderíeis fazer o bem estando acostumados a fazer o mal.*

(Jeremias 13:23)

O maior órgão do ser humano, ao contrário da concepção geral, não é o fígado, mas a pele. Também denominada de *cútis* ou *tegumento*, a pele é uma membrana fibro-epitelial localizada ao longo da superfície corpórea.

A pele apresenta uma área de 0,25 m<sup>2</sup> em recém-nascidos e 2,0 m<sup>2</sup> em adulto de 70 Kg, e forma 8-12% da massa corpórea. Contém cerca de 1,8 litros de sangue (30% da volemia) e 9% do total de água contida no organismo. Em 1 cm<sup>3</sup> de pele encontramos aproximadamente cinco milhões de células, cinco mil corpúsculos sensitivos, quatro metros de nervos, um metro de vasos sanguíneos, cem glândulas sudoríparas, sessenta folículos pilosos e quinze glândulas sebáceas. Devido a essa extraordinária composição, a pele tem sido considerada como o envoltório mais sofisticado atualmente conhecido.

---

## DESENVOLVIMENTO

---

A pele é derivada de duas camadas embriológicas – o *ectoderma* e o *mesoderma*. A epiderme, unidades pilossebáceas, glândulas sudoríparas e as unhas são derivadas do ectoderma; o neuroderma (um componente do ectoderma) dá origem aos melanócitos, nervos e receptores sensitivos especializados. O mesoderma dá origem às células de Langerhans, macrófagos, mastócitos, fibroblastos, células de Merkel, células adiposas e a vasos sanguíneos e linfáticos.

## MICROANATOMIA

A pele é formada por duas camadas. A primeira, a *epiderme*, é o setor superficial, visível e formado principalmente por células, estando em contato com o meio ambiente. Esta é a parte sobre a qual os seres humanos constroem sua imagem corpórea. A segunda camada, a *derme*, está abaixo da epiderme, possui menos células e é de natureza fibroelástica (figura 77).

### EPIDERME

Observada a olho desarmado, a epiderme parece excessivamente fina para conter muitos elementos. No entanto, estudos microscópicos revelam uma estrutura complexa (figura 78).

É comum dividir a epiderme em diversos estratos, representando os diferentes estágios na maturação de suas células epiteliais, da base para a superfície. Diversas estruturas formadas por invaginação ou por outras modificações da epiderme incluem *glândulas*, folículos pilosos e *fâneros*.

As células típicas e mais comuns da epiderme são os *queratinócitos*, os quais são células epiteliais intimamente unidas entre si com pouco tecido intersticial. Os queratinócitos se dispõem ao longo de cinco camadas sobrepostas, da profundidade para a superfície: *basal*, *espinhosa*, *granulosa*, *lúcida* e *córnea*. As quatro primeiras camadas são formadas de células vivas e constituem, em conjunto, a *camada mucosa da epiderme*.

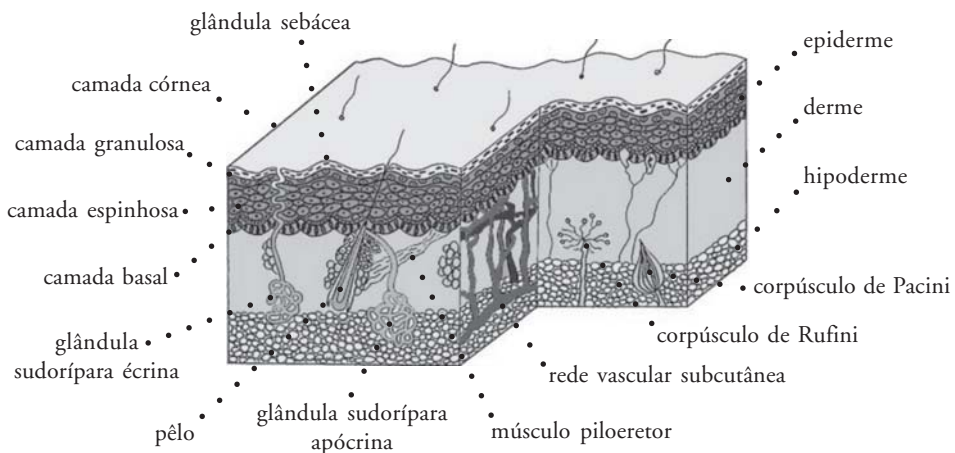


Figura 77 - Estrutura da pele.

## CAMADAS DA EPIDERME

### CAMADA BASAL

A camada basal é a mais profunda e suas células apresentam o maior eixo perpendicular à junção epiderme-derme. A camada basal está em contato com a derme e é formada de uma única fileira de células cilíndricas com intensa atividade mitótica. Por isso, a camada basal é também denominada *camada germinativa*, pois seus queratinócitos dividem-se constantemente e substituem as células descamadas pela camada córnea.

As células basais são unidas entre si e às células espinhosas suprajacentes, e estas entre si, através de *pontes intercelulares* ou *desmossomas*. Já a superfície inferior das células basais é presa à camada basal subjacente por um *hemidesmossoma*, ou seja, uma única placa de aderência sobre a membrana basal, que liga a membrana plasmática dos queratinócitos basais à lâmina basal.

**Citoqueratinas.** Os *filamentos intermediários* ou *tonofilamentos* são proteínas filiformes longas que formam o citoesqueleto de diversas células epiteliais do corpo humano. Os tonofilamentos são capazes de se autopolimerizar, formando uma rede citoplasmática responsável pela forma e resistência mecânica das células. As *citoqueratinas*, classificadas em cerca de trinta tipos, perfazem o maior grupo de filamentos intermediários dos queratinócitos.

As diferentes formas dos queratinócitos ao longo das camadas epidérmicas parecem se dever à disposição dos tonofilamentos. As citoqueratinas inserem-se nos desmossomos de um lado, dirigem-se ao interior da célula, contornam o núcleo do queratinócito, formando uma rede nanocabos que se estende de um desmossoma a outro e também aos hemidesmossomas, no caso das células basais. Quando mais horizontalizadas as moléculas de citoqueratina, mais achatada a célula. Por outro lado, quanto mais curvadas as redes, mais alta a célula.

**ZMB.** A *junção dermo-epidérmica*, também chamada de *zona de membrana basal* (ZMB) está imediatamente abaixo da camada basal da epiderme. A ZMB é uma estrutura altamente complexa, formada pela fusão de quatro camadas distintas, dentre as quais está a membrana plasmática da superfície inferior dos queratinócitos basais e a lâmina basal. Na parte inferior da ZMB se insere uma série de moléculas fibrosas que prendem a epiderme à derme: os *filamentos ancorantes*, as *fibrilas de ancoragem*, os *feixes de microfibrilas*, *fibras colágenas* e *elásticas*. Todas estas estruturas se originam na derme subjacente, exceto os filamentos ancorantes, que partem dos hemidesmossomos.

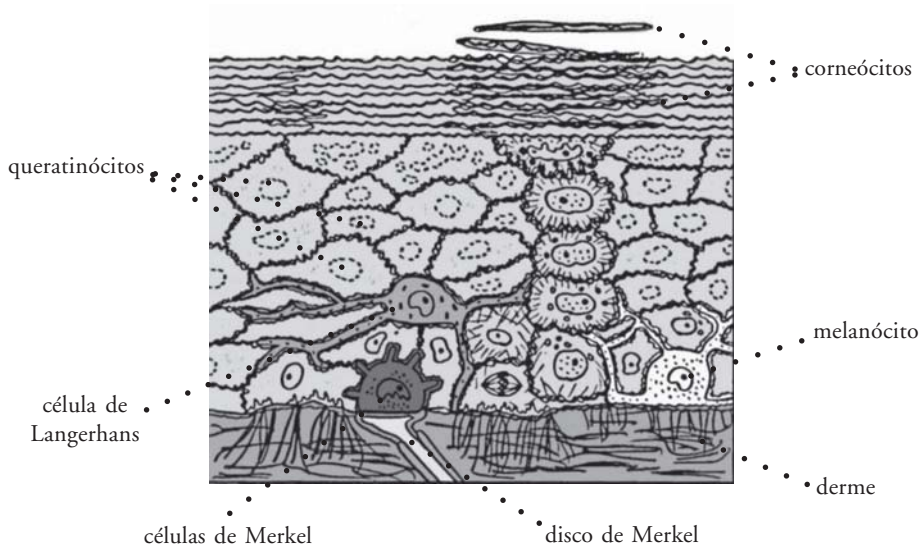


Figura 78 – Epiderme.

### CAMADA ESPINHOSA

A camada espinhosa ou *camada de Malpighi* é constituída por células poligonais cubóides ou achatadas com pequenas expansões citoplasmáticas que contêm tonofibrilas partindo de cada uma das células adjacentes. Essas expansões citoplasmáticas de queratinócitos vizinhos se aproximam um das outras e se mantêm unidas através de *desmossomas*, o que dá célula um aspecto espinhoso.

Os queratinócitos espinhosos possuem grandes quantidades de feixes de queratina fixadas a desmossomos na superfície da célula. Como as células estão ancoradas umas às outras dessa maneira, o estrato malpighiano fornece à epiderme coesão e resistência à tração e umidade.

No citoplasma de queratinócitos da camada espinhosa alta observam-se estruturas subcelulares ovaladas, envoltas por membrana única com subestrutura interna lamelar, os *corpos lamelares de Odland*. Estas estruturas são eliminadas para o espaço intercelular das camadas mais superficiais da epiderme. Parecem prover a substância cimentante intercelular.

### CAMADA GRANULOSA

A camada granulosa é formada de células poligonais planas, cujos citoplasmas são abarrotados de grânulos de *querato-hialina*. Os grânulos são compostos de

uma mistura de citoqueratinas, carboidratos e lípidos, mas a substância predominante é uma proteína altamente fosforilada rica em histidina, a *proteína básica do estrato córneo* ou *profilagrina*, que amadurece posteriormente na camada córnea formando a proteína *filagrina*.

### CAMADA LÚCIDA

A camada lúcida, a mais fina da epiderme, se situa entre a camada córnea e a granulosa, sendo composta por dois ou três estratos de células anucleadas, planas, homogêneas e transparentes.

O nome da camada lúcida deriva de seu aspecto opticamente refrativo, impossibilitando a visualização dos limites de suas células. A camada lúcida é encontrada apenas na pele glabra espessa (ou seja, nas regiões palmo-plantares) e nas unhas, representando um estágio pobremente compreendido da queratinização.

### CAMADA CÓRNEA

A camada córnea é a mais superficial e se encontra em contato com o ambiente. Esta camada é composta de *corneócitos*, que são queratinócitos maiores, inertes, mortos, anucleados e fusionados, semelhantes à escamas por serem muito achatados e terem grande superfície. Os corneócitos são compactados e contêm altas concentrações de finos filamentos paralelos de queratina engastados na proteína filagrina; pontes dissulfeto estabilizam esse complexo proteico. O espaço intercelular no estrato córneo é preenchido por uma camada espessa de cimento lipídico cruzado por desmossomos ocasionais remanescentes de camadas mais profundas. A lâmina mais superficial dos corneócitos descama-se. As causas do evento envolvem a ativação de lipases liberadas de grânulos celulares revestidos de membranas.

A espessura da camada de queratina é influenciada por fatores ambientais locais, especialmente a abrasão, que pode levar a um espessamento considerável de toda a epiderme, incluindo o estrato córneo. As solas dos pés tornam-se extremamente resistentes se os calçados não são usados, e coxins queratinizados desenvolvem-se em áreas de pressão habitual, por exemplo, calos por sapatos apertados, calosidades palmares em trabalhadores manuais ou calos nos dedos de guitarristas. A exposição a altos níveis de raios solares ou outros agentes estressantes também pode causar um espessamento epidérmico geral. Em zonas protegidas, a epiderme é bem mais fina.

## CÉLULAS

**Queratinócitos.** Formam as camadas epidérmicas descritas anteriormente. Representam cerca de 80% das células da epiderme.

**Melanócitos.** Os melanócitos se originam da crista neural do embrião e migram como *melanoblastos* para dentro da epiderme da 12<sup>a</sup> para a 14<sup>a</sup> semana do período de gestação.

Uma vez amadurecidos, os melanócitos assumem uma forma definitiva de um polvo, com um corpo celular central redondo de onde partem prolongamentos protoplasmáticos arboriformes, os *dendritos*. O corpo celular situa-se no estrato basal em contato com a lâmina basal; os dendritos se ramificam extensivamente entre as células adjacentes, penetrando fundo dentro do estrato espinhoso.

As organelas características dos melanócitos são os *melanosomas*, corpos citoplasmáticos limitados por membrana e contendo o pigmento *melanina*. Os melanosomas brotam do complexo de Golgi e são transportados do corpo da célula para as extremidades dos dendritos. As porções terminais do dendrito contendo melanosomas são periodicamente desprendidas (*secreção citócrina*) e imediatamente tragadas pelos queratinócitos vizinhos e células-tronco basais. Deste modo, as células germinativas da epiderme são equipadas com um escudo de pigmento contra os efeitos danosos da luz ultravioleta sobre o seu DNA. O pigmento é constantemente perdido pelo epitélio à medida que as células basais se dividem, migram e são desprendidas da superfície; assim, uma produção contínua de melanosomas é necessária. Onde a proteção melânica é escassa, a exposição à luz ultravioleta pode causar neoplasias malignas, queimaduras actínicas ou outros tipos de destruição de células epidérmicas.

A quantidade de melanócitos varia em função da área considerada, existindo cerca de 2000/mm<sup>2</sup> na pele da cabeça e antebraços e cerca de 800/mm<sup>2</sup>, no restante do tegumento. Os melanócitos são mais numerosos na face, orifícios mucosos, genitália externa, no complexo aréolo-mamilar e nos membros. A quantidade de melanócitos é semelhante em raças claras e escuras, mas a atividade e a estrutura de seus melanosomas diferem. Os melanócitos estão também presentes nas bases dos folículos pilosos e são responsáveis pela cor dos cabelos; estão ausentes na matriz do leito ungueal, na palma das mãos e planta dos pés.

Cada melanócito se liga funcionalmente com cerca de 36 queratinócitos, com que constituem as *unidades epidermo-melânicas*. Nessas unidades, os



queratinócitos influenciam a proliferação, o número de dendritos e a produção melânica dos melanócitos por meio da ação de diversos fatores solúveis, como o *fator F de crescimento de fibroblasto* (o mais ativo), *hormônios melanotróficos e sexuais*, *vitamina D<sub>3</sub>* e *mediadores de inflamação*.

A capacidade de proliferação dos melanócitos é pequena, fato evidenciado em corte histológicos de pele normal, onde são vistas poucas figuras mitóticas da células pigmentares. A capacidade proliferativa destas células é também negativamente afetada pela idade.

**Células de Langerhans.** As *células dendríticas de Langerhans* estão espalhadas regularmente por toda a epiderme e pelo epitélio estratificado escamoso da mucosa da boca. Na vida adulta, as células dendríticas são em número de 400 a 1000/mm<sup>2</sup>, constituindo 2 a 8% da população celular da epiderme.

As células dendríticas são inconfundíveis por apresentarem corpúsculos citoplasmáticos em forma de raquete de tênis, os *grânulos de Bierbeck*. Os corpos celulares das células de Langerhans estão situados na base do estrato espinhoso e seus dendritos, amplamente ramificados, são insinuados entre as células adjacentes sem nenhuma junção desmosômica.

As células de Langerhans possuem muitas características em comum com os macrófagos, incluindo a reatividade a anticorpos específicos, a mesma classe de antígenos de histocompatibilidade (MHC 2), a presença de receptores plasmalêmicos para o terceiro componente do complemento e para o fragmento cristalizável da IgG e da IgE, uma forte positividade para a ATPase e uma origem comum a partir de células da medula óssea.

As células dendríticas são continuamente renovadas a partir de um bolo proliferativo de mielócitos precursores bem como de uma multiplicação regular dentro da epiderme.

