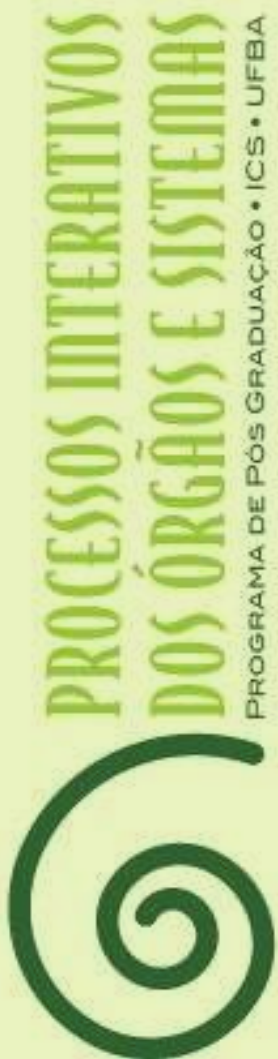


UFBA

Universidade Federal da Bahia
Instituto de Ciências da Saúde



SÉRES COSTA DE SOUZA

**IMPACTO DA MANOBRA DE
RECRUTAMENTO ALVEOLAR PROFILÁTICA
E VENTILAÇÃO PROTETORA NAS
COMPLICAÇÕES PULMONARES PÓS-
CIRURGIA CARDÍACA: UM ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO**

**Salvador-Bahia
2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PROCESSOS INTERATIVOS DOS
ÓRGÃOS E SISTEMAS**



SÉRES COSTA DE SOUZA

**IMPACTO DA MANOBRA DE RECRUTAMENTO
ALVEOLAR PROFILÁTICA E VENTILAÇÃO PROTETORA
NAS COMPLICAÇÕES PULMONARES PÓS-CIRURGIA
CARDÍACA: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

Salvador-Bahia
2024

SÉRES COSTA DE SOUZA

**IMPACTO DA MANOBRA DE RECRUTAMENTO
ALVEOLAR PROFILÁTICA E VENTILAÇÃO PROTETORA
NAS COMPLICAÇÕES PULMONARES PÓS-CIRURGIA
CARDÍACA: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas.

Orientador: Profa. Dra. Helena França Correia
Coorientador: Prof. Dr. Mansueto Gomes Neto

Salvador-Bahia
2024

Ficha catalográfica: Keite Birne de Lira CRB-5/1953

Souza, Séres Costa de

Impacto da manobra de recrutamento alveolar profilática e ventilação protetora nas complicações pulmonares pós-cirurgia cardíaca: um ensaio clínico randomizado. / [Manuscrito]. Séres Costa de Souza. - Salvador, 2024.

100f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Helena França Correia.

Coorientador: Prof. Dr. Mansueto Gomes Neto.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Salvador, 2024.

1. Ventilação com pressão positiva. 2. Respiração artificial. 3. Cuidados pós-operatórios. 4. Fisioterapia. 5. Cirurgia torácica. I. Correia, Helena França. II. Mansueto, Gomes Neto. III. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. IV. Título

CDD – 616.12 21. ed.



TERMO DE APROVAÇÃO DA DEFESA PÚBLICA DE TESE

SÉRES COSTA DE SOUZA

Impacto da Manobra de Recrutamento Alveolar Profilática e Ventilação Protetora nas Complicações Pulmonares Pós-Cirurgia Cardíaca: Um Ensaio Clínico Randomizado

Aprovada em: 10/07/2024

Comissão examinadora:

Luciana Ribeiro Bilitário

Profa. Dra. Luciana Ribeiro Bilitário (Examinadora externa)

Documento assinado digitalmente



VITOR OLIVEIRA CARVALHO

Data: 10/07/2024 16:51:51-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Vitor Oliveira Carvalho (Examinador externo)

Micheli Bernardone Saquetto

Profa. Dra. Micheli Bernardone Saquetto (Examinadora interna)

Helena Franca Correia

Profa. Dra. Helena Franca Correia (Examinadora interna)

Bruno Prata Martinez

Prof. Dr. Bruno Prata Martinez (Examinador interno)

Salvador, Bahia, 10 de Julho de 2024

Dedico a Deus, O MEU TUDO. Ao meu amor, meu marido, Maurício Nascimento, e aos meus pais, Abinoam e Maria Concebida. Vocês são as razões da minha luta diária para me tornar uma pessoa melhor.