**Células táteis de Merkel.** Estas são células elípticas encontradas principalmente na pele glabra espessa, nos lábios, dedos, boca e membrana externa dos folículos pilosos.

As células táteis só são visíveis à microscopia eletrônica. Situam-se na base da epiderme, geralmente projetando-se para a derme. Da sua superfície apical nascem espigas citoplasmáticas que vão se insinuar entre os queratinócitos e conectar-se a eles por meio de desmossomos. O pólo inferior das células táteis dá inserção a terminações de filetes nervosos mielínicos mecanorreceptivos, formando os *discos de Merkel* (figura 78).

Alguns autores admitem que as células de Merkel sejam de origem neuroectodérmica devido a sua relação com as fibras nervosas dos discos de *Merkel* e ao seu conteúdo de substâncias neurotransmissoras, como a *neuro-enolase*.

## DINÂMICA CELULAR

**UPE.** Toda a epiderme é um mosaico de territórios prismáticos, cada um apoiando-se sobre a lâmina basal e prolongando-se até a superfície epidérmica. Na base de cada prisma está um grupo de aproximadamente oito células mitoticamente ativas, circundando uma única *célula-tronco primária* da qual elas e todos os queratinócitos na coluna suprajacente são derivados.

Uma única célula de Langerhans situa-se próxima da célula-tronco primária, talvez dirigindo a atividade mitótica local. Essa aglomeração de células basais e de Langerhans constitui a *Unidade de Proliferação Epidérmica* (UPE); é importante notar que os melanócitos se distribuem aleatoriamente, sem seguir o critério da UPE.

Divisões repetidas da célula-tronco primária dão origem a um anel envolvente de células basais, as *células-tronco intermediárias*, que migram para o interior do estrato espinhoso onde se dividem duas ou três vezes. Diferenciam-se então em queratinócitos não-mitóticos e, após um período variável de trânsito dentro do estrato espinhoso, passam ao granuloso. Aqui, tendo-se tornado achatadas e queratinizadas, movem-se superficialmente como uma única coluna de corneócitos até que, finalmente, se desprendem na superfície.

Na UPE, o tempo de maturação de uma célula basal até atingir a camada córnea varia de 25 a 75 dias.

**Maturação de queratinócitos.** O processo de maturação dos queratinócitos, desde a camada germinativa à córnea, é complexo e multifatorial e influenciado por fatores genéticos, sistêmicos e ambientais. Na diferenciação epidérmica há importante participação da derme através de inter-relações entre fibroblastos e queratinócitos. Atuam ainda, na diferenciação epidérmica, neuropeptídeos, citocinas, fator de crescimento epitelial, fator transformador de crescimento alfa, fator de crescimento de queratinócitos, fator transformador de crescimento beta, interleucinas (1, 6, 8), vitamina A, retinóides e chalonas.

Constitui parte da diferenciação dos queratinócitos a síntese de diversos tipos de filamentos intermediários, já referidos, que dão estrutura tridimensional a todos os queratinócitos.

## DERME

A derme consiste de uma túnica de tecido conjuntivo denso não-celular – colágeno, elastina e substância basal. A derme fornece um compartimento para fibras colágenas, vasos, nervos e células defensivas sendo, assim, vital para a geração, suporte e resistência da epiderme.

A derme é muito mais espessa, complexa e importante que a epiderme. Todos os elementos da pele são gerados pela derme. Isso justifica por que as queimaduras restritas a epiderme evoluem para recuperação completa se a derme subjacente estiver intacta, enquanto que as queimaduras que atingem a derme podem resultar em distúrbios regenerativos na pele, como cicatrizes hipertróficas, queloides e feridas que não se fecham.

A derme varia de espessura conforme a solicitação mecânica. Por isso é grossa nas palmas das mãos e planta dos pés, mais espessa na superfície dorsal do corpo do que na ventral e, nos membros, mais grossa na parte lateral do que na medial. Nas pálpebras, escroto e pênis, a pele é muito delgada.

## CAMADAS

A derme é dividida em duas zonas superficiais, a derme *papilar* e a *perianexial*, e uma profunda, a *derme reticular*.

**Derme papilar.** A derme papilar é constituída de tecido conjuntivo frouxo que forma numerosas saliências cônicas, as *papilas dérmicas*, cujos ápices arredondados se interdigitam em recessos na base da epiderme e formam a junção dermoepidérmica na sua interface. As papilas contêm em seu interior uma alça capilar e, em alguns sítios, especialmente na pele glabra espessa, as terminações nervosas de corpúsculos de Meissner.

Na pele fina, especialmente em regiões com pequeno estresse mecânico e mínima sensibilidade, as papilas são poucas e muito pequenas, enquanto que em locais sujeitos a pressões e atritos (como ocorre nas palmas e solas), onde executam evidente função de sensibilidade e fixação dermo-epidérmica, as papilas dérmicas são muito maiores, intimamente agregadas e arrançadas em linhas paralelas curvas, as *cristas epidérmicas*. Sob cada crista epidérmica estão duas ou três fileiras longitudinais de papilas, através das quais passam os ductos das glândulas sudoríparas.

A camada papilar é especializada em fornecer ancoradouro mecânico, suporte metabólico e manutenção trófica para o tecido sobrejacente uma vez que aloja ricas redes de terminações nervosas sensoriais e vasos sanguíneos.

Os *fibroblastos* ocorrem em quantidades variáveis na derme papilar. Essas células são as mais comuns do tecido conjuntivo e a principal produtora de fibras colágenas e de glicosaminoglicanas. O fibroblasto é uma célula fusiforme, com núcleo grande e ovóide, citoplasma rico em retículo endoplasmático granular e complexo de Golgi desenvolvidos, e superfície externa dotada de prolongamentos filiformes. Na maior parte do tempo, o fibroblasto está em repouso; havendo estímulo adequado, como ocorre nos processos de cicatrização da pele, o fibroblasto começa a sintetizar intensamente seus produtos de secreção.

**Derme perianexial.** A derme perianexial é estruturalmente idêntica à derme papilar, dispondo-se, porém, em torno dos anexos. Compõe juntamente com a derme papilar a unidade anatômica denominada *derme adventicial*.

**Derme reticular.** A derme reticular é constituída por tecido conjuntivo denso e apresenta menos fibroblastos e macrófagos que a derme papilar.

Na derme, as fibras colágenas são produzidas pelos fibroblastos. Setenta por cento do peso bruto da derme é formado apenas dessas fibras.

As fibras colágenas são formadas por uma escleroproteína, o *colágeno*, que tem composição peculiar de aminoácidos. Um terço do colágeno é formado do aminoácido *glicina*, enquanto que a *prolina* e a *hidroxiprolina* estão presentes na proporção de 12 e 10 %, respectivamente. O restante é formado por vários aminoácidos, sendo interessante notar que o colágeno é pobre em aminoácidos sulfurados e tirosina e a única proteína do corpo com quantidades apreciáveis de hidroxiprolina.

O colágeno é a proteína mais abundantes da espécie humana, representando cerca de 30 % do total das proteínas do nosso corpo. O colágeno tem a forma de bastão e é constituído por três cadeias dispostas, da esquerda para a direita numa configuração helicoidal tríplice. O colágeno mais abundante, conhecido como *colágeno tipo I*, consiste em duas cadeias alfa-1 e uma alfa-2. Esse colágeno ocorre na derme, tendões, ligamentos, ossos, dentes, cicatrizes maduras e em todos os tecidos conjuntivos do corpo humano.

A camada reticular funde-se com a face profunda da camada papilar; seus feixes de fibras colágenas são mais espessos do que aqueles da camada papilar e se entrelaçam com eles e entre si para formar uma forte e maleável treliça, dentro da qual situa-se uma quantidade variável de fibras elásticas. As fibras colágenas conferem à pele grande resistência a forças torsionais, compressivas e de cisalhamento.

Entre as malhas da derme reticular encontram-se glândulas sudoríparas e sebáceas além de folículos pilosos. A superfície profunda da derme reticular se une à tela subcutânea.

## VASCULARIZAÇÃO

Quatro redes capilares transitam pela derme, causando um fluxo sanguíneo considerável. Os capilares do *plexo papilar* formam alças dentro das papilas dérmicas e, desta maneira, aproximam-se muito da base da epiderme antes de passarem de volta para um plexo venoso presente imediatamente abaixo do plexo papilar arteriolar. O *plexo subpapilar* está na base da derme papilar e é dele que partem as alças vasculares das papilas. O *plexo dérmico* está dentro da derme reticular. O *plexo subdérmico* localiza-se na junção derme-tela subcutânea.

Apenas 1% do fluxo sanguíneo cutâneo é usado para o metabolismo local. Os 99% restantes são conduzidos através dos *corpúsculos glômicos*; estas estruturas desempenham importante papel no controle da homeotermia. Nas camadas mais profundas da derme, os corpúsculos glômicos são comuns, especialmente nas extremidades sujeitas a resfriamento, como mãos, pés e orelhas. Nesses locais, os glomos são envolvidos por revestimentos musculares espessos.

## ELEMENTOS SENSITIVOS E INERVAÇÃO

Na derme reticular se encontram diversos *receptores somáticos* relacionados com a sensibilidade. Esses corpúsculos sensoriais são classificados como *receptores encapsulados* e *receptores não encapsulados*, conforme tenham ou não membranas de tecido conjuntivo envolvendo suas terminações nervosas. Os corpúsculos se continuam com filetes nervosos que conduzem todos os estímulos aplicados sobre a pele para as regiões sensitivas do sistema nervoso central.

**Receptores somáticos.** Os receptores somáticos encapsulados são os *corpúsculos de Meissner*, *Krause*, *Ruffini* e *Vater-Pacini* e as *terminações de Merkel-Ranvier* (figuras 77 e 78).

Os corpúsculos de Meissner são estruturas alongadas, localizada dentro de papilas dérmicas, formadas de tecido conjuntivo onde penetram terminações nervosas; os corpúsculos de Meissner são muito frequentes nas palmas das mãos e plantas dos pés.

Os corpúsculos de Krause são também denominados de órgãos nervosos terminais mucocutâneos, pois ocorrem nas áreas de transição entre pele e mucosas; são frequentes, portanto, nas pálpebras, boca, genitália externa e

pele perineal. Cada corpúsculo de Krause é uma cápsula dilatada de tecido conjuntivo com terminações nervosas em seu interior.

Os corpúsculos de Ruffini têm estrutura semelhante ao de Krause, só que são mais achatado.

Os corpúsculos de Vater-Pacini são terminações nervosas envoltas por camadas concêntricas de tecido conjuntivo que lhe dá um aspecto de cebola. Os corpúsculos de Vater-Pacini são encontradas nas camadas profundas da pele.

As terminações de Merkel-Ranvier ou meniscos do tato são plexos de mecanorreceptores presentes especialmente em zonas de pele espessa, fixados nas bases das células de Merkel.

Os receptores não encapsulados ou *terminações nervosas livres* são delgados filetes nervosos sem envoltório de tecido conjuntivo.

**Inervação.** Os estímulos captados pelos receptores somáticos são transmitidos a zonas encefálicas somestésicas a partir de nervos e filetes nervosos que se conectam aos receptores somáticos.

As *sensações de vibração e artrestésicas* penetram pelas raízes posteriores na coluna dorsal da medula, constituindo os *fascículos cuneiforme e grácil* no funículo posterior, que terminarão nos *núcleos grácil e cuneiforme* do *bulbo*. Desses núcleos, os impulsos nervosos dirigem-se ao *núcleo ventral do tálamo* e, daí, atingem a *área somestésica cortical*.

Os filetes nervosos condutores de sensações de tato, dor e temperatura penetram pelas raízes dorsais dos nervos espinhais, dirigem-se à porção contralateral da medula, formando os *tratos espinotalâmicos*, os quais se dirigem para o *tálamo*.

A inervação motora da pele é feita por *fibras eferentes autônomas amielínicas* do tipo adrenérgico. Essas fibras provocam contração dos miócitos lisos das paredes arteriolas causando a vasoconstrição, contraem o músculo eretor dos pêlos, ativam os corpúsculos glômicos e as células mioepiteliais das glândulas apócrinas; também inervam os fascículos musculares lisos da derme e do tecido conectivo adjacente, do escroto, lábios maiores do pudendo, pele do períneo e mamilos. Exceto nas papilas mamárias e nas áreas genitais, a atividade destes nervos está relacionada com a regulação da perda de calor através da vasodilatação e vasoconstrição, pela produção de suor e pela ereção dos pêlos.

É importante salientar que as glândulas sudoríparas écrinas são inervadas por fibras simpáticas, porém colinérgicas, o que é excepcional, uma vez que, via de regra, as fibras simpáticas são adrenérgicas. Já as glândulas apócrinas reagem a neurotransmissores adrenérgicos.

## ANEXOS CUTÂNEOS

Os anexos da pele são os *fâneros* e as *glândulas*.

### FÂNEROS

Os fâneros correspondem às *unhas* e aos *pelos*. Os fâneros têm uma consistência tipicamente rígida, pois são formados por uma queratina quimicamente distinta e mais dura do que aquela presente na pele em geral.

### UNHAS

As unhas são placas córneas translúcidas e elásticas, de formato aproximadamente retangular, situando-se na superfície dorsal das falanges terminais. As unhas são convexas no eixo transversal e retas no longitudinal. Seu aspecto transparente é devido à presença de uma camada lúcida extremamente aumentada.

As unhas são homólogas ao estrato córneo, consistindo em escamas sem núcleo, cheias de queratina, mortas e compactadas. As escamas derivam do amadurecimento das células geradas na matriz germinal e na face inferior da prega ungueal proximal. A derme abaixo da unha é rica em vasos sanguíneos, incluindo glomos; há também numerosas terminações nervosas sensitivas, incluindo terminações de Merkel.

As unhas incluem uma *raiz* proximal, um *corpo* médio exposto e uma *margem livre* distal. A maior parte do corpo está firmemente ligada ao *leito ungueal* epidérmico subjacente.

A raiz está inserida em uma fenda curva, profunda, de aproximadamente 10mm de comprimento, com uma *prega ungueal proximal* sobrejacente. A raiz da unha descansa sobre uma placa espessa de células epidérmicas ativas, a *matriz germinal*, que está intimamente ligada por tecido dérmico fibroso ao dorso da falange subjacente. Em muitos dedos, a matriz se estende distalmente por alguma distância debaixo do corpo da unha, onde contribui para a aparência da pálida área crescente proximal, a *lúnula*. À medida que novas células são formadas, elas se queratinizam e são empurradas para a frente ao longo do plano da matriz, no leito ungueal. O crescimento ocorre apenas na raiz e na lúnula, de modo que a espessura da extremidade proximal da unha aumenta gradualmente até a borda da lúnula, após a qual ela é constante.

### PELOS

Os pelos são hastes queratinizadas flexíveis encontradas sobre quase toda a superfície do corpo, exceto na pele das palmas, solas e superfícies flexoras dos

dedos, no umbigo, mamilos, glânde e clitóris, lábios menores e as faces mediais dos lábios maiores do pudendo e prepúcio. Nas outras partes, os pelos variam de aproximadamente 600/cm<sup>2</sup> na face para 60/cm<sup>2</sup> no resto do corpo. Sobre a maior parte da superfície do corpo, os pelos são curtos e estreitos (*lanugem*) e, em algumas áreas, tais pelos não se projetam além de seus folículos como, por exemplo, na pele das pálpebras. Em outras regiões eles são mais longos e espessos e, muitas vezes, fortemente pigmentados (*pêlos terminais*). Entre estes cita-se os cabelos, cílios, supercílios, pelos axilares e púbicos, o bigode, a barba e os pelos do tórax nos homens e os pelos das narinas, as *vibrissas*.

O componente principal do pêlo é a queratina. Participam da estrutura dessa proteína cerca de vinte aminoácidos, sendo particularmente importantes a cisteína, a arginina e a citrulina, esta última sendo encontrada exclusivamente nos pêlos humanos.

Um pelo possui uma parte implantada na pele, a *raiz*, encaixada em uma invaginação da epiderme, o *folículo piloso*, e uma parte que se projeta da superfície da pele, a *haste*. Esta é composta de células contendo uma forma de queratina particularmente forte na qual muitas ligações dissulfeto ligam transversalmente as proteínas para formar um material com alta resistência à tensão.

A taxa de crescimento dos pelos varia de aproximadamente 1,5 a 2,2mm/semana. Com a puberdade, o crescimento e geração de pelos muito mais espessos ocorrem na pube e axilas em ambos os sexos e, sob a influência de andrógenos, na face e no tronco dos homens. Os andrógenos estimulam a formação de pelos na face e no corpo em geral e, após aproximadamente os 30 anos de idade, tendem a causar a mudança dos pelos terminais do couro cabeludo para pequenas penugens e podem eventualmente causar uma calvície completa. Nas mulheres, o estrogênio tende a manter as penugens na sua formação de diminutos pelos, e, na vida pós-menopausa, a redução dos estrogênios pode permitir o crescimento de pelos mais fortes na face e no corpo.

**Músculos piloerectores.** Estes músculos são pequenos feixes de fibras lisas involuntárias que se originam na derme e se inserem na raiz do pelo, no lado para onde ele se inclina. Por esta razão, sua contração tende a puxar os pelos para a vertical e elevar a epiderme adjacente em uma pequena proeminência, enquanto faz pequenas covas nas superfícies onde o músculo está inserido superficialmente, dando a aparência de “pele de galinha” na exposição aos estímulos emocionais ou ao frio.



## GLÂNDULAS

As glândulas da pele são classificadas, de acordo com o fluido produzido, como *glândulas sebáceas* ou *sudoríparas*.

### GLÂNDULAS SEBÁCEAS

Essas glândulas são pequenos órgãos saculiformes preenchidos por uma massa gordurosa contendo fragmentos de células rotas, o *sebo*. Os ductos das glândulas abrem-se em torno da raiz do pelo. A glândula sebácea está situada no ângulo de inserção do músculo piloerector, cuja contração tende a espremer a secreção sebácea para fora do ducto da glândula.

As glândulas sebáceas são ativadas pelos andrógenos, sendo independentes de estimulação nervosa. Por esse motivo, são moderadamente desenvolvidas no recém-nascido, por ação dos andrógenos maternos, passivamente transferidos. Esgotados os andrógenos adquiridos passivamente, as glândulas sebáceas entram em acentuada regressão, somente se desenvolvendo novamente na puberdade, por ação dos andrógenos de origem testicular, ovariana e suprarrenal.

**Sebo.** O sebo é uma mistura complexa da qual mais de 50% são de di e triglicérides, com proporções menores de ésteres de cera, esqualeno, ésteres de colesterol e colesterol. À medida que o sebo se move ao longo do ducto excretor da glândula sebácea, seus glicérides são hidrolisados parcialmente pela ação de bactérias, formando ácidos graxos livres.

**Complexo pilossebáceo.** As glândulas sebáceas podem ser consideradas em conjunto com o folículo piloso e músculos piloerectores como parte de uma unidade anatômica, o *complexo pilossebáceo*. Assim, a quantidade de glândulas sebáceas reflete a distribuição de folículos pilosos, variando de 100/cm<sup>2</sup> na maior parte do corpo até 900/cm<sup>2</sup> na face e couro cabeludo. O tamanho das glândulas sebáceas é, em geral, inversamente proporcional às dimensões do pelo. Assim, as maiores glândulas sebáceas são encontradas nas regiões onde o sistema piloso é menos desenvolvido, como, por exemplo, na frente e no nariz.

### GLÂNDULAS SUDORÍPARAS

Os seres humanos têm perto de seis milhões de glândulas sudoríparas na pele, muito mais do que qualquer outro primata.

As glândulas sudoríparas são divididas em três tipos (figura 77): *écrinas*, numerosas e presentes na maior parte do corpo, *apócrinas*, confinadas a poucas áreas restritas, e as *modificadas*, que eliminam produtos diferentes do suor.

**Glândulas sudoríparas écrinas.** Estas glândulas são estruturas tubulares longas sem ramificações, cada qual com uma *porção secretora* espiralada e mais larga situada profundamente na derme ou na hipoderme e um *ducto excretor* mais estreito, reto ou ligeiramente helicoidal, que nas camadas mais profundas da derme é enrolado ou torcido.

Toda a extensão das glândulas écrinas é envolvida por uma bainha fibrosa dérmica e uma lâmina basal finas. A porção secretora consiste de um epitélio pseudoestratificado circundando um lúmen largo. As células são piramidais, suas bases repousando nas lâminas basais e seus ápices não alcançando o lúmen da glândula, mas, em vez disso, faceando um ou mais canalículos intercelulares pequenos que desembocam no lúmen. Numerosos microvilos irregulares estão presentes nas faces apicais destas células.

Em torno da porção secretora, quase dentro da lâmina basal, existem muitos mioepiteliócitos alongados, os quais, pelo seu poder contrátil, são responsáveis pela expulsão da secreção sudoral.

Os ductos sudoríferos écrinos são revestidos por duas camadas de epiteliócitos cubóides, os mais internos dos quais possuem microvilos curtos que margeiam o lúmen do ducto.

As paredes do ducto das glândulas écrinas se fundem com a base das papilas epidérmicas, e o lúmen passa entre os queratinócitos, geralmente em uma espiral apertada, para se abrir por uma abertura redonda na superfície cutânea, os *poros*. Na pele espessa glabra, as glândulas écrinas descarregam por uma série regular de pontos ao longo das linhas centrais das cristas de fricção, fornecendo incidentalmente marcadores dos padrões das impressões digitais para fins forenses.

As glândulas écrinas são inervadas por fibras simpáticas pós-ganglionares não-mielinizadas que liberam neuromediadores parassimpáticos. Portanto, drogas parassimpaticomiméticas, como a *acetilcolina* e *pilocarpina*, estimulam a sudorese, e drogas parassimpatolíticas, como a *atropina*, a inibem.

**Glândulas sudoríparas apócrinas.** Estas glândulas descarregam nas regiões apicais dos folículos pilosos. As glândulas apócrinas estão presentes em

poucas regiões, a saber, axilas, períneo, aréolas, pele periumbilical, prepúcio, escroto, monte púbico e lábios menores. Embora se assemelhem às écrinas por possuírem um corpo secretor basilar espiralado envolvido por mioepiteliócitos, o ducto das glândulas apócrinas é mais reto e a região secretora tem uma luz cerca de 200 vezes maior, pelo acúmulo de secreções retidas. As paredes das glândulas apócrinas são revestidas por epitélio cúbico simples.

A secreção das glândulas apócrinas é um líquido proteináceo claro, denso, inodoro e estéril, contendo açúcares, amônia, ácidos graxos e, às vezes, cromógenos. Ao sofrer metabolismo de bactérias locais, são gerados compostos odoríferos fortes, de cheiro urinoso. Em muitos animais esses são sinais ferormoniais potentes para o acasalamento e para o comportamento social e territorial. O verdadeiro significado funcional da secreção apócrina no homem é desconhecido, admitindo-se que represente alguma função sexual, uma vez que surge apenas na puberdade.

O termo apócrino é errôneo. A redução de volume das células secretoras após a eliminação de secreção sudoral induziu os estudiosos a considerar, inicialmente, a secreção como parte da própria célula, daí o nome apócrina. Posteriormente, verificou-se que a secreção não contém componentes celulares, portanto, não se trata de secreção por decapitação.

**Glândulas sudoríparas modificadas.** Estas glândulas são estruturalmente semelhantes às apócrinas, mais produzem uma secreção peculiar, diferente do suor. As glândulas modificadas descritas no corpo humano são as *glândulas ceruminosas* do meato acústico externo, as *glândulas ciliares* das pálpebras e as *glândulas mamárias*.

**Suor.** Este líquido é um ultrafiltrado do plasma sanguíneo derivado dos abundantes capilares que circundam as zonas secretoras das glândulas sudoríparas. O suor é um líquido claro e inodoro formado especialmente de água e contendo pequenas quantidades de muitas substâncias, predominantemente sódio e cloreto, mas também proteínas, imunoglobulinas, cálcio, potássio, amônia, lactato, ureia, ácido úrico e aminoácidos. O seu conteúdo de sódio, cloreto e água é menor do que o do sangue devido a absorção destas substâncias pelos ductos excretores das glândulas sudoríparas.

---

# A N A T O M I A

---

## CARACTERES GERAIS

Embora a pele sobre todo o corpo seja similar, há muitas variações locais de espessura, resistência mecânica, queratinização, pilificação, vascularidade, inervação e quantidade de glândulas. A aparência da pele também não é uniforme, variando gradativamente de uma região a outra, porém formando um todo contínuo e harmônico.

Ao exame externo, a pele apresenta diversas saliências e depressões que representam áreas de sombra e de reflexo de luz que, em seu conjunto, propiciam um aspecto gracioso e conferem uma aparência de beleza.

A espessura da pele oscila entre 0,5 a 8 mm a depender do local considerado. A pálpebra superior, por exemplo, pode medir 1 mm de espessura e ter menos de dez camadas de células horizontais, sendo, por isso, considerada por muitos como a pele mais delgada do corpo. Essa finura torna a pele palpebral susceptível a inchaços devido a traumatismos, edemas e reações alérgicas.

A pele mais grossa do corpo é a do couro cabeludo, e varia de 3 a 8 mm de espessura. Ela é unida a gálea aponeurótica por vários septos verticais que minimizam as lacerações da pele sobre o crânio. Sob a pele do couro cabeludo situa-se a camada de tecido subcutâneo, que contém denso tecido conjuntivo e gorduroso, bem como folículos pilosos, veias, artérias, linfáticos e nervos sensitivos.

A pele mais vascularizada do corpo também é a do couro cabeludo. A transecção dos vasos do couro cabeludo pode levar a exsanguinação em virtude da densidade vascular, alto fluxo sanguíneo e tendência das extremidades seccionadas dos vasos de se retraírem para a gordura.

A pele da planta dos pés é a segunda mais grossa do corpo humano. Sua espessura é devido a fricção das solas com o chão.

**Estado físico.** A pele tem uma consistência *viscoelástica*, que difere das formas sólida, líquida e gasosa tradicionais, e que lhe permite uma grande capacidade de distensão e de revestimento. Esta propriedade viscoelástica se subdivide em *arrastamento* – capacidade da pele de se esticar continuamente quando determinada força constante é exercida sobre a mesma, e *relaxamento de tensão* – uma força constante usada para esticar a pele gradualmente decai com o tempo. Essas propriedades estão relacionadas com a redistribuição das

fibras de colágeno orientadas aleatoriamente, assumindo uma configuração mais paralela. Depois da liberação da zona de força aplicada, as fibras de colágeno reassumem sua organização aleatória prévia.

**Tipos de pele.** Apesar das variações locais da pele, é útil distinguir entre as duas principais classes de pele que cobrem o corpo e que apresentam diferenças estruturais e funcionais: a *pele pilosa* ou *hirsuta*, que constitui a maior cobertura do corpo, e a *pele sem pelos* ou *glabra*, formando as superfícies palmares das mãos e plantares dos pés.

## LINHAS DA PELE

Mais de 35 nomes diferentes têm sido aplicados a sulcos lineares que cruzam a superfície cutânea. Aqui descreveremos as principais variedades, as *linhas visíveis* (*linhas de tensão*, *linhas de flexão* e *cristas de fricção*) e as *direcionais* (*Langer* e *Kraissl*).

**Linhas de tensão.** Estas linhas estão presentes na maior parte do corpo. Estas linhas são finas dobras visíveis a olho nu que delimitam pequenas áreas poligonais; estas são subdivididas por dobras secundárias mais finas em áreas triangulares menores, que são ainda mais subdivididas por pregas terciárias e, finalmente, a nível microscópico, por pregas quaternárias que são simplesmente os contornos dos corneócitos individuais. Não considerando as pregas quaternárias, todas as outras aumentam a área da superfície da pele, permitindo um alongamento e uma retração consideráveis proporcionando uma distribuição mais equilibrada de estresses mecânicos.

**Linhas de flexão.** Estas linhas são produzidas por efeito de articulações grandes e muito móveis sobre a pele. São as principais marcas encontradas nas vizinhanças das juntas sinoviais, onde o tegumento é fixado fortemente à fáscia profunda subjacente.

**Cristas papilares ou de fricção.** As cristas papilares estão confinadas às palmas e solas e às superfícies flexoras dos dedos, onde formam arranjos estreitos e paralelos, frequentemente curvados, separados por sulcos estreitos. Ao longo da linha média de cada crista, os óstios dos ductos sudoríferos se abrem a intervalos regulares; cada crista corresponde a um padrão subjacente de papilas dérmicas que ajudam a fixar a epiderme à derme.

A disposição das cristas nas polpas dos dedos forma os *desenhos digitais*. Por serem absolutamente individuais, os desenhos digitais são usados para a obtenção de *impressões digitais* ou *dermatóglifos*, como também para a diagnose de enfermidades genéticas.

Os desenhos digitais aumentam o atrito da superfície cutânea, favorecendo nas mãos a prensão de objetos, e nos pés, a deambulação. Por causa da grande densidade das terminações nervosas tácteis abaixo de seu revestimento epidérmico, eles também são importantes estruturas sensoriais.

**Linhas direcionais.** Se um ferimento é feito com um instrumento perfurante, ele não deixa um orifício redondo, mas sim uma fenda cutânea. Mapas da direção destas fendas foram feitas em todas as regiões do corpo por Langer em 1681 a partir de estudo em cadáveres. Esses mapas indicam que há linhas definidas de tensão na pele em cada região corpórea. As linhas mapeadas por *Langer*, usando cadáveres em posição supina, nem sempre coincidem com as linhas de maior tensão verificadas pelos cirurgiões e, por esta razão, não são as linhas mais apropriadas para incisão em seres vivos. Em alguns locais, as linhas de Langer estão em ângulo reto com as linhas de Kraissl.

As linhas de maior tensão, descritas por Kraissl em 1951, foram chamadas de linhas de tensão da pele *relaxada* ou *relaxed skin tension lines* (RSTL). A posição dessas linhas pode ser encontrada, como seu nome sugere, pelo relaxamento da pele de uma região através de, por exemplo, mobilização da articulação ou manipulação passiva; a prega da pele resultante segue a direção das linhas de tensão da pele relaxada.

As incisões feitas no sentido das RSTL resultam em uma cicatriz mínima. Isso ocorre porque a direção das linhas de *Kraissl* é ortogonal à linha de ação de quaisquer fibras musculares imediatamente subcutâneas, e paralelas ou coincidentes com as linhas de dobras da pele e de disposição de fibras colágenas ao longo da derme reticular. Assim, a cada contração muscular, as bordas de um corte paralelo a RSTL tendem a se aproximar naturalmente, enquanto que as vertentes de uma lesão transversal às RSTL tendem a se afastar. As linhas de Kraissl são mais evidentes na face, onde formam ao longo dos anos as rugas de expressão (figura 79). A direção das RSTL varia de um indivíduo para outro, sendo confusa e irregular em algumas áreas no mesmo indivíduo, como no dorso.

## CICATRIZES E ORIFÍCIOS

Como a pele é formada em monobloco, isto é, sem encaixes, sua abertura através de feridas cirúrgicas ou acidentais resulta em cicatrizes. A morfologia

cutânea é tão marcante que a única cicatriz natural, o *umbigo*, tem uma forma e localização tão refinada que todos os indivíduos fazem questão de possuir e reclamam quando não está presente ou é eliminada. A ausência do umbigo produz severo comprometimento da imagem corporal, causando reflexos psicológicos que não podem ser desconsiderados.