AGRADECIMENTOS

Fazer o curso de doutorado foi um grande desafio, uma longa, difícil e maravilhosa jornada na qual precisei da ajuda de pessoas fundamentais para que esta trajetória tivesse êxito. Agradeço a todas elas, principalmente:

- À professora Helena França Correia, orientadora dos meus passos nesta longa jornada. Com ela, aprendi muito do que sei hoje. Um exemplo a ser seguido de dedicação, compromisso e seriedade no que faz.
- A uma amiga de jornada acadêmica, Renata Santana. Sem o seu apoio, carinho, a sua cumplicidade e dedicação, eu não teria conseguido. Você é incrível, metódica, dedicada e um exemplo de aluna a ser seguido e imitado.
- Ao meu marido, Maurício Nascimento, por me apoiar, dar força, se resguardar, ser pontual em suas observações e por injetar ânimo nesta jornada que foi o doutorado.
- Aos meus pais: Abinoam Olimpio e Maria Concebida, por sempre me apoiarem em minhas decisões. Por estarem atentos às minhas emoções e por me incentivarem na caminhada.
- Ao PPGPIOS, este programa de pós-graduação foi um divisor de águas na minha vida. Não poderia estar em outro lugar. A despeito das lutas e dificuldades, pertencer a um programa interdisciplinar me proporcionou uma visão ampla em várias áreas, e isso foi enriquecedor.
- Aos técnicos administrativos do programa, sempre me trataram muito bem e foram solícitos com minhas necessidades, cito aqui aqueles com quem mais tive contato: Sr. Carlos, Dona Célia, Tarcísio e Alisson. Obrigada pelo profissionalismo de cada um de vocês.
- Aos professores Roberto Paulo e Maurício Cardeal, sempre assertivos e comprometidos com a jornada acadêmica de cada um dos alunos deste programa. Os aprendizados foram muitos e enriquecedores.
- A Deus, meu maior mentor em todas as coisas que faço. Sem o meu Criador, certamente, nada do que sou ou conquistei seria possível.
- À banca examinadora por dedicar seu tempo em ler e analisar o meu trabalho e contribuir com seu conhecimento através das suas importantes sugestões e correções.

Crescer é desconfortável.

Então, encontre conforto no desconforto.
Porque isso o conduzirá ao êxito.

E lembre-se: no dia a dia, seja
leve, apesar do mundo
pesado.

Samer Agi

Souza SC de. Impacto da manobra de recrutamento alveolar profilática e ventilação protetora nas complicações pulmonares pós-cirurgia cardíaca: um ensaio clínico randomizado [tese]. Salvador: Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia; 2024. 100 p.

RESUMO

Introdução: A manobra de recrutamento alveolar (MRA) combinada com ventilação mecânica protetora pode melhorar a oxigenação e reduzir complicações pulmonares no pós-operatório de cirurgia cardíaca (POCC). No entanto, a evidência sobre sua eficácia é limitada. **Objetivos:** Investigar os efeitos da MRA profilática e ventilação protetora nas complicações pulmonares (CPP) e trocas gasosas no POCC. **Métodos:** Foi realizado um ensaio clínico randomizado com 240 pacientes submetidos à cirurgia cardíaca (CC). Os participantes foram alocados aleatoriamente em dois grupos: Grupo Controle (GC), que recebeu ventilação protetora, e Grupo Intervenção (GI), que recebeu ventilação protetora e MRA profilática. Os desfechos primários incluíram a incidência de CPP, melhora das trocas gasosas, e desfechos secundários como tempo de ventilação mecânica (VM), reintubação, e duração da internação. **Randomização e cegamento:** A alocação foi realizada, utilizando uma sequência aleatória gerada por software, e o cegamento foi aplicado aos médicos responsáveis pela avaliação dos desfechos hemodinâmicos e aos pacientes em todas as etapas da pesquisa. **Resultados:** A incidência de CPP no GI foi de 20,8% (IC 95%: 13,4% a 28,2%) comparado a 25% (IC 95%: 17,3% a 32,7%) no GC ($p = 0,51$). A melhora das trocas gasosas não apresentou diferença significativa entre os grupos ($p = 0,18$). O tempo médio de VM foi de 6,8 dias no GI e 7,2 dias no GC ($p = 0,72$). A reintubação foi necessária em 10% dos pacientes no GI e 11% no GC ($p = 0,65$). **Conclusões:** A adição da MRA profilática à ventilação protetora não reduziu significativamente a incidência de CPP, não melhorou as trocas gasosas, nem reduziu o tempo de VM ou a necessidade de reintubação em pacientes de POCC. Estudos futuros devem explorar a combinação de MRA com outras intervenções fisioterapêuticas e estratégias de ventilação para identificar subgrupos de pacientes que possam se beneficiar mais dessa abordagem. **Registro do Ensaio:** RBR-9y6qvx. **Número Universal de Estudo UTN:** U1111-1227-8525. **Financiamento:** próprio.