A pele é dotada de complexos orifícios naturais, como a boca, as rimas palpebrais, o meato acústico externo, o óstio uretral externo, as narinas, a vulva e o ânus. Essas aberturas não são meros “buracos” ou “fissuras”, mas sim regiões altamente lubrificadas e sensíveis, com grande significado cosmético e funcional. As *junções mucocutâneas* são linhas que marcam precisamente a continuidade da pele com as mucosas ao longo das margens desses orifícios.



Figura 79 - RSTL em face; 1: linha marginal da face, 2: linha palpebral, 3: linha bucolabial, 4: linha médio-facial.

## PIGMENTAÇÃO

**Cor constitutiva e cor facultativa.** Os pigmentos cutâneos estão presentes apenas na epiderme e pêlos, variando muito de acordo com diversos elementos que determinam, em conjunto ou isoladamente, a *cor constitutiva* ou a *cor facultativa da pele*. Na prática, a cor final da pessoa depende da interação entre estes dois tipos de pigmentação.

A *cor constitutiva* é aquela causada por agentes intrínsecos, ou seja, por fatores que fazem parte da estrutura da própria pele. Assim, a cor constitutiva é a pigmentação básica, só se mostrando plenamente na ausência de influências internas ou ambientais que podem agir na pele. A constituição genética, o local do corpo, a quantidade de melanócitos e número e composição de seus melanosomas são os elementos que determinam a cor constitutiva.

A cor constitutiva resulta da interação de três elementos: a produção de melanina pelo melanócito, a proporção entre oxihemoglobina e desoxihemoglobina no leito capilar (respectivamente, cor vermelha e azul) e a concentração de bilirrubina e betacaroteno depositada na epiderme (cor amarela). Com papel menos importante, o brilho e a espessura da epiderme também podem influenciar a cor constitutiva final.

À melanina cabe o papel mais importante na coloração da pele, tendo sido descrito três tipos deste pigmento: a *eumelanina* (marrom-preta), a *feomelanina* (amarelo-vermelha) e a *neuromelanina* (preta). Os dois primeiros são produzidos a partir da metabolização da tirosina no interior dos melanócitos. Já a neuromelanina é produzida em alguns neurônios do sistema nervoso central, utilizando processos enzimáticos diferentes daqueles usados para a produção de eumelanina e feomelanina.

Na ausência de grandes quantidades de melanina, o principal determinante da cor da pele é a hemoglobina oxigenada dos leitos vasculares dérmicos, especialmente no plexo papilar. Estes plexos são vistos através da epiderme subjacente, cujas camadas superficiais dispersam e refletem parte da luz, assumindo um aspecto opalescente, dando uma cor rósea à pele bem oxigenada.

A *cor facultativa* é determinada por agentes que se originam fora do tegumento. Esta coloração é uma pigmentação variável, só aparecendo na presença de influências internas ou, especialmente, na atuação de um ou mais fatores ambientais sobre a pele. Os principais elementos que determinam a cor facultativa são a alimentação, os efeitos de hormônios melanotróficos como a intermedina e a melatonina e, sobretudo, a incidência de luz ultravioleta sobre o corpo.

**Fototipos cutâneos.** A classificação da pele como branca, negra ou amarela não raro está carregada de subjetividade e preconceito. Por isso, a pigmentação cutânea tem sido classificada segundo *fototipos* (FT), isto é, conforme sua capacidade de reagir à exposição solar (quadro 18). Quanto mais baixo o fototipo, menos possui melanina na pele.

Mudanças na cor da pele causadas pela exposição à luz ultravioleta ou outra radiação eletromagnética de onda curta incluindo os raios X e raios gama,



envolvem diversos mecanismos. Com uma exposição breve, os melanosomas individuais escurecem em minutos por causa da fotooxidação da melanina, retornando mais tarde à sua cor original. Com uma exposição maior os melanócitos se multiplicam mitoticamente e aumentam suas taxas de síntese de melanina e de transferência para os queratinócitos (que também são produzidos mais rapidamente) dentro de dois ou três dias. A extensão dessas oscilações cromáticas depende da fotoexposição e da constituição genética; varia consideravelmente dentro dos grupos raciais assim como entre as raças.

**Manchas mongólicas, nevos e linhas limitantes.** Durante a vida fetal e a vida pós-natal inicial, os melanoblastos migram para a epiderme e, na passagem pela derme, podem formar máculas azul-acinzentada temporárias, as *manchas mongólicas*, em lactentes das raças negra, mongólica, mestiça e, ocasionalmente, caucasiana.

Os “sinais” ou “pintas” são os *nevos melanocíticos*. Estes são acúmulos focais de grande quantidade de *células névicas*, ou seja, de melanócitos sem dendritos. Os nevos são considerados pequenos melanomas benignos ou neoplasias quiescentes. Embora a maioria de tais nevos permaneça inativa, alguns têm o potencial de se tornarem malignos, especialmente se expostos a estresses tais como abrasão excessiva (por exemplo, nas palmas e solas e no escroto, por causa do esfolamento durante o caminhar) ou luz solar intensa.

Em indivíduos de pele mais escura nota-se a presença de linhas limitantes abruptas entre áreas mais escuras e mais claras nos membros, as *linhas de Voigt*.

FOTOTIPOS CUTÂNEOS		
tez	exposição solar	exemplo
I branca	sempre queima facilmente, nunca se bronzeia	Nicole Kidman
II branca	sempre queima facilmente, bronzeia mínima e dificilmente	Meg Ryan
III branca	queima o mínimo, bronzeia gradual e uniformemente	Gisele Bündchen
IV morena	queima o mínimo, sempre bronzeia bem	Megan Fox
V Negra	raramente queima, bronzeia intensamente	Jennifer Lopez
VI mulata	nunca queima, bronzeia intensamente	Naomi Campbell

Quadro 18 – Fototipos cutâneos.

## ESTRUTURAS LIGADAS À PELE

Quatro importantes estruturas estão unidas anatômica e funcionalmente à pele: *SMAS*, *tela subcutânea*, *mamas*, *dermatômos* e *angiossomas*.

**SMAS: sistema músculo aponeurótico superficial.** O SMAS é um complexo miofibrótico cervicofacial contínuo que liga e reveste os músculos da face e os une a pele através de septos fibrosos denominados *retinacula cutis*. O SMAS é formado pela fusão da tela subcutânea, músculos da mímica e pele do rosto, os quais formam um bloco único. O SMAS está em continuidade com a parte posterior do músculo frontal, na parte superior da face, e com o platisma na parte inferior da face.

**Mamas.** As mamas são um conjunto de glândulas cutâneas que produzem leite após o parto. Devido a sua complexidade estrutural, reservamos o próximo capítulo para o estudo mais detalhado desses órgãos.

**Tecido celular subcutâneo (TCS), tela subcutânea ou hipoderme.** O TCS é uma capa fibroadiposa situada logo abaixo da pele ao longo da maior parte do corpo. Tem distribuição variável conforme o sexo, idade, biótipo e constituição genética.

O conhecimento das características da hipoderme não é simples exercício acadêmico; tem assumido substancial importância para o profissional da área de saúde por ser o local submetido à cirurgia cosmética mais executada atualmente entre as mulheres brasileiras, as *lipoaspirações*.

A tela subcutânea é composta de duas camadas aderidas: uma *superficial*, *areolar* ou *panículo adiposo*, que contém adipócitos volumosos e redondos; e uma *profunda*, *reticular*, *membranosa* ou *lamelar*, a qual possui adipócitos menores, mais alongados e mais ordenados que a camada areolar. Entre estas duas camadas transitam os vasos e nervos superficiais, as glândulas mamárias, o SMAS, e os músculos palmar curto e corrugador da pele do ânus. A camada areolar é unida a lamelar por uma fina membrana fibroelástica denominada *fáscia superficial* (figura 80).

A estrutura frouxa da hipoderme permite certa mobilidade do tegumento sobre tecidos profundos. Ela é atravessada perpendicularmente por faixas fibrosas, os *ligamentos cutâneos* ou *retinacula cutis*, os quais unem as papilas dérmicas à fáscia profunda ou ao perióstio dos músculos e ossos subjacentes.

Graças à *retinacula cutis*, a pele tem mobilidade limitada, de modo a não girar sobre o corpo como um dedo de luva frouxo.

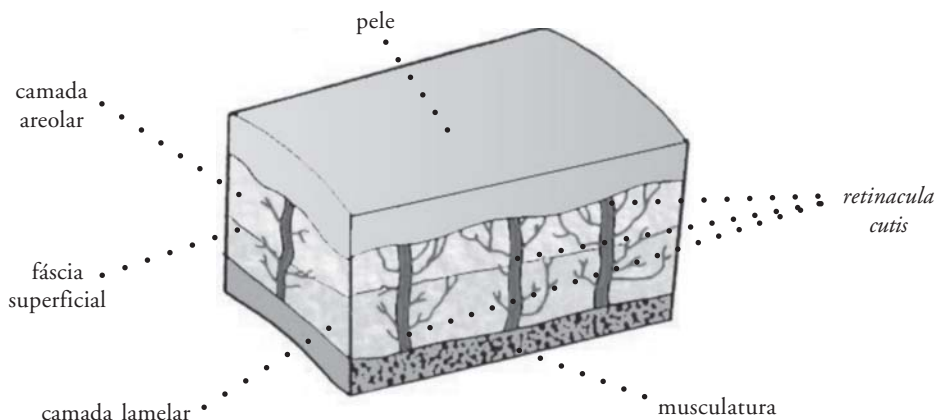


Figura 80 - Segmento de pele e TCS.

As trabéculas da *retinacula cutis* se unem lateralmente umas às outras, dividindo a tela subcutânea em blocos de gordura chamados de *lóbulos* ou *células* (daí nome *tecido celular subcutâneo*). Cada célula é formada por muitos adipócitos e possui seu próprio pedículo vascular.

Onde a tela subcutânea é ampla e os ligamentos cutâneos compridos, a pele é mais móvel (exemplo: mamas e região escapular); onde o subcutâneo é fino (exemplo: região pré-tibial) e os ligamentos curtos e grossos (exemplo: palma das mãos e plantas dos pés) a mobilidade é mais restrita.

Quando o indivíduo ganha peso, os adipócitos aumentam de volume e invadem os espaços entre as fibras da fáscia superficial, aumentando sua espessura. A camada areolar também aumenta de volume, mas em uma escala menor que a camada lamelar. A pouca elasticidade da *retinacula cutis* faz com que os lóbulos aumentados comprimam-se entre si, abaulando a superfície externa da pele, transmitindo-lhe um aspecto de “casca de laranja”, comumente conhecida como *celulite*.

Em locais de maior tensão cutânea, a fáscia superficial engrossa para suprir as solicitações mecânicas, se tornando ocasionalmente mais abundante do que a gordura. Na parede abdominal ântero-inferior e no períneo, a fáscia superficial se duplica, formando uma camada externa (*fáscia de Camper*) e uma interna (*fáscia de Scarpa e de Colles*), para atender as demandas de tração dos mús-

culos largos do abdome e do assoalho pélvico; no couro cabeludo, a fásia superficial se torna densa para suportar as contrações frequentes do músculo occipito-frontal. Nas palmas e solas, o TCS é compactado como resposta as forças de atrito que atuam nestas regiões.

**Dermátomo.** O dermátomo é a área cutânea inervada por fibras sensoriais de um nervo espinal simples. Há 150 *dermátomos* descritos, tantos quantos os segmentos espinhais, exceto para o primeiro segmento cervical, para o qual, pelo menos para propósitos práticos, não há distribuição para a pele.

No início de seu desenvolvimento, a porção espinhal do embrião é dividida em segmentos, os *metâmeros*, que correspondem a segmentos da medula espinhal do adulto. Na 5ª semana de desenvolvimento, o broto correspondente ao membro superior aparece entre o 5º metâmero cervical e os dois primeiros torácicos (ou seja, entre os segmentos espinhais C<sub>5</sub> a T<sub>2</sub>), enquanto que o broto dos membros inferiores se forma entre o 3º metâmero lombar e os dois primeiros sacrais (ou seja, entre os segmentos espinhais L<sub>3</sub> a S<sub>2</sub>).

O dermátomo do membro é estabelecido pela penetração do ramo ventral do nervo espinal dos metâmeros em contato com o membro correspondente. Inicialmente, o ramo entra sozinho, e o segmento do broto ao qual ele é distribuído permanece vizinho aos correspondentes segmentos do tronco. Os brotos vão se alongando paulatinamente e as fibras nervosas vão se fundindo para formar nervos periféricos compostos, mas cada fibra nervosa mantém suas relações originais com os metâmeros. Como os brotos dos membros se alongam cada vez mais, os dermátomos vão se tornando compridos, com seu longo eixo correspondente ao eixo do membro.

Crescendo inicialmente com o primeiro dígito (polegar ou hálux) para cima, é de se esperar que a pele que vai se alongando na borda cranial do broto seja suprida pelos nervos dos metâmeros mais altos, a pele da borda caudal pelos mais baixos, e a pele entre estas duas bordas seja inervada por uma sequência regular dos nervos intermediários que entraram no membro. Assim, inicialmente na face ventral do broto, alguns dermátomos são arrastados para fora, tornando-se totalmente distais nos membros plenamente desenvolvidos. Ao longo da superfície ventral da parte proximal dos membros, os dermátomos que estavam originalmente nas bordas dos brotos (no caso do membro superior, C<sub>5</sub> e C<sub>6</sub> estavam na borda superior e C<sub>8</sub> e T<sub>1</sub> na inferior), tornam-se vizinhos. As linhas ao longo dos quais os dermátomos eram largamente separados no embrião, tornam-se próximas e passam a ser chamadas de *linhas axiais*.

A torção definitiva que ocorre no membro inferior na 7ª semana de desenvolvimento do embrião gira o membro para baixo e medialmente, fazendo com que o hálux, inicialmente dirigido para cima, se volte para a parte inferomedial do corpo. Esta torção determina a distribuição em espiral dos dermatômos nos membros inferiores.

**Angiossomas.** Análogo a um dermatomo sensitivo, um *angiossoma* é um complexo bloco de vários tecidos (pele, fáscia, músculo e osso) supridos por vasos-fonte de mesma origem. A artéria de origem supre a pele e as estruturas subjacentes dentro de um bloco tridimensional composto de tecido.

Os angiossomas se encaixam como peças de um sofisticado quebra-cabeça. Cada angiossoma é vinculado a seu vizinho, em cada tecido, por uma margem de artérias e veias anastomóticas.

São descritos cerca de quarenta angiossomas no corpo humano, mas parece haver mais, pois vários destes territórios podem ser subdivididos em unidades ainda menores.

Toda a pele do corpo é englobada pelos angiossomas. No entanto, em algumas poucas regiões da cabeça e pescoço o angiossoma não atinge a pele e fica restrito a tecidos profundos.

---

## FISILOGIA

---

### CONTAMINAÇÃO DA PELE

Os humanos não são livres de germes. Nossa pele é contaminada por uma flora bacteriana, a qual é tanto transitória quanto residente. A *flora transitória*, a qual reflete o contato com o ambiente, pode ser extremamente alta após contato com material contaminado ou relativamente baixa quando exposta ao ar ou, ainda, seca e morta pela falta de nutrientes. Removemos as bactérias transitórias quando lavamos as mãos. A *flora residente*, que reside nos folículos pilosos e nas glândulas da pele, é normal. A cultura de um biópsia de pele identifica cerca de 1000 microorganismos/grama de tecido. A mera existência de bactérias não constitui infecção. As bactérias residentes competem por nutrientes com as bactérias patogênicas, impedindo que estas invadam a pele ou os tecidos vizinhos. Assim, mais do que estar livres deles, vivemos em um deicado balanço com os microorganismos.

## BARREIRA

### BARREIRA DERMO-EPIDÉRMICA

A combinação da derme com a epiderme transforma a pele em um efetivo obstáculo contra invasão microbiana, desidratação e agressões químicas, osmóticas, mecânicas, térmicas e fóticas. A epiderme e a derme formam uma dupla cápsula ao longo de todo o organismo. Isso impede tanto a entrada de agressões do ambiente como perdas de substâncias vitais.

A principal função da epiderme é a proteção mecânica. Como sua superfície está sempre desgastada pela descamação dos corneócitos, novas células são fornecidas e, assim, a derme e os elementos neurovasculares que ela contém são resguardados de danos.

A maioria dos bioagentes patogênicos é incapaz de atravessar a pele íntegra devido à presença das camadas celulares epidérmicas bem como de uma derme resistente e elástica. A camada córnea exerce um importante efeito de selamento. Através dos poros, as glândulas sudoríparas lançam seus produtos de excreção na superfície corpórea. O sebo, só pela sua atuação, tem se comprovado importante na defesa contra infecções tanto estafilocócicas quanto estreptocócicas. Juntamente com a secreção sebácea, o suor forma um verdadeiro *manto ácido-gorduroso* para o corpo, o qual possibilita a imobilização e a dissolução ácida de microorganismos que entrem em contato com a epiderme.

A função protetora da pele é tão intensa que, não houvesse orifícios e fendas naturais, o corpo permaneceria enclausurado em si mesmo, impossibilitando a recepção de estímulos sensoriais e físicos indispensáveis à manutenção da homeostasia.

**Papel da ZMB.** A ZMB tem importante contribuição na função de barreira da pele, impedindo a absorção de substâncias de alto peso molecular, o que pode ser importante no que se diz respeito à penetração de moléculas imunologicamente ativas. Além disso, a ZMB determina a *aderência dermo-epidérmica*, por meio das estruturas fibrosas que nela se inserem.

### BARREIRA FÓTICA

A melanina é um elemento que absorve radiações eletromagnéticas nocivas, como as ultravioletas, impedindo que tecidos profundos sejam danificados.

O *bronzamento* é uma solicitação urgente para a não exposição à luz excessiva. Há descritas cerca de quarenta tipos de *dermatotohelioses*, ou seja, doenças agravadas ou produzidas pela exposição solar, variando desde uma sim-

ples vermelhidão até câncer de pele. Nossa cultura consagra o bronzeamento intenso como símbolo de beleza, saúde e felicidade. Os profissionais de saúde enfrentam a penosa batalha de divulgar os aspectos saudáveis da pele clara; áreas expostas constantemente à radiação solar sofrem redução de cerca de 10% na população de melanócitos a cada 10 anos. A exposição solar pode intensificar o envelhecimento por alteração da composição química das fibras colágenas. Por isso, aqueles que escrupulosamente evitam o sol poderão chegar à nona década de vida com uma pele intacta.

*Queimaduras* são as piores lesões que podem atingir a pele, pois são capazes de destruir simultaneamente todos os seus constituintes; essas agressões térmicas são uma maneira indesejável de constatar que a função vital da pele é a de proteção. Um indivíduo queimado sofre especialmente pela perda de produtos internos e exposição a agressões ambientais, e não por distúrbios de retenção de líquidos e eletrólitos. Isso sugere que a função de excreção cutânea é de importância secundária ou ausente.

**Controle da pigmentação.** O controle da produção de melanina é exercido por três fatores principais: *genético, ambiental e hormonal*. O fator genético explica variações raciais e patológicas, como o *albinismo*. O fator ambiental interfere por meio da quantidade de energia radiante ambiental e pela interferência de substâncias químicas sobre a pele. O fator hormonal atua por meio de hormônios pigmentogênicos liberados pela hipófise e pela pineal, respectivamente, a intermedina e a melatonina.

## TERMORREGULAÇÃO

A manutenção de uma temperatura corpórea constante necessita de um mecanismo que dissipe o excesso de energia para o ambiente. O calor é perdido por *radiação* (60%), *evaporação* (25%) e *condução* (15%).

A dissipação de calor por radiação e condução é influenciada pelo volume do fluxo sanguíneo cutâneo e pela temperatura e umidade do ambiente. Se a temperatura ambiente ultrapassar a temperatura corpórea central, as perdas de calor por radiação e condução tornam-se menos eficazes. A *convecção*, ou movimento do ar mais frio deslocando o ar quente em torno do corpo, aumenta os efeitos da condução. A perda evaporativa pela transpiração torna-se, então, o mecanismo mais eficiente para a dissipação do calor. O aumento na temperatura corpórea central também provoca transpiração e aumento da evaporação. Calcula-se que 0,6 caloria de calor seja perdida por cada grama de água que se evapora do suor.

Portanto, no frio a perda de calor pela pele se dá especialmente por irradiação e condução, enquanto que no clima quente a perda ocorre sobretudo por transpiração e evaporação do suor.

**Contribuição da microvasculatura cutânea.** Quando a temperatura do corpo se eleva, o sangue aquecido é conduzido preferencialmente pelos corpúsculos glômicos, os quais possuem uma superfície externa ampla, dissipadora de calor, que, à semelhança de um radiador de automóvel, libera o excesso de energia por irradiação. Ao contrário dos glomos, as anastomoses arteríolo-venulares se fecham quando a temperatura do corpo sobe, o que conduz o sangue para a superfície da pele, de onde o calor pode ser eliminado para o meio ambiente.

Muitas das pequenas artérias e grandes arteríolas da derme correm exatamente paralelas às veias, de modo que, em baixas temperaturas, o calor pode ser conservado por meio de um *mecanismo contracorrente*. Neste mecanismo, o calor é diretamente transferido das arteríolas para as vênulas antes do sangue chegar a superfície corpórea..

O fluxo sanguíneo para a pele tem funções nutricionais e termorreguladoras. Os fatores locais têm pouca importância na regulação do fluxo sanguíneo cutâneo. O centro de regulação térmica está localizado na porção *pré-óptica do hipotálamo anterior*. O aquecimento dessa área provoca vasodilatação e transpiração, enquanto que o resfriamento provoca um efeito contrário.

A vasoconstrição simpática mediada pelo hipotálamo produz uma ativação vasomotora constante. O frio ambiental extremo ocasiona um aumento adicional do tono vascular e uma redução do fluxo sanguíneo. Índices de fluxo sanguíneo de apenas 0,5 ml/100 ml de tecido podem ser demonstrados. Aparentemente, esse fluxo mínimo basta para atender às necessidades metabólicas fundamentais à sobrevivência dos tecidos. O aumento do tono vasomotor provoca o fechamento dos esfíncteres pré-capilares cutâneos em todo o corpo. As comunicações arteríolo-venulares, concentradas na face, palmas e solas, são abertas. Os corpúsculos glômicos, também encontrados nessas áreas, se fecham. Esses efeitos microvasculares combinados contribuem para a retenção de calor.

O fluxo sanguíneo cutâneo é cerca de trinta vezes maior do que o necessário para o metabolismo mínimo da pele. Durante períodos de esforço máximo ou de calor intenso, os índices de fluxo sanguíneo aumentam cerca de cem vezes. O tônus vasomotor é reduzido pela abertura dos esfíncteres pré-capilares e dos corpúsculos glômicos e fechamento das anastomoses arteríolo-



venulares. O leito venoso subcutâneo funciona, então, como um dissipador, aumentando a perda de calor para o ambiente.

## ESTÉTICA

Pela sua exposição, coloração, brilho, simetria, aroma, curvas, saliências, depressões e pilificação, a pele exerce marcante efeito afetivo, sexual e de diferenciação pessoal. Por isso as anomalias cutâneas, embora nem sempre as mais graves, são as que mais marginalizam e alteram a estabilidade psíquica dos pacientes.

O significado das lesões do rosto origina-se de localização conspícua e de importância estética da face humana e da imagem que cada pessoa tem sobre si mesma. Além disso, a face é a sede dos sentidos da visão, olfato e paladar e constitui o centro das funções vitais da fala e mastigação.

A identificação individual é feita pela combinação de detalhes estéticos. Não há duas pessoas idênticas. Nem mesmo gêmeos univitelinos são exatamente iguais, porque a aparência é determinada não apenas por fatores genéticos, mas também por influências culturais, psicológicas e geográficas sobre a pele.

A busca incessante pela juventude eterna, a exploração do corpo como objeto de prazer e lucro, a permissividade sexual hodierna, a divulgação da nudez pela mídia, a moda de vestuário exíguo e as exigências mentais, profissionais e emocionais de aparência interessante, requerem contorno corpóreo sensual e sem defeitos como fonte de atração. Essa realidade tem se tornado tão forte que as funções essenciais da pele têm frequentemente sido tratadas como secundárias à estética.

## MÍMICA

Por ser tenso superiormente pelos músculos temporal, frontal e orbicular dos olhos, no meio pelos músculos zigomáticos, inferiormente pelo platisma e posteriormente pelo *trágus* (figura 81), o SMAS funciona como um amplificador e distribuidor das contrações dos músculos da expressão facial à pele, propiciando ao rosto humano a uma maravilhosa habilidade de transmitir diferentes nuances de expressão. A expressão facial forma um componente fundamental e indispensável da comunicação e socialização humana, e a incapacidade de mostrar uma resposta facial à comunicação verbal e não-verbal é uma deficiência devastadora.

Cada fisionomia resulta da contração de vários músculos da mímica, transmitida para pele através do SMAS. Assim, a pele da face é a mais mobilizada do corpo, daí ser a primeira a apresentar enrugamento com o passar dos anos.

Causando as contrações da mímica, o SMAS atua indiretamente nas seguintes funções: *proteção óptica*: os movimentos de piscar das pálpebras, causados pela contração dos músculos orbiculares, impedem o ressecamento da córnea, expõem corpos estranhos dos olhos e empurram as lágrimas para as fossas nasais, ajudado pela sucção do saco lacrimal; *respiração*: a abertura das narinas durante a inspiração é causada pela atividade dos músculos nasais; *fonação e mastigação*: os músculos labiais e jugais auxiliam a articulação da palavra e determinam a orientação dos alimentos para as superfícies mastigatórias dos dentes.

Com o tempo, o SMAS se relaxa gradativamente e perde sua elasticidade natural, causando o desenvolvimento de dobras. Como esse processo é comum a todos os seres humanos, o envelhecimento é considerado como um fenômeno normal. Mas ele pode ser intensificado por uso de fisionomia viciosa. Persistentes expressões de mau humor aceleram o envelhecimento por alteração da estrutura do SMAS. Ao contrário, a manifestação de contentamento é rejuvenescedora. O sorriso, potente estimulador do SMAS, pode retardar a formação de rugas, mantendo o indivíduo com aspecto jovial. Não é sem causa que os felizes têm aspecto menos envelhecido; uma postura otimista é o melhor remédio para a senilidade precoce.

O SMAS também funciona como barreira protetora para a face, uma vez que os vasos e nervos desta parte do corpo transitam por baixo do SMAS.

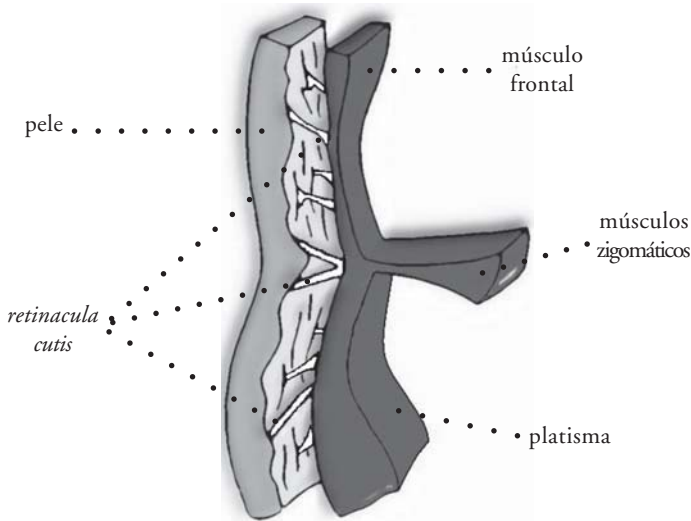


Figura 81 - SMAS e suas conexões.

## ABSORÇÃO

Além das suas funções vitais, as propriedades físico-químico-biológicas da pele permitem a absorção percutânea de medicamentos. A penetração de medicamentos se processa através das seguintes estruturas: (1) *orifícios adanexiais*: permitem a passagem de substâncias de baixo coeficiente de permeabilidade e de moléculas grandes, (2) *espaços intercelulares* da camada córnea: são a via de penetração de água e alcoóis de peso baixo molecular, (3) diretamente através dos corneócitos, em algumas situações como o aumento da hidratação da pele, aumento da temperatura cutânea e exposição a solventes de gorduras.

A melhor maneira de se obter ação tópica, com maior penetração de medicamentos, é com o uso de curativos oclusivos, pois estes aumentam a transpiração e a retenção sudoral e elevam a temperatura local, tudo corroborando para aumentar o fluxo vascular local e, assim, a absorção sanguínea de substâncias aplicadas sobre a superfície epidérmica.

## IMUNIDADE

A pele, através das células dendríticas, exerce o papel de policiamento, analisando a composição de elementos estranhos que entram em contato com o corpo e barrando as substâncias de caráter tóxico.

As células dendríticas são células apresentadoras de antígenos. Como os macrófagos, elas são importantes na defesa celular, particularmente captando, ligando, processando e apresentando os antígenos a linfócitos T locais como parte do sistema imunológico da pele. Tal mecanismo é importante na imunidade celular contra infecções viróticas epidérmicas, na eliminação dos cânceres epidérmicos e em uma diversidade de outras respostas defensivas – por exemplo, a ectoparasitas como carrapatos. A íntima relação das células de Langerhans com as células basilares epidérmicas mitóticas na UPE é certamente sugestiva de uma atividade de regulação de divisão celular, que poderia ser estimuladora ou inibidora.

## SENSIBILIDADE

A sensação cutânea nos abastece com uma profusão de informações sobre o meio ambiente externo através dos receptores sintonizados com estímulos mecanorreceptivos (toque, pressão, vibração, alongamento, flexão dos pêlos, etc), térmicos e efeitos danosos moderados, percebidos como desconforto ou prurido, e mais graves, percebidos como dor, associados a estímulos lesivos como temperaturas extremas, tração ou corte da derme. Todos esses estímulos são sentidos por uma grande variedade de neurônios especializados cujos cor-

pos celulares situam-se nos gânglios espinhais e cranianos e cujas fibras terminam derme e na fáscia superficial.

A discriminação sensitiva da pele é razoavelmente assimétrica, sendo a do lado direito do corpo geralmente melhor em indivíduos destros. Diferenças sexuais também têm sido relatadas, as mulheres tendo geralmente limiares mais baixos para os estímulos de pressão do que os homens, embora provavelmente seja devido a uma epiderme mais delgada.

Informações ambientais são continuamente transmitidas ao sistema nervoso através de órgãos de sentidos. Na porção inicial destes órgãos estão os receptores somáticos, cuja função é converter diferentes formas de energia em potenciais de membrana plasmática (*potencial gerador*). As fibras nervosas aferentes transformam esses potenciais de membrana em *potenciais de ação* que serão transmitidos ao longo destas fibras até o sistema nervoso central. Os receptores somáticos agem, pois, como *transdutores* que permutam um tipo de energia em outro.

A pele é o maior órgão sensor do corpo devido ao seu conteúdo difuso de grande quantidade de receptores somáticos. Os corpúsculos de Meissner, Ruffini e Krause atuam na percepção do tato, o de Vater-Pacini na da pressão e as terminações livres na percepção do frio, calor e dor; esta última sensação é provocada por excesso de estímulos de qualquer natureza sobre a pele. As terminações de Merkel são importantes no tato e na detecção da pressão exercida sobre a superfície da pele. Na derme estão vários tipos de terminações associadas com os folículos pilosos que sinalizam as deflexões dos pêlos.