Palavras-chave: Ventilação com pressão positiva. Respiração artificial. Fisioterapia. Cuidados pós-operatórios. Cirurgia torácica.

Souza SC de. Impact of prophylactic alveolar recruitment maneuver and protective ventilation on pulmonary complications post-cardiac surgery: a randomized clinical trial [thesis]. Salvador: Health Sciences Institute, Federal University of Bahia; 2024. 100 f.

ABSTRACT

Introduction: The alveolar recruitment maneuver (ARM) combined with protective mechanical ventilation may improve oxygenation and reduce pulmonary complications in the postoperative period of cardiac surgery (POCC). However, evidence regarding its efficacy is limited. **Objectives:** To investigate the effects of prophylactic ARM and protective ventilation on pulmonary complications (PCs) and gas exchange in POCC. **Methods:** A randomized clinical trial was conducted with 240 patients undergoing cardiac surgery (CS). Participants were randomly allocated into two groups: Control Group (CG), which received protective ventilation, and Intervention Group (IG), which received protective ventilation and prophylactic ARM. Primary outcomes included the incidence of PCs, improvement in gas exchange, and secondary outcomes such as mechanical ventilation (MV) time, reintubation, and length of hospital stay. **Randomization and Blinding:** Allocation was performed using a computer-generated random sequence, and blinding was applied to the physicians responsible for assessing hemodynamic outcomes and to patients at all stages of the research. **Results:** The incidence of PCs in the IG was 20.8% (95% CI: 13.4% to 28.2%) compared to 25% (95% CI: 17.3% to 32.7%) in the CG ($p = 0.51$). Improvement in gas exchange did not show a significant difference between the groups ($p = 0.18$). The mean duration of MV was 6.8 days in the IG and 7.2 days in the CG ($p = 0.72$). Reintubation was required in 10% of patients in the IG and 11% in the CG ($p = 0.65$). **Conclusions:** The addition of prophylactic ARM to protective ventilation did not significantly reduce the incidence of PCs, improve gas exchange, or reduce the MV time or the need for reintubation in POCC patients. Future studies should explore the combination of ARM with other physiotherapeutic interventions and ventilation strategies to identify subgroups of patients who may benefit more from this approach. **Trial Registration:** RBR-9y6qvx. Universal Trial Number (UTN): U1111-1227-8525. **Funding:** Self-funded.

Keywords: Positive-pressure ventilation. Artificial respiration. Physical therapy. Postoperative care. Thoracic surgery.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Diagrama do fluxo dos participantes do estudo conforme CONSORT.....43
- Figura 2** - Linha do tempo para o período pós-operatório (randomização, intervenção e coleta de dados).....49
- Figura 3** - Comportamento das trocas gasosas no pós-operatório intragrupo dos pacientes dos Grupos controle e intervenção, recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.....58

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Quadro 1** – Intervenções realizadas no grupo controle (GC) e no grupo intervenção (GI).....47
- Tabela 1** – Distribuição das características demográficas, antropométricas e clínicas dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital da rede pública de Salvador –BA, Brasil 2022.51
- Tabela 2** – Distribuição das características do período pós-operatório de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.....52
- Tabela 3** – Características ventilatórias e da mecânica respiratória do período pós-operatório de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 202253
- Tabela 4** – Análise por intenção de tratar: incidência de complicações pulmonares pós-operatórias de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.....54
- Tabela 5** – Análise por protocolo: incidência de complicações pulmonares pós-operatórias de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.....55
- Tabela 6** – Análise por intenção de tratar: desfechos secundários de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 202256
- Tabela 7** – Análise por protocolo: desfechos secundários de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.....57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE – Apêndice Atrial Esquerdo

AOS – Apneia Obstrutiva do Sono

ASA – American Society of Anesthesiologists

CC – Cirurgia Cardíaca

CEC – Circulação Extracorpórea

Cest sr – Complacência Estática do Sistema Respiratório

CONSORT – Consolidated Standards of Reporting Trials

CPP – Complicações Pulmonares

CRF – Capacidade Residual Funcional

CV – Capacidade Vital

DAC – Doença Arterial Coronariana

DCV – Doenças Cardiovasculares

DLP – Dislipidemia

DM – Diabetes Mellitus

DP – Derrame Pleural

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

EAP – Edema Agudo de Pulmão

EMR – Estratégia Máxima de Recrutamento

Euroscore II – European System For Cardiac Operative Risk Evaluation II

FC – Frequência Cardíaca

FEVE – Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo

FiO₂ – Fração Inspirada de Oxigênio

GC – Grupo Controle

GI – Grupo Intervenção

HAN – Hospital Ana Nery

HAP – Hipertensão Arterial Pulmonar

HAS – Hipertensão Arterial Sistêmica

IAM – Infarto Agudo do Miocárdio

IC – Intervalo de Confiança

ICC – Insuficiência Cardíaca Congestiva

ICS – Instituto de Ciências da Saúde

IMC – Índice de Massa Corpórea

IRA – Insuficiência Renal Aguda

IrpA – Insuficiência Respiratória Aguda

IS – Insuflação Sustentada

LPA – Lesão Pulmonar Aguda

LPVM – Lesão Pulmonar Induzida por Ventilação Mecânica

MMII – Membros Inferiores

MMSS – Membros Superiores

MPR – Manobra Prolongada de Recrutamento

MRA – Manobra de Recrutamento Alveolar

N/A – Não Aplicável

OMS – Organização Mundial da Saúde

PAM – Pressão Arterial Média

PaO₂ – Pressão Arterial de Oxigênio

PaO₂/FiO₂ – Índice de Oxigenação

PAP – Pressão Arterial Pulmonar

PAVM – Pneumonia Associada à Ventilação Mecânica

PCV – Ventilação Controlada a Pressão

PEEP – Pressão Positiva no Final da Expiração

Pemáx – Pressão Expiratória Máxima

Pimáx – Pressão Inspiratória Máxima

PIP – Pressão Inspiratória Positiva

PO – Pós-Operatório

POCC – Pós-Operatório de Cirurgia Cardíaca

POI – Pós-Operatório Imediato

PRISMA – Itens Preferenciais para Relatórios de Revisões Sistemáticas e Meta-Análises

PSV – Ventilação com Pressão de Suporte

RBR – Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos

RM – Revascularização do Miocárdio

RV – Resistência Vascular

RVP – Resistência Vascular Pulmonar

SDRA – Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo

SESAB – Secretaria de Saúde do Estado da Bahia

SpO₂ – Saturação Periférica de Oxigênio

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TME – Treinamento Muscular Expiratório

TMI – Treinamento Muscular Inspiratório

TMR – Treinamento Muscular Respiratório

TRALI – Lesão Pulmonar Aguda Relacionada à Transfusão

TV – Troca de Válvula

TVAo – Troca de Válvula Aórtica

TVMi – Troca de Válvula Mitral

TVP – Trombose Venosa Profunda

UCV – Unidade Cardiovascular

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UTI – Unidade de Terapia Intensiva

UTN – Número Universal de Estudo

VCV – Ventilação Controlada a Volume

VM – Ventilação Mecânica

VNI – Ventilação Não Invasiva

VT – Volume Corrente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA	19
1.2 OBJETIVOS	20
1.2.1 Objetivo primário	20
1.2.2 Objetivos secundários	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 AS CIRURGIAS CARDÍACAS.....	21
2.2 COMPLICAÇÕES PULMONARES	21
2.3 COMPLICAÇÕES PULMONARES APÓS CIRURGIA CARDÍACA	23
2.4 ESTRATÉGIAS QUE REDUZEM COMPLICAÇÕES PULMONARES APÓS A CIRURGIA CARDÍACA	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
4 RESULTADOS	33
4.1 ARTIGO 1 - Efeito da manobra de recrutamento alveolar no pós-operatório imediate de cirurgia cardíaca: uma revisão sistemática	33
4.2 ARTIGO 2 - Efeitos da adição da manobra de recrutamento alveolar a uma estratégia de ventilação protetora em desfechos clínicos no pós-operatório imediate de cirurgia cardíaca: ensaio clínico randomizado	41
4.2.1 Introdução	41
4.2.2 Materiais e métodos	42
4.2.3 Análise de dados	50
4.2.4 Resultados	50
4.2.5 Discussão	59
4.2.6 Conclusão	61
5 DISCUSSÃO GERAL	62
6 CONCLUSÃO GERAL	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES	74
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e esclarecido	75
APÊNDICE B – Ficha de Coleta de Dados.....	79
ANEXOS	82

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética ICS/UFBA	83
ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética do Hospital Ana Nery HAN/SESAB.....	87
ANEXO C – Mapa ventilatório do Serviço de Fisioterapia	91
ANEXO D – Artigo dos resultados preliminares do Ensaio Clínico Randomizado	92

1 INTRODUÇÃO

A incidência de doenças cardiovasculares (DCV) nos países em desenvolvimento tem aumentado a cada ano, sendo 80% relacionada à doença arterial coronariana (DAC). Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) estimam que, em 2030, mais de 23 milhões de pessoas morrerão anualmente por DCV. As DCV representam as maiores causas de morte no Brasil e no mundo. No Brasil, são responsáveis por cerca de 30% dos óbitos e estão relacionadas ao infarto agudo do miocárdio (IAM), tendo como principais causas: o tabagismo, o uso abusivo de álcool, obesidade, diabetes, dietas pouco saudáveis e baixo nível socioeconômico¹⁻³.