**Comunicação com o ambiente.** A acurada sensibilidade da pele permite que esse órgão funcione como um poderoso comunicador do meio externo para o meio interno. Ao mesmo tempo em que exerce uma função protetora, a pele precisa permitir a comunicação constante entre o organismo e o ambiente. A maioria dos mamíferos, inclusive os seres humanos, possuem pele glabra e pilosa. Em geral, a primeira é a parte que está em contato direto com o ambiente e, portanto, está bem adaptada para essa função por meio da ausência de pelos e intensa queratinização. Os nervos sensoriais têm distribuição mais complexa na pele glabra, que também contém maior porcentagem de fibras mielinizadas. Estas fibras aferentes são responsáveis pela transmissão dos estímulos sensoriais até o cérebro. Por fim, a pele glabra contém grande concentração de mecanorreceptores extraneurais, que permitem a discriminação tátil delicada.

A pele humana é diferente, já que sua nudez proporciona uma área extensa para contato com o ambiente. Numerosos estímulos provenientes da pele, especialmente da mão glabra e preênsil, são transmitidos a um cérebro volumoso, dando ao homem a supremacia sobre a Terra.

## EXCREÇÃO

A excreção de substâncias feita pela pele não é propriamente uma função, mas sim uma consequência das atividades de termorregulação e proteção. Buscando primariamente a regulação da temperatura, a pele elimina, através das glândulas sudoríparas, volumes significativos de água (cerca de 500 ml/dia) juntamente com pequena quantidade de cloreto de sódio, colesterol, albumina e ureia.

A eliminação de lipídios pelas glândulas sebáceas também não é essencialmente uma atividade excretora da pele, mas sim uma função protetora. O sebo expelido espalha-se como um filme sobre a epiderme, formando um revestimento gorduroso que reduz a evaporação percutânea de água ao mesmo tempo em que impede a entrada de elementos invasores para o meio interno.

## METABOLISMO CUTÂNEO

Metabolicamente, a epiderme é mais ativa do que a derme. Há uma seleção preferencial da via glicolítica na epiderme para a produção de energia, a despeito da glicólise anaeróbica não ser tão energeticamente eficiente quanto o ciclo de *Krebs*, no qual 32 moles de ATP são produzidos, em vez de dois moles por cada molécula de glicose. Essa atividade anaeróbica explica a acidez encontrada em todas as camadas da epiderme, sendo maior na camada córnea, com pH de 5,5. A camada malpighiana tem acidez menor, com pH 6,9. Ao nível da camada basal, o pH é de 6,8, pela sua atividade metabólica menos anaeróbica.

Existem varias explicações para a utilização da via glicolítica, mesmo em presença de glicose e oxigênio suficiente na epiderme: (1) em um ambiente muito frio, o fluxo sanguíneo pode baixar a valores de apenas 0,5 ml/grama de tecido; sob tais condições, o metabolismo das células precisa ser mantido, apesar da limitação do fornecimento de oxigênio nos leitos capilares pouco perfundidos; (2) garantia da conservação, funcionamento e crescimento de queratinócitos situados a maior distância da irrigação sanguínea; portanto, a glicólise anaeróbica assegura a sobrevivência nas áreas glabras e em outras regiões (por exemplo, o dorso) com derme espessa; (3) hidrolisados ácidos, como o ácido láctico, produzidos durante a glicólise anaeróbica podem realizar a função adicional de cornificação.

## FUNÇÕES DOS FÂNEROS

### PELOS

Os pelos são estruturas muito resistentes, suportando tensões da ordem de 40 a 160 gramas. São flexíveis e elásticos, alongando-se 20 a 30% quando secos e até 100% quando embebidos em água. Desta forma, os pêlos podem constituir um amortecimento maleável contra injúrias térmicas, eletromagnéticas, mecânicas, químicas e biológicas, protegendo áreas vulneráveis como cabeça, genitália, axilas, face e orifícios naturais. Nas áreas intertriginosas, os pelos reduzem o atrito, evitando macerações da pele local.

A contração dos músculos piloerectores causa a *piloereção (arrepio)*, ou seja, a verticalização simultânea dos pelos de uma ou mais regiões do corpo. A piloereção forma uma barreira pilosa na superfície externa da epiderme, o que dificulta a circulação e perda da camada de ar quente que está em contato direto com pele. Esse mecanismo é mais um dos que contribui para a manutenção do calor quando a temperatura ambiente está mais baixa do que a do organismo.

Pela sua abundante inervação, os pelos possuem certas atividades sensitivas, úteis em diversas funções sutis na comunicação social.

**Ciclo do pêlo.** Os pelos não crescem continuamente, havendo alternâncias de fases de crescimento e repouso, que constituem o *ciclo do pelo*.

São definidas três fases de crescimento do pelo: (1) *anágena* ou *fase de crescimento*, caracterizada por intensa atividade mitótica da matriz; nessa fase, o pelo apresenta sua plenitude estrutural; segue-se a (2) *catágena* ou *fase de transição*, durante a qual os folículos regridem a 1/3 de suas dimensões anteriores, interrompe a melanogênese e a proliferação celular na matriz; e a (3) *telógena* ou *fase de repouso*, na qual os folículos mostram-se completamente quiescentes, estão reduzidos à metade ou menos do tamanho normal, com uma desvinculação completa entre a papila dérmica e o pelo em eliminação.

O ciclo do pelo é mais bem ilustrado nos cabelos, mas ocorre em todos os pelos do corpo. No couro cabeludo, cabelos vizinhos podem estar em fases diferentes. A duração de cada fase nos cabelos é em média de 1000 dias de crescimento (2 a 6 anos), 100 dias de repouso (3 a 4 meses) e 15 dias de transição (2 a 3 semanas). Em média, o couro cabeludo tem 100 a 150 mil cabelos, aproximadamente 150/cm<sup>2</sup>. Deste total, 90% estão na fase anágena, 9% na telógena e 1% na catágena; esses percentuais compõem o *tricrograma* normal do couro cabeludo.

Na telógena, os cabelos não crescem e vão sendo expelidos por um novo que se forma na bainha proliferante do folículo piloso. Nesta fase, os cabelos caem com muita facilidade. O ser humano perde normalmente 60-100 fios de cabelo por dia; uma perda maior que esta é patológica.

Quanto ao crescimento dos cabelos, as médias são de 0,4 mm/dia no vértex e 0,35 mm/dia nas têmporas, sendo que os cabelos das mulheres crescem mais rapidamente.

Os fatores reguladores do ciclo piloso são desconhecidos, admitindo-se a influência de condições intrínsecas ao folículo e fatores sistêmicos, nutricionais, emocionais e, especialmente, hormonais, andrógenos em particular.

## UNHAS

Graças à sua rigidez e forma, as unhas comprimem a polpa digital contra as terminações sensitivas quando o dedo é pressionado na pega de objetos, o que potencializa a percepção tátil. Assim, as unhas exercem importante função coadjuvante na manipulação.

A ausência de unha não implica em danos adicionais aos dedos. Portanto, sua função protetora é duvidosa.

## FUNÇÕES DA TELA SUBCUTÂNEA

A hipoderme exerce importante função de irrigação para a pele. Vasos e nervos superficiais transitam e se ramificam no TCS, e a partir daí enviam ramos terminais para a derme ao longo dos ligamentos cutâneos.

A configuração da hipoderme é um dos elementos somáticos que diferenciam os sexos. As mulheres tendem a ter um percentual maior de tecido gorduroso do que os homens, acumulando especialmente na parte inferior do tronco, nos quadris, coxas e regiões glúteas (*tipo pêra* ou *ginecóide*). Os homens têm mais gordura nas regiões submentoniana, abdominal e tórax (*tipo maçã* ou *androide*).

Devido ao seu acúmulo de gordura, outras importantes funções são exercidas pelo TCS. Ele tem significativo efeito estético, concedendo ao ser humano um contorno suave de curvas, e não de bordas ou ângulos. Atua como um coxim de absorção de traumas para órgãos profundos. É a principal estrutura armazenadora de energia química do organismo sob a forma de lipídios. Ao envolver praticamente todo o corpo, funciona como um isolante térmico, minimizando perda de calor em presença de temperaturas frias.

## OUTRAS FUNÇÕES DA PELE

**Função hormonal.** A pele executa muitas funções bioquímicas especializadas, como a formação de vitamina  $D_3$  a partir de esteroides precursores, sob a ação da luz ultravioleta.

A forma ativa da vitamina D é sintetizada em três etapas sequenciais na pele, fígado e rins. Na pele, quando o *7-disidrocolesterol* é exposto aos raios ultravioletas do sol, o anel B dessa molécula absorve prótons, o que possibilita a ruptura da ligação entre os carbonos  $C_9$ - $C_{10}$ , transformando-se em *pró-vitamina  $D_1$* , que a seguir sofre lenta conversão não enzimática em *vitamina  $D_1$* , ou *colecalfiferol*. Cerca de 90% dessa conversão ocorrem no estrato espinhoso. A taxa de conversão é controlada pela temperatura do ambiente, sendo maior a  $37^\circ\text{C}$  em virtude da proximidade do estrato de *Malpighi* da irrigação sanguínea da derme. Temperaturas ambientais acima de  $37^\circ$  pouco aumentam a conversão da pró-vitamina  $D_1$ .

A vitamina  $D_1$  formada na pele é transportada pela *proteína de ligação da vitamina D* (PLD) ao fígado, onde sofre uma hidroxilação enzimática para *25-hidroxicolecalciferol*, *vitamina  $D_2$*  ou *calcifidiol*. A seguir, o calcifidiol ligado a PLD é transportado até os rins, onde é hidroxilado para produzir *1,25-diidroxicolecalciferol*, *vitamina  $D_3$*  ou *calcitriol*, a forma mais biologicamente ativa da vitamina D. O calcitriol é transportado pelo sangue até a mucosa gastrointestinal e aos néfrons, onde regula a absorção de cálcio e fósforo.

**Manipulação de objetos.** A pele glabra das mãos e pés forma superfícies friccionais para manipulação e locomoção e requer resistência extra e numerosas glândulas sudoríparas para resfriamento durante atividades prolongadas, e densos cachos de terminações sensoriais não atrapalhadas por pelos.

---

## ENVELHECIMENTO

---

O envelhecimento tem sido objeto de muitos estudos desde os primórdios da humanidade. É inexoravelmente progressivo e muito complexo, instigando as mais diversas controvérsias filosóficas, religiosas, éticas e sanitárias. Alheio a elas, o tempo avança, deixando transparecer o desgaste da máquina humana, prenúncio do final de um ciclo a que todos estamos sujeitos, uns mais do que outros.



O envelhecimento ocorre em todos os níveis celulares, embora apresente características especiais de um local a outro. A pele é o único órgão que pode se observar em um simples olhar na sua totalidade; exposta às intempéries e constantemente castigada pelo ambiente, ela expressa bem a passagem do tempo, representando um notável parâmetro de involução que tem preocupado os seres humanos em todas as épocas. Assim, sua observação criteriosa tem permitido averiguar variações individuais quanto a aspectos de trofismo, metabolismo, reações a agressões exógenas e endógenas, bem como a flacidez progressiva devido a perda de funções mecânicas.

Na face, os sinais mais iniciais e dramáticos do envelhecimento se manifestam como rugas, sulcos, abaulamentos, depressões e lassidão, envolvendo estruturas superficiais e profundas, já que a absorção óssea pode se apresentar de forma marcante.

**Radicais livres.** A causa do envelhecimento é desconhecida. Pouco se sabe a respeito do assunto, e praticamente inexistente consenso da verdadeira natureza da senilidade. Fatores genéticos, raciais, dietéticos, regionais e climáticos representam alguns dos moduladores do processo. O fator mais aceito é que não surgem proteínas novas que venham a substituir as desgastadas com o passar dos anos.

Das diversas teorias que tentam explicar o envelhecimento, a mais difundida é a dos *radicais livres*. Segundo ela, o envelhecimento resulta de alterações degenerativas que se devem ao acúmulo destes produtos radioativos altamente tóxicos, derivados da fosforilação incompleta do oxigênio molecular durante a respiração da célula. Os radicais livres são fortemente reativos, sendo capazes de se ligar a moléculas vizinhas e modificar-lhes a estrutura e função.

Normalmente, até 5% do oxigênio resulta na formação de radicais livres, os quais são instantaneamente inativados por antioxidantes endógenos e enzimas mitocondriais, tais como catalases, peroxidases e superóxido desmutases. Com o avanço da idade, essas enzimas têm sua síntese reduzida, o que permite que a os radicais ultrapassem o limite tolerável. Desse modo, as proteínas e os lipídios são atacados e o envelhecimento é iniciado.

Na pele, os radicais livres induzem as moléculas de colágeno a interconectarem-se excessivamente por ligações covalentes, tornando o tegumento mais rijo. O entrelaçamento destas moléculas diminui a permeabilidade, solubilidade e a elasticidade, além de aumentar a viscosidade da derme, o que pode inibir processos metabólicos críticos e a liberação de hormônios para o local, tudo contribuindo para aumentar processo de envelhecimento.

**Alterações de funções e estrutura.** O envelhecimento cutâneo pode-se comprovar já aos 30 anos de idade, e convencionalmente termina aos 60, a partir do que passa a ser chamado de *involução*.

As funções afetadas com a idade incluem a redução da barreira cutânea devido à queda da renovação dos queratinócitos e das redes capilares da derme. Essas mudanças causam fibrose, atrofia e redução de crescimento de fâneros, além de diminuir a população das células dendríticas e a síntese de vitamina D. A pele idosa diminui a produção epidermal do *fator ativador do timo*, com redução da resposta imune, tornando-a mais sujeita a infecções e neoplasias. Há também redução dos corpúsculos de Meissner e Pacini. Certos fatores ambientais, particularmente a exposição excessiva ao sol, ao vento e a outras inclemências do clima, aceleram o envelhecimento da pele.

A pele jovem é rosada, lisa, elástica e espessa, e a senil amarelada, enrugada, seca, brilhante, escamosa e fina. A pele senil demora mais a cicatrizar e tolera menos o calor e o frio devido a redução de sua vascularização. Apresenta numerosas manchas de pigmentação e pequenas verrugas seborreicas em zonas expostas.

Enquanto no homem se observa uma redução da pilificação, na mulher crescem pelos grossos no rosto. Os pelos do conduto auditivo e das fossas nasais ficam mais grossos.

A pele do idoso sua menos devido à redução de glândulas sudoríparas, e é mais ressecada devido a atrofia das glândulas sebáceas. O afinamento cutâneo também se acha relacionado à menor vascularização da derme. A fragmentação de fibras elásticas e a perda das ondulações normais das fibras colágenas reduzem a elasticidade e aumentam a formação de rugas. O envelhecimento também provoca perda das papilas dérmicas.

O tom amarelado da pele senil se deve à diminuição de melanina e à presença, na derme, de grânulos basofílicos de tecido elástico degenerado – as *massas elastóticas*.

**Estigmas do envelhecimento.** As alterações do envelhecimento são tipicamente identificáveis na aparência da cabeça, sobretudo na face.

Na década dos 30 anos, a pele da pálpebra superior torna-se redundante, surgem os “pés de galinha” nas laterais dos cantos palpebrais e aparece uma *ruga pré-tragal*, isto é, uma pequena dobra vertical logo na frente do tragus da orelha. Na década dos 40, os sulcos nasolabiais tornam-se mais proeminentes, sulcos frontais transversos e linha verticais glabulares se desenvolvem e a ruga

pré-tragal se duplica. Na década dos 50, aparecem rugas no pescoço; a linha da mandíbula torna-se menos distinta, forma-se a papada e a ponta do nariz cai. Nas décadas do 60 aos 80 anos, os tecidos cutâneos e subcutâneos se atrofiam, contribuindo para a formação de rugas aumentadas e grande queda da pele. Na década dos 90, a pele da face fica menos brilhante com aumento das rugas devido a flacidez e alongamento dos músculos da mímica.

O esbranquiçamento dos cabelos ocorre em maior ou menor grau, podendo estar ausente algumas vezes. O clareamento habitualmente se inicia na região temporal. O branco pode ser total ou parcial, o que condiciona distintas formas de canície.