Uma das formas mais eficazes e rotineiras de tratamento da DAC complexa é a cirurgia cardíaca (CC). Embora esta intervenção possa gerar algumas manifestações clínicas pulmonares, como derrame pleural (DP), insuficiência respiratória aguda (IrpA) e atelectasias, estas são tratáveis. A incidência de complicações pulmonares (CPP), após as cirurgias cardíacas, varia entre 10% a 55%, sendo que uma em cada duas pessoas podem ser afetadas por essas complicações. No entanto, é importante notar que a maioria dessas complicações é tratável e que a CC continua sendo o padrão-ouro para o tratamento de DAC graves ou trocas valvares^{4,5}.

No pós-operatório (PO) de cirurgias cardíacas, tanto a CPP como o DP são observadas com variação na sua incidência, de 10% a 40%, dependendo das abordagens de manejo adotadas, incluindo o uso ou não de drenagem pleural sistemática. A atelectasia, embora comum, é uma CPP esperada, devido ao tipo de cirurgia e pode ser eficazmente gerenciada. A anestesia geral, o decúbito dorsal prolongado e a perda temporária da respiração espontânea são fatores que contribuem, mas estão dentro das complicações passíveis de controle. Além disso, a CC induz modificações da função pulmonar que podem incluir compressão torácica durante a cirurgia, dissecação da artéria torácica interna, canulação da circulação extracorpórea (CEC), deformação torácica e hipotética paralisia do nervo diafragmático. Outros tipos de complicações são menores⁴.

A pneumonia, outra complicação observada, tem uma incidência de 10%.⁴ Além disso, a CC produz uma resposta inflamatória sistêmica que pode afetar a função pulmonar. Essa resposta está associada a alterações nas trocas gasosas e na mecânica pulmonar, resultando na redução da complacência pulmonar, capacidade residual funcional (CRF) e capacidade vital (CV) ou ambas. No entanto, com a gestão adequada, essas complicações podem ser mitigadas, reafirmando a CC como uma opção segura e eficaz para casos complexos⁶.

Uma série de estratégias pode ser utilizada na reversão das CPP pós-operatórias, incluindo métodos de ventilação, como a estratégia protetora, e manobras que tratam a hipoxemia, como a manobra de recrutamento alveolar (MRA)⁷. Essas técnicas são amplamente aplicadas em unidades de terapia intensiva (UTI), uma vez que grandes estudos demonstraram sua eficácia na redução da morbidade e mortalidade. No entanto, a contribuição de cada componente de uma estratégia global de ventilação e MRA para a redução das CPP tem sido cada vez mais estudada em populações adultas submetidas à CC. Estudos recentes indicam que a implementação dessas estratégias pode levar a uma redução significativa nas CPP, demonstrando sua eficácia em contextos clínicos variados⁸.

A estratégia protetora tem como objetivo minimizar os danos pulmonares durante a ventilação mecânica (VM). Ela é aplicada com MRA e pressão positiva ao final da expiração (PEEP) suficiente para aumentar a pressão transpulmonar, manter o maior número possível de alvéolos abertos e manter a pressão delta mínima ($P_{platô} - PEEP$) para prevenir a hiperdistensão pulmonar⁶. O baixo delta de pressão utilizado na estratégia protetora é tipicamente alcançado com volumes correntes (VT) baixos (4-6 mL/kg). As manobras de recrutamento devem ser individualizadas, pois têm demonstrado melhorar a oxigenação e a complacência pulmonar em pacientes submetidos à CC eletiva⁶.

Dado o impacto potencial das cirurgias cardíacas no indivíduo e as CPP associadas a esse tratamento das DCV, este estudo se propôs a investigar possíveis estratégias terapêuticas para minimizar os efeitos negativos multifatoriais da CC, prevenindo e reduzindo as CPP no PO. Nossa hipótese é que a combinação da MRA com uma estratégia de ventilação protetora é eficaz em melhorar os desfechos clínicos no PO de CC em pacientes adultos.

1.1 JUSTIFICATIVA

A MRA com adição de uma estratégia de ventilação protetora no pós-operatório imediato (POI) de CC se baseia na necessidade urgente de reduzir as CPP associadas a esse procedimento. CPP, como DP, atelectasia e pneumonia, são frequentes nesse contexto, aumentando a morbidade e a mortalidade dos pacientes, prolongando o tempo de internação na UTI e elevando os custos hospitalares⁴.

A MRA e a estratégia protetora têm se mostrado promissoras em estudos anteriores na melhora da oxigenação e da complacência pulmonar, na minimização das lesões pulmonares induzidas pela VM e na redução da resposta inflamatória sistêmica⁹. Esta pesquisa visa preencher uma lacuna de conhecimento identificada durante a revisão sistemática realizada anteriormente para embasar este ensaio clínico. A revisão revelou a existência de estudos sobre a MRA, porém poucos estudos robustos combinam a MRA com VM protetora em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca (POCC).

Embora existam investigações que abordem o impacto da MRA em pacientes hipoxêmicos submetidos à CC, há uma carência de pesquisas que explorem a eficácia da combinação de MRA profilática e VM protetora especificamente em pacientes de POCC sem hipoxemia inicial e sem marcadores específicos de recrutamento. Este estudo se propõe a investigar essa combinação, com a hipótese de que a MRA profilática aliada à ventilação protetora pode melhorar as complicações pulmonares e trocas gasosas em pacientes no pós-operatório imediato (POI) de CC, não hipoxêmicos e sem marcadores para recrutamento, abordando uma área pouco explorada na literatura atual.

1.2 OBJETIVOS

A seguir, apresentam-se os objetivos estabelecidos para dar cumprimento a este estudo.

1.2.1 Objetivo primário

- Avaliar a eficácia da MRA profilática associada à ventilação protetora na redução das complicações pulmonares e na melhoria das trocas gasosas de pacientes no POCC sem hipoxemia.

1.2.2 Objetivos secundários

- Revisar sistematicamente os efeitos da manobra de recrutamento alveolar (MRA) na relação PaO₂/FiO₂, saturação de oxigênio (SatO₂), tempo de ventilação mecânica (VM), tempo de internamento na unidade de terapia intensiva (UTI), incidência de atelectasia, pressão arterial média (PAM) e frequência cardíaca (FC).
- Descrever a frequência e os fatores associados a eventos adversos durante a aplicação da MRA combinada com uma estratégia de ventilação protetora no pós-operatório de cirurgia cardíaca (POCC).
- Analisar os desfechos clínicos de longo prazo, como a mortalidade hospitalar e a taxa de readmissão na UTI, relacionados à aplicação da MRA profilática e ventilação protetora em pacientes de POCC.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, abordam-se os focos principais desta pesquisa: a CC, as CPP no PO, a estratégia ventilatória protetora no contexto das CC e a MRA.

2.1 AS CIRURGIAS CARDÍACAS

As intervenções cirúrgicas no coração, incluindo a troca de válvulas (TV) e a cirurgia de revascularização miocárdica (RM) ou by-pass, são processos intrincados que necessitam de extrema precisão em cada etapa. Contudo, destaca-se a importância do acompanhamento no PO, um período marcado por alterações clínicas relevantes decorrentes do estresse operatório. É neste intervalo que as complicações pós-cirúrgicas emergem, exigindo cuidados intensificados e sublinhando sua importância na prática de CC¹⁰.

Nos últimos vinte anos, observou-se uma evolução significativa no perfil dos pacientes que se submetem a operações cardíacas, impulsionada pelos avanços em técnicas de diagnóstico e abordagens terapêuticas. A cirurgia de RM, em especial, tem sido reservada para situações mais desafiadoras, que incluem a presença de múltiplos fatores de risco como diabetes mellitus (DM) tipo 2, hipertensão arterial sistêmica (HAS), doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), complicações cerebrovasculares e idade avançada. Essa tendência reflete em uma demografia de pacientes com quadros mais severos de doença cardíaca, evidenciada por disfunção ventricular, insuficiência cardíaca congestiva (ICC) e uma frequência aumentada de cirurgias repetidas¹¹.

2.2 COMPLICAÇÕES PULMONARES

As CPP são uma das principais causas de morbimortalidade perioperatória e aumentam a permanência hospitalar. No mês após a cirurgia torácica, uma em cada vinte pacientes morre, principalmente por CPP, que acometem um em cada cinco pacientes de cirurgia torácica. Sabe-se menos sobre CPP do que complicações cardíacas após cirurgia não cardiotorácica, embora possa haver mais CPP. Em um estudo de corte retrospectivo com 45.000 pacientes submetidos à cirurgia colorretal, um em cada cinco apresentou CPP no PO,

enquanto um em cada cem apresentou complicações cardíacas. O custo das CPP foi superior a três vezes o custo das complicações cardíacas¹².