---

# M A M A S

---

*Acaso, pode uma mulher esquecer-se do filho que ainda MAMA, de sorte que não se compadeça do filho do seu ventre? Mas ainda que esta viesse a se esquecer dele, Eu, todavia, não Me esquecerei de ti.*

(Isaías 49:15)

As mamas são órgãos cutâneos formados pela aglomeração de *glândulas mamárias*. A função de manter o recém-nascido, e não de gerá-lo, a situação superficial em íntima relação com a pele e a constituição de glândulas sudoríparas modificadas são algumas características que colocam as mamas mais apropriadamente como estruturas tegumentares do que como reprodutivas.

Nos últimos anos, o estudo das mamas tem sido estimulado pelo advento de novos conhecimentos concernentes a aspectos cosméticos e oncológicos desses órgãos. Devido à pressão da cultura hodierna, que tem cultuado a beleza física, as mamas têm despertado grande interesse em tocoginecologistas, cirurgiões plásticos e profissionais que atuam na medicina estética. Atualmente, o câncer de mama é o segundo câncer mais frequente após o câncer de pele; é a segunda causa de morte por câncer, superada apenas pelo câncer de pulmão. Neste contexto, todas as informações disponíveis acerca da estrutura das mamas podem ser muito úteis como ferramentas para a detecção e tratamento de inúmeras anomalias mamárias.

---

## DESENVOLVIMENTO

---

O desenvolvimento pré-natal da mama é igual em ambos os sexos. Um broto epitelial aparece na 4ª semana de desenvolvimento fetal. Após dois dias, ele se transforma em uma *linha mamária* ou *láctea* que se estende da virilha até a axila. Na espécie humana, a parte torácica da linha se invagina para o mesênquima subjacente em torno do 49º dia de desenvolvimento e o restante da linha desaparece. Nessa ocasião, o tecido mamário começa a se desenvolver formando pequenos aglomerados celulares subcutâneos, os *brotos mamários primários*.

Na 10ª semana, os brotos primários se ramificam e se espalham, formando brotos secundários em torno da 12ª semana. Estes continuam a crescer e desenvolvem seus ductos, os quais podem permanecer descontínuos até a puberdade ou gravidez.

No nascimento, todos os ductos galactóforos estão desenvolvidos, estendendo-se dos lobos das glândulas mamárias incipientes até uma zona deprimida no centro da aréola, a *fosseta mamária*, a qual ocupa a posição da futura papila. Se a fosseta continua no adulto, a papila permanece voltada para dentro e forma o *mamilo invertido*.

Não é incomum o desenvolvimento de aréolas extras (*politelia*) e de mamas supranumerárias (*polimastia*) ao longo da linha láctea no adulto, especialmente em nível do tórax, logo abaixo da mama normal. Se glândulas mamárias também crescem dentro das mamas extras, estas podem produzir leite durante a lactação.

A proliferação do mesoderma subjacente e da pele vizinha forma o complexo aréolo-mamilar poucas semanas após o parto.

Nas primeiras duas semanas de vida dos recém-nascidos, a combinação de hormônios fetais (prolactina) e maternos (estrogênios) pode causar uma hiperplasia temporária da tecido glandular, resultando na secreção de um fluido sem gordura, o *leite de bruxa*.

As mamas permanecem em ambos os sexos, embora continuem indiferenciadas nos homens por toda a vida. O órgão atinge sua plenitude na mulher a partir da puberdade, especialmente durante a gravidez e lactação.

---

## ANATOMIA

---

A estrutura anatômica mamária resulta da interação entre seus elementos constitutivos – o *continente* e *conteúdo*.

### CONTINENTE

O continente mamário equivale à pele mamária, que forma um tipo de invólucro cutâneo ou envelope dérmico.

Lisa, convexa para frente, espessa e glabra, a pele mamária estende-se da 2ª à 6ª costela e da borda lateral do esterno à linha médio-axilar; seu limite superior é pouco distinto e o inferior corresponde a uma depressão linear de concavidade proximal, o *sulco submamário*.

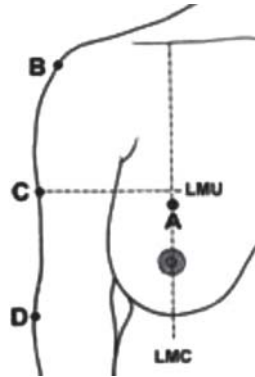
A pele mamária é diferente centralmente, formando o *complexo aréolo-mamilar* (CAM). O sulco submamário, a aréola e o mamilo são três círculos concêntricos que conferem à pele da mama um aspecto de *alvo*. O espaço cutâneo entre as mamas é chamado de *sulco intermamário* ou *seio*.

**CAM.** A *aréola* é uma área discoidal rosada ou amarronzada de cerca de 4 cm de diâmetro, que circunda o mamilo. Sua superfície é áspera devido a presença de pequenos tubérculos subcutâneos formados por glândulas sebáceas semelhantes a glândulas sudoríparas, as *glândulas areolares de Montgomery*. O tecido subcutâneo da aréola não tem gordura, sendo formado pelo *músculo liso subareolar*, circular ou radial, que condiciona o estreitamento do CAM em resposta a estímulos mecânicos ou térmicos.

A *papila* ou *mamilo* representa o núcleo topográfico, estético e funcional da mama. É uma eminência localizada no centro da aréola; apresenta forma e tamanho variável: cilíndrico, cônico, umbilicado, curto ou longo. A papila tem cerca de 10 mm de largura e de altura, e é revestida por pele com as mesmas características da aréola contígua. Em seu cume estão os orifícios externos dos ductos mamários.

A localização ideal da papila é conhecimento importante, pois o seu posicionamento correto proporciona um satisfatório aspecto estético para as mamas. A cultura ocidental, baseada na observação do corpo de adolescentes e de modelos estéticos de beleza, supõe que a melhor situação do mamilo está em um ponto na linha hemiclavicular, 1 cm abaixo do meio da linha entre a ponta do acrômio e o epicôndilo lateral, geralmente em nível do quarto espaço intercostal (figura 82). Nesse contexto, a distância papila-sulco submamário fica entre 3 a 5 cm.

**Forma.** A aparência da mama depende da etnia, cultura, idade e estado de saúde da mulher, variando desde formas hemisféricas, cônicas, pendentes, piriformes e delgadas até achatadas.



**Figura 82** - A: Localização idealizada do mamilo. B: ponto do acrômio, C: ponto do meio do úmero, D: ponto do epicôndilo medial, linha médio-umeral (LMU), linha médio-clavicular (LMC).

Em nosso meio, uma forma mamária classificada como estética apresenta as seguintes características: (1) aspecto cônico, (2) ápice coincidente com o mamilo e localizado acima do sulco submamário, (3) diâmetro mamário horizontal similar ao vertical (12 cm), (4) projeção anterior da mama igual ao raio de sua base (6 cm), (5) distância do mamilo até a borda superior da mama de 9 a 10,5 cm, (6) volume estimado da mama entre 250 a 300 cm<sup>3</sup> e (7) relação continente/conteúdo de 1:1, ou seja, ausência de excesso de pele em relação ao parênquima e estroma, proporcionando enchimento e distensão tegumentar adequada e uma perfeita localização da papila.

## CONTEÚDO

O conteúdo corresponde a todas as estruturas envolvidas pela pele mamária: (1) tecido *sustentante* ou *estroma*, de natureza fibrogordurosa, (2) *tecido funcionante* ou *parênquima*, de natureza glandular, e (3) *tecido suplente*, de natureza neurovascular.

## ESTROMA

O tecido fibroso reveste a superfície interna da mama, delimitando os *lóbulos*. Os *ligamentos suspensores Cooper* são lâminas fibrosas que atravessam o



órgão e ligam a pele e o CAM à camada profunda da fáscia subcutânea; os ligamentos suspensores correspondem à *retinacula cutis* espessada das mamas. Os ligamentos de Cooper, o sulco inframamário e a pele são os principais elementos de fixação da mama em sua posição anatômica.

O tecido gorduroso envolve a glândula sem formar uma cápsula verdadeira e se insinua entre os lobos. Como é o mais abundante dos tecidos nessa região, geralmente define a forma e o tamanho do CAM e da mama.

A face profunda da mama é côncava e está situada sobre os músculos peitoral maior, serrátil anterior, oblíquo externo e reto abdominal. É separada deles por uma fenda fascial denominada *espaço retromamário* ou *espaço submamário de Chassaignac*, o qual é formado da união da fáscia peitoral profunda com um tecido conectivo frouxo superficialmente interposto. Todo o conteúdo mamário é anterior a esse espaço (figura 83).

## PARÊNQUIMA

O tecido glandular é uma massa lobulada, firme, pálida, achatada ântero-posteriormente e mais concentrada no centro da mama. O tecido glandular é composto de glândulas mamárias dispostas radialmente em torno do mamilo e acondicionadas em espaços fibrosos, os *lobos*. Cada glândula mamária contém seu próprio ducto excretor.

Os lobos são segmentos de mama drenados por um ducto galactóforo específico. Cada lobo é formado por uma única glândula mamária envolvida por tecido fibroadiposo.

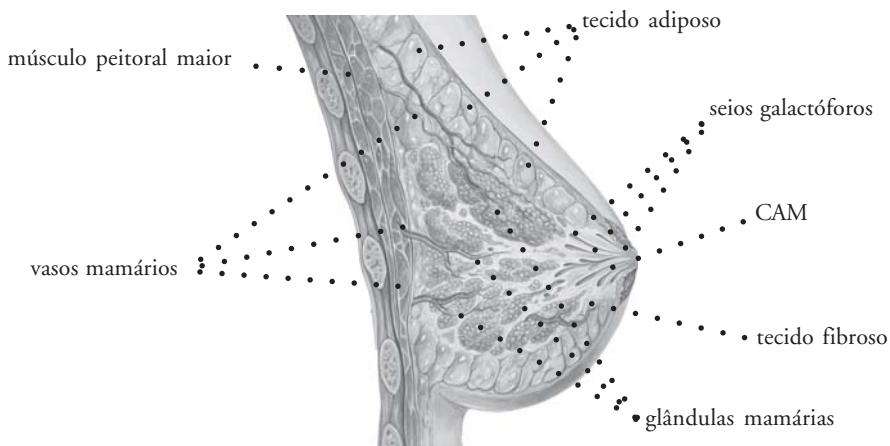


Figura 83 - Cortesagital de mama esquerda.

Fonte: Patrick L. Lynch, 2006, em <http://www.saberweb.com.br/anatomia/seios/>

O conteúdo mamário desprovido de pele tem aspecto estrelado ou irregularmente circular devido à presença de diversos prolongamentos tissulares. O mais constante origina-se do quadrante súpero-externo da mama e vai em direção à axila ao longo da margem inferior do músculo peitoral maior e é chamado de *prolongamento lateral* ou *cauda de Spence*. O prolongamento que se dirige em direção à clavícula a partir da parte súpero-média da mama é denominado *prolongamento de Giraldez* ou *colo da mama* (figura 84).

## NEUROVASCULATURA

**Vasos sanguíneos.** A suplência sanguínea para a mama é essencialmente superficial (figura 83), o que é uma coisa lógica por ser a mama uma estrutura derivada do ectoderma.

Os *vasos torácicos internos*, *torácicos laterais* e *intercostais posteriores* constituem as três fontes responsáveis pela nutrição das mamas. As divisões de todos estes vasos convergem para uma zona comum, o CAM.

Os *vasos torácicos internos* ou *mamários internos* provêm dos vasos subclávios. Eles correm paralelos ao esterno em um plano posterior às junções esternocondrais 1ª a 6ª. Os vasos mamários internos enviam ramos perfurantes que atravessam o 1º a 4º espaços intercostais, transpassam o músculo peitoral maior e alcançam a mama ao longo de sua margem medial; o 1º e o 2º ramos perfurantes são os maiores destes ramos. Os vasos torácicos internos são responsáveis por 60% da circulação mamária, especialmente em seus 2/3 mediais.

Os vasos torácicos laterais ou *mamários externos* provêm dos vasos axilares. Eles penetram pela borda lateral do quadrante supero-lateral da região peitoral, superficialmente ao músculo peitoral maior, suprindo a parte das mamas que está neste zona. Os vasos torácicos laterais são responsáveis por cerca de 30% do fluxo sanguíneo mamário, principalmente para suas porções supero-externa e lateral.

As artérias intercostais posteriores são oriundas da aorta torácica e as veias intercostais posteriores drenam para sistema venoso ázigos. As divisões anterior e lateral dos vasos intercostais posteriores penetram nas mamas ao longo da parede torácica lateral vindos de trás, ao longo dos espaços intercostais 3º ao 5º, e suprem sobretudo a parte externa e o quadrante ínfero-lateral das mamas. Os vasos intercostais posteriores são responsáveis por cerca de 10% do fluxo sanguíneo mamário.

**Vasos linfáticos.** O conhecimento da suplência linfática é importante para o entendimento do processo de disseminação do câncer de mama para a axila e para a outra mama.

A drenagem linfática das mamas segue a via de seu suprimento sanguíneo e conseqüentemente corre ao longo das tributárias dos *vasos axilares*, para os linfonodos homônimos, e dos *vasos torácicos internos*, perfurando o músculo peitoral maior para atravessar cada espaço intercostal até os linfonodos ao longo da cadeia torácica interna; esta cadeia de linfonodos também recebe linfáticos que penetram ao longo dos ramos perfurantes laterais dos vasos intercostais.

Há dois plexos principais de vasos linfáticos na mama: um *subareolar* ou *plexo de Sappey*, que está abaixo do CAM, e outro *submamário*, que está no espaço de Chaignac. Após passar por esses plexos, a linfa é drenada por vasos eferentes principais para os linfonodos regionais axilares ou torácicos internos.

Embora os vasos linfáticos que estão entre os lóbulos se comuniquem livremente, existe uma tendência dos 2/3 laterais da mama drenarem para a axila e o 1/3 medial para a cadeia torácica interna. É possível que a linfa da porção medial drene para o lado oposto, o que significa que uma doença maligna localizada na porção medial da mama pode disseminar-se para o outro lado.

Existem vinte a trinta *linfonodos axilares* que drenam os linfáticos das mamas, região peitoral, parede abdominal superior e membro superior, e estão dispostos em cinco grupos:

- *anterior* ou *peitoral*: situado profundamente ao músculo peitoral maior ao longo da margem inferior do músculo peitoral menor;
- *posterior* ou *subescapular*: ao longo dos vasos subescapulares;
- *lateral* ou *umeral*: ao longo da veia axilar;
- *central*: na gordura da axilar;
- *apical* (através do qual todos os outros linfonodos axilares drenam): imediatamente atrás da clavícula, no ápice da axila, acima do músculo peitoral menor e ao longo do lado medial da veia axilar.

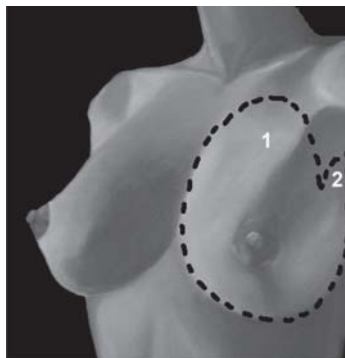


Figura 84 - Prolongamentos mamários. 1: colo, 2: cauda de Spence.

O *tronco linfático subclávio* emerge a partir dos linfonodos apicais. À direita, o tronco drena diretamente para a veia subclávia ou se une ao tronco jugular direito; à esquerda, geralmente drena diretamente para o ducto torácico.

**Nervos.** A inervação sensitiva da porção superior da mama é fornecida pelos *nervos supraclaviculares* formados do 3º e 4º ramos do plexo cervical. A pele da porção medial é inervada pelas divisões cutâneas anterior do 2º ao 7º *nervos intercostais*, enquanto que a parte lateral das mamas é inervado pelas divisões laterais destes mesmos nervos. Os ramos cutâneos laterais do nervos intercostais têm um trajeto subcutâneo até as proximidades da linha medioclavicular.