Os resultados de grandes estudos de CPP no PO têm sido inconsistentes. Eles incluem uma ampla variedade de condições, como: a atelectasia, a pneumonia, a exacerbação de DPOC, de lesão pulmonar aguda (LPA), e síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) e de IRPa. Aproximadamente, um em cada cinco pacientes que desenvolvem IRPa no PO irá morrer dentro de trinta dias. Assim, é importante tentar prever quais pacientes estão em risco para evitar que complicações ocorram¹³.

As características dos pacientes mais comumente associadas às CPP incluem a idade, o estado geral de saúde ruim e o estado funcional, as comorbidades e o abuso de drogas, incluindo o tabagismo. Não está claro se a associação com a idade é decorrente de comorbidades associadas, e não da idade em si. O estado físico de acordo com a escala da ASA (*American Society of Anesthesiologists*) e as concentrações de albumina sérica abaixo de 30 gl^{-1} estão associados. As comorbidades mais associadas incluem ICC, DPOC e insuficiência renal aguda (IRA). O consumo de álcool e o tabagismo aumentam moderadamente a taxa de CPP. Fatores adicionais para IRPa após cirurgia torácica incluem a diminuição da função respiratória pré-operatória, a extensão da ressecção pulmonar e a DAC¹⁴.

Mais recentemente, descobriu-se que três distúrbios pulmonares associados aumentam as complicações pulmonares no pós-operatório, como a apneia obstrutiva do sono (AOS), a síndrome de hipoventilação da obesidade e a hipertensão arterial pulmonar (HAP). Hipóxia PO, pneumonia por aspiração, reintubação traqueal e tempo de internação hospitalar estão aumentados em pacientes com AOS. Hipercapnia crônica ($P_a\text{CO}_2 > 45 \text{ mmHg}$), distúrbios respiratórios do sono e um índice de massa corpórea (IMC) maior que 30 kg.m^2 caracterizam a síndrome da hipoventilação da obesidade, que está associada a mais complicações PO do que a AOS, possivelmente porque é menos frequentemente reconhecida como um problema. Pacientes com HAP apresentam altas taxas de IRPa no PO, tempo prolongado de VM e tempo prolongado de internação em UTI. A obesidade não complicada e a asma controlada não aumentam as CPP¹⁵.

A duração e o tipo de operação, assim como a técnica anestésica, influenciam na taxa de CPP, que são mais comuns após cirurgias que duram mais de três horas. Operações no tórax e no abdômen aumentam sua incidência, devido à disfunção diafragmática, à atelectasia e, conseqüentemente, à ventilação inadequada. A anestesia geral predispõe a CPP, o que pode

ser parcialmente atribuído ao bloqueio neuromuscular associado, particularmente se for revertida inadequadamente antes da extubação traqueal¹⁶.

Em CC, o uso de CEC priva as artérias pulmonares do fluxo sanguíneo, bem como o tecido pulmonar dependente do suprimento sanguíneo das artérias brônquicas. Portanto, os pulmões correm risco de isquemia relativa durante a CEC, seguidos por uma lesão de reperfusão após o desmame da CEC, o que pode causar prejuízo na função pulmonar PO¹⁷.

A redução da perfusão pulmonar durante a CEC é acompanhada por uma série de alterações metabólicas e a duração da derivação afeta não apenas a atividade metabólica, mas também a cascata fibrinolítica. Eventualmente, esses eventos levam à disfunção pulmonar com hipoxemia subsequente e, nos casos mais graves, ao desenvolvimento da SDRA. Estudos de IRPa identificaram um sinal característico de lesão pulmonar com depleção total de energia, o metabolismo lipídico ativado, o ambiente anaeróbico aumentado, a proteólise, o estresse oxidativo, a apoptose e a ruptura endotelial¹⁷.

2.3 COMPLICAÇÕES PULMONARES APÓS CIRURGIA CARDÍACA

As CPP que surgem no período de até um mês após procedimentos cirúrgicos impactam o bem-estar do paciente e são comuns, especialmente nas nações desenvolvidas. Anualmente, uma fração significativa da população, aproximadamente 10%, é submetida a intervenções cirúrgicas no coração, o que eleva as chances de ocorrência de CPP¹⁸.

CPP representam uma grande preocupação em cirurgias do coração, com taxas de incidência variando drasticamente, de 6% a 76%. A generalidade da anestesia, o tipo de incisão, o uso de CEC, o período de isquemia e a manipulação durante a cirurgia são fatores que podem levar à disfunção pulmonar e, conseqüentemente, a complicações respiratórias no período PO¹⁹.

Apesar dos progressos tecnológicos, a função pulmonar é frequentemente comprometida em pacientes que passam por CC, elevando o risco de complicações nessa área. Além do impacto da CEC, a disfunção pulmonar pode ser exacerbada pela anestesia, pelo trauma da cirurgia e por condições pré-operatórias como a idade e o hábito de fumar, resultando em, aproximadamente, 20% dos pacientes necessitando de assistência ventilatória prolongada após o procedimento²⁰.

CPP são frequentes e impactam significativamente os resultados de saúde. Especificamente após procedimentos torácicos, a probabilidade de mortalidade no primeiro mês é notável, com as CPP sendo uma causa primária. Nota-se que os custos relacionados às CPP superam substancialmente aqueles vinculados a complicações no sistema cardíaco¹².

As CPP englobam uma variedade de condições, incluindo atelectasia, pneumonia, exacerbação da DPOC, LPA, SDRA e IRPa. Destaca-se que, aproximadamente, 20% dos pacientes que desenvolvem IRPa pós-cirúrgica têm um risco elevado de mortalidade dentro de trinta dias. Portanto, a identificação precoce dos indivíduos com alto risco de desenvolver tais complicações é de extrema importância^{13,21}.

Fatores de risco para CPP incluem idade avançada, estado de saúde geral comprometido, presença de comorbidades e histórico de tabagismo. Entre as comorbidades mais prevalentes estão a ICC, DPOC e IRA. Outros fatores de risco, como obesidade, AOS e HAP, também contribuem para o aumento da susceptibilidade às CPP^{14,15}.

A duração e a natureza da intervenção cirúrgica, bem como o uso de anestesia geral, são determinantes significativos na incidência de CPP. Cirurgias prolongadas, especialmente aquelas que envolvem o tórax ou abdome, são associadas a um risco aumentado. A CEC, utilizada em intervenções cardíacas, pode impactar negativamente as artérias pulmonares e o tecido pulmonar, elevando a probabilidade de disfunção pulmonar no período PO^{16,17}.

Aproximadamente, 25% dos pacientes que não apresentam disfunção cardíaca severa e passam por CC experimentam dificuldades respiratórias por, no mínimo, uma semana após a intervenção. Essas dificuldades podem variar desde sintomas mais leves, como febre e tosse, até condições mais graves, como a SDRA, que demanda suporte de VM prolongada e está associada a uma elevada taxa de mortalidade. O uso da CEC durante a CC é conhecido por potencializar os danos pulmonares, em razão da resposta inflamatória, do isolamento do tecido pulmonar e da formação de atelectasias²².

Seguindo a CEC, observa-se frequentemente um declínio na eficácia da troca gasosa, evidenciado por uma diminuição no índice de oxigenação (PaO_2/FIO_2). Embora a relevância exata desse índice neste contexto permaneça incerta, índices de PaO_2/FIO_2 iguais ou inferiores a 300 podem sinalizar disfunções nas membranas alvéolo-capilares⁷.

Durante a CC, é desencadeada uma resposta inflamatória devido a diversos fatores, incluindo hemodiluição, excesso de fluidos, hipotermia, entre outros, podendo resultar em CPP. Com o intuito de atenuar esses efeitos, estratégias como realizar a cirurgia sem o uso da

CEC quando viável e empregar filtros para limitar o excesso de fluidos têm sido adotadas. Adicionalmente, a VM é frequentemente suspensa durante a CEC, o que pode prejudicar os pulmões. Evitar a apneia durante a CEC é crucial, pois pode contribuir para o agravamento das lesões pulmonares²³.

A aplicação de pinçamento aórtico e o uso de soluções cardioplégicas na CC também podem impactar negativamente a função pulmonar. Essas técnicas podem provocar lesões no miocárdio, o que leva à liberação de mediadores inflamatórios e radicais livres, além de disfunção cardíaca pós-CEC, exacerbando os danos aos pulmões. Portanto, a prevenção eficaz dos danos ao miocárdio e a proteção dos órgãos são fundamentais na minimização das lesões pulmonares associadas à CEC²³.

Embora possa parecer vantajoso administrar altas concentrações de oxigênio após a circulação extracorpórea (CEC), isso pode, de fato, resultar