A inervação dominante do mamilo é oriunda do ramo cutâneo lateral do 4º nervo intercostal. Este ramo tem uma divisão superficial e outra profunda. A primeira penetra no mamilo pelo seu lado lateral. A divisão profunda acompanha a superfície da fáscia peitoral quando vira para cima no sentido do mamilo na altura do seu meridiano

O mamilo possui um denso plexo nervoso suprimindo muitos receptores, tais como os corpúsculos de Meissner, terminações livres e os discos de Merkel.

Os nervos que suprem as mamas também conduzem fibras simpáticas. Estas fibras são responsáveis pela contração da musculatura lisa local que se encontra no mamilo e nos vasos, apresentando receptores tipo beta.

---

## MICROANATOMIA

---

A mama é um conjunto de 15 a 25 glândulas sudoríparas modificadas denominadas *glândulas mamárias*, do tipo exócrino tubuloalveolar composto, formadas de uma parte secretora e outra excretora. A última é constituída de finos canais de 2 a 5 cm de extensão, os *ductos lactíferos* ou *galactóforos* (figura 83), que desembocam no ápice do mamilo em orifícios de cerca de 0,5 mm de diâmetro. Na base da papila os ductos formam dilatações chamadas de *seios lactíferos*.

O mamilo é revestido por epitélio pavimentoso estratificado. Seu núcleo é formado de tecido conjuntivo denso rico em fibras elásticas. O mamilo possui fibras musculares lisas dispostas circular e longitudinalmente ao longo de seu eixo.

A estrutura das glândulas mamárias varia de acordo com o sexo, idade e condições fisiológicas do organismo, razão pela qual devemos considerar as mamas de acordo com as seguintes fases de vida: puberdade e adulto, gravidez e lactação e pós-menopausa.

## PUBERDADE E ADULTO

Nos homens a mama permanece rudimentar, sendo formada de ductos, sem alvéolos, que não alcançam a papila. O CAM é pequeno e há pouco estroma mamário.

Nas mulheres, as mamas alcançam grande exuberância devido a proliferação do estroma e dos ductos lactíferos. Os mamilos se tornam salientes.

Na mulher adulta, a estrutura característica das mamas são os *lóbulos*. Estes são divisões dos lobos e correspondem a mini segmentos drenados por um ramo primário de um ducto lactífero terminal denominado *ducto interlobular*. Os lóbulos são formados de grupos de alvéolos mamários imersos em tecido conjuntivo frouxo rico em plasmócitos.

O revestimento dos ductos interlobulares e galactóforos é feito por epitélio cubóide simples envolvido por células mioepiteliais. No estado de repouso, o epitélio ductal é separado do estroma por uma fina zona avascular rica em fibroblastos, a *junção epitélio-estromal*.

Durante o ciclo menstrual, ocorrem poucas alterações nas mamas, como por exemplo, proliferação dos ductos na época da ovulação e aumento da mama por maior retenção de líquido no tecido conjuntivo na fase pré-menstrual.

## GRAVIDEZ E LACTAÇÃO

Durante a gravidez e a lactação, as mamas aumentam de tamanho à custa do parênquima, especialmente pelo desenvolvimento dos *alvéolos*; estes são acúmulos esféricos de células epiteliais na extremidade dos ductos interlobares, as quais se tornam ativamente secretoras de leite na lactação. Quatro a seis *células mioepiteliais* ou *mioepiteliócitos* de forma estrelada envolvem cada alvéolo.

Durante a lactação, a quantidade de estroma diminui consideravelmente em relação ao parênquima. As células secretoras se tornam baixas e seu citoplasma passa a apresentar gotículas de gordura que são liberadas para a luz dos alvéolos, envolvidas por uma porção da membrana apical das células (*exocitose apócrina*); as proteínas são armazenadas em vacúolos e liberadas sem segmentos de membrana plasmática (*exocitose merócrina*).

Quando cessa a amamentação, as células alveolares descamam para a luz dos alvéolos e seus restos são removidos por macrófagos.

## PÓS-MENOPAUSA

Na pós-menopausa, as mamas reduzem de tamanho pela redução difusa do parênquima e do estroma. As glândulas mamárias se atrofiam, as células alveolares e ductais se degeneram, restando uns poucos ductos. O estroma se torna muito menos celular e as fibras colágenas diminuem.

---

# F I S I O L O G I A

---

O estudo da Anatomia nos permite concluir que as mamas têm função secretória, sexual e cosmética, sendo as duas últimas exclusivas ao sexo feminino na espécie humana.

## SECREÇÃO

A secreção mamária consista na produção de leite ou *lactação*. O leite é fabricado pelas células epiteliais dos alvéolos e se acumula inicialmente em suas luzes. A saída para os ductos e meio exterior é iniciada pelo estímulo da sucção sobre os abundantes nervos do CAM; tais impulsos promovem a secreção de ocitocina pela neuro-hipófise, estimulando a contração dos mioepiteliócitos e de miócitos lisos que envolvem os alvéolos e os ductos (*reflexo da ejeção do leite*).

A formação final de alvéolos secretores resulta da ação sinérgica de estrógenos, progesterona placentária, lactogênio placentário e os hormônios hipofisários prolactina e hormônio de crescimento. Na gravidez, os estrógenos estimulam o crescimento dos ductos e a progesterona dos alvéolos, ambos hormônios inibindo a secreção de prolactina; após o parto, a súbita perda de secreção de estrogênios e progesterona devido à expulsão da placenta permite a liberação de prolactina pela hipófise, dando início à lactogênese; a partir de então, o estímulo liberador de leite passa ser a sucção do CAM pelo lactente. Quando a lactação cessa, o tecido glandular retorna a condição de repouso, o leite é absorvido e os alvéolos atrofiam, muitos perdendo suas luzes.

Antes da produção de leite, nos primeiros dois dias após o parto, um fluido espesso chamado *coloostro* é secretado. Esta secreção é rica em proteínas, vita-

mina A, sódio e cloreto, contém ainda linfócitos, monócitos, minerais, lactoalbumina e IgA.

Os seios lactíferos parecem funcionar como reservatórios de leite, embora alguns autores os considerem como artefatos.

As glândulas de Montgomery, muito aumentadas durante a gravidez e lactação, produzem uma secreção oleosa protetora que lubrifica o CAM durante a amamentação.

As unidades funcionais produtoras de leite, as glândulas mamárias, são mantidas em suas posições por tecido fibroso e pelos ligamentos de Cooper, os quais evitam traumatismos intramamários ocasionadas por movimentos do corpo. O tecido adiposo preenche os espaços vazios entre os lobos, formando um coxim macio capaz de absorver impactos mecânicos, assim constituindo um elemento a mais de proteção para o tecido mamário.

**Leite.** O leite é um líquido complexo composto de cerca de 90% de água, 5% de lactose, 4% de gordura e 1% de proteína e íons, notadamente cálcio, sódio, potássio, fosfato e cloreto. Vitaminas e IgA também estão presentes. Os plasmócitos existentes na mama são responsáveis pela produção de IgA, os quais esterilizam o leite e conferem imunidade passiva ao recém-nascido.

As proteínas principais do leite são a *caseína* e a *lactalbumina*; estas, juntamente com a lactose e diversos triglicerídeos, são sintetizadas apenas nas glândulas mamárias a partir de precursores circulantes que penetram na mama sob a regulação da junção epitélio-estromal. Todos os elementos do leite servem para nutrir e proteger do lactente.

O leite materno também contém *endorfina*, um tipo de ópio fisiológico que ajuda a proporcionar uma sensação de bem-estar e ajuda a suprimir a dor no lactente. Por isso é uma boa ideia amamentar o bebê logo após ele ser vacinado.

## RELACIONAMENTO SEXUAL

O efeito de atração sexual desempenhado pelas mamas tem ação reprodutiva indireta ao servir como estímulo à cópula e à amamentação. Desse modo, podemos entender porque a mama é uma estrutura exposta, com forma de alvo e dotada de generosa inervação.

**Situação exposta.** A localização superficial no subcutâneo da parede torácica anterior, o aspecto saliente e a presença em ambos os lados do corpo, tornam a mama um dos órgãos mais atraentes do sexo feminino.

A situação das mamas na superfície corpórea exige certo deslizamento desses órgãos sobre a parede torácica. Essa função é suprida pelo espaço retromamário, o qual é uma zona de clivagem que confere a mama considerável mobilidade sobre a caixa torácica.

Na realização de procedimentos cirúrgicos, tais como mastectomias e mamoplastias redutoras, o espaço retromamário forma um plano de dissecação relativamente pobre em vasos e nervos, o que possibilita um rápido descolamento da mama do músculo peitoral maior, com mínimo sangramento. Nas mamoplastias de aumento, o espaço submamário é facilmente transformado em uma loja para a colocação de uma prótese de silicone, sem a necessidade de penetrar o conteúdo mamário, preservando, assim, sua fisiologia.

**Forma.** O desenho de alvo aliado a um aspecto saliente e a um CAM pigmentado que contrasta com o resto do corpo conferem às mamas um efeito de atração pronunciado. A cor do CAM funciona como um localizador visual para a sucção. A soma desses estímulos ópticos induz os adultos ao relacionamento sexual, e os lactentes à amamentação.

**Inervação.** A suplência neural abundante da região peitoral e, especialmente, do CAM, tornam essas regiões fortemente erógenas. O CAM é a zona mais sensível da parede torácica devido a presença de grande número de receptores sensoriais. A rica inervação da papila é essencial para a sinalização da sucção para o sistema nervoso central. A inervação simpática é responsável pela contração da musculatura lisa que se encontra no CAM e nos vasos; a contração das fibras musculares do mamilo é responsável por sua ereção. Apesar da rica inervação, a atividade secretora das mamas é controlada especialmente pelos hormônios ováricos e hipofisários.

Em consequência à alta sensibilidade do CAM, o ato de amamentar, seja na cópula ou no puerpério, pode proporcionar prazer mais ou menos intenso à mulher. Em última análise, isso funciona como um incentivo adicional para o uso repetido do órgão e, assim, para o ato sexual e para a lactação.

## COSMESE

Em um meio social, mamas consideradas com adequado volume e forma têm um efeito embelezador, auxiliando a mulher a se sentir mais feminina e mais segura psicologicamente. Nesse contexto cultural, as mamas desempe-



nam um papel substancial pelo seu forte poder sedutor, a ponto de atualmente a função de lactação está sendo abordada como secundária ao componente menos importante, o estético.



## REFERÊNCIAS

- AIRES, M. M. *Fisiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1991.
- ANDREOLI, T. E. et al. *Cecil: tratado de medicina interna*. 22. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- BERALDO, W. T. *Fisiologia*. Belo Horizonte: Universitaria, 1974.
- BERNE, R. *Fisiologia*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2000.
- BEST, J. B. *Best e Taylor: as bases fisiológicas da prática médica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1989.
- BÍBLIA Sagrada. Tradução de João Ferreira de Almeida. Edição rev. e atual. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 1969.
- CASTRO, S. V. *Anatomia fundamental*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1985.
- CORMACK, D. H. *Histologia*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1985.
- CONSTANZO, S. L. *Fisiologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- COURTNEY, M. T. et al. *Sabiston: tratado de cirurgia*. 17. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- D'ÂNGELO, J. G.; FANTINI, C. A. *Anatomia humana sistêmica e segmentar*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.
- DEL MAESTRO, R. F. Leonardo Da Vinci: the search for the soul. *J. Neurosurg*, v. 89, n. 5, p. 874-887, 1998.
- DI DIO, J. A. L. *Tratado de anatomia sistêmica e aplicada*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003.
- EKNOYAN, G. Michelangelo: art, anatomy, and the kidney. *Kidney Int.*, New York, v. 57, n. 3, p. 1190-1201, mar. 2000.
- ELLIS, H. *Anatomia clínica*. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1999.
- EMÍLIA, E. E. *Anatomia e fisiologia humana*. São Paulo : EPU, 1988.
- ENTRALGO, P. L. *Historia de la Medicina*. Barcelona: Salvat, 1978.
- FERREIRA, A. B. H. *Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa*. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- GANONG, W. F. *Fisiologia médica*. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 1989.
- GARDNER, W. D.; OSBORN, W. A. *Anatomia do corpo humano*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1980.
- GARDNER, E.; GRAY, D. J.; O'RAHILLY, R. *Anatomia: estudo regional do corpo humano*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1988.
- GARTNER, P.; HIATT, J. L. *Tratado de histologia em cores*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1999.

- GORDON, R. A. *A assustadora história da medicina*. São Paulo: Ediouro, 2005.
- GRAAFF, K. M. Van de. *Anatomia humana*. 6. ed. Barueri: Manole, 2003.
- \_\_\_\_\_.; RHEES, R. W. *Anatomia e fisiologia humana*. São Paulo: Makron Books, 1991.
- GRABB, W. C.; SMITH, J. W. *Grabb and Smith's plastic surgery*. 6. ed. Philadelphia: Lippincott-Ravens, 2007.
- GRAY, H. *Gray anatomia*. 37. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1995.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. *Tratado de fisiologia médica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002.
- HAM, A. W.; CORMACK, D. H. *Histologia*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1983.
- HOLLINSHEAD, W. H.; ROSSE, C. *Anatomia*. 4. ed. Rio de Janeiro: Interlivros, 1991.
- JACOB, S. W.; FRANCONI, C. A.; LOSSOW, W. J. *Anatomia e fisiologia humana*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1990.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, C. *Histologia básica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2004.
- LATARJET, M.; RUIZLIARD, A. *Anatomia humana*. 2. ed. São Paulo: Panamericana, 1996.
- MACHADO, A. *Neuroanatomia funcional*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.
- MATOS, A. J. A.; ALMEIDA, G. R. *Anatomia e fisiologia humana*. São Paulo: CPB, 1983.
- MOUNTCASTLE, V. B. *Fisiologia medica*. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1978.
- MOORE, K. L.; DALLEY, F. A. *Anatomia orientada para a clínica*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2007.
- MONKHOUSE, S. *Anatomia clínica*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2004.
- NETTER, F. H. *Atlas de anatomia humana*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SAMPAIO, S. A. P.; RIVITTI, E. A. *Dermatologia*. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Artes Médicas, 2007.
- SHIN, E. K.; MEALS, R. A. The historical importance of the hand in advancing the study of human anatomy. *J. Hand Surg Am*, Los Angeles: UCLA, v. 30, n. 2, p. 209-221, 30 mar. 2005.
- SILVERTHORN, D. U. et al. 2. ed. *Fisiologia humana: uma abordagem integrada*. Barueri: Manole, 2003.
- SOBOTTA, J. *Atlas de anatomia humana*. 21. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2000.

- TESTUT, L.; JACOB, O.; BERNARD, R. *Compendio da anatomia topográfica com aplicações medicoquirúrgicas*. Barcelona: Salvat, 1969.
- TESTUT, L.; LATARJET, A. *Tratado de Anatomia Humana*. Barcelona: Salvat, 1977.
- VASCONCELLOS, A. H.; VASCONCELLOS, B. P. H. Andreae Vesalii: the bone and muscles. *Int. J. Morphol.*, Temuco, v. 22, n. 1, p. 5-8, 2004.
- VERSALIUS, Andréas. *De humanis, corporis fabrica*. Basiléia: [s.n], 1543.
- WALES, Jimmy. *Seios*. [2006]. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Seios>>. Acesso em: 18 dez. 2009
- WAY, L. W.; DOHERTY, G. M. *Cirurgia: diagnóstico e tratamento*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2004.
- WOLF-HEIDEGGER, G. *Atlas de anatomia humana*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2000.
- YANCEY, P.; BRAND, P. *In his image*. Grand Rapids, Michigan: Zoderwan, 1984.

## Colofão

Formato	17 x 24 cm
Tipologia	AGaramond
Papel	75 g/m <sup>2</sup> (miolo) Cartão Supremo 250 g/m <sup>2</sup> (capa)
Impressão	Setor de Reprografia da EDUFBA
Capa e Acabamento	Gráfica Cian
Tiragem	500 exemplares



ISBN 978-85-232-0686-4



9 788523 206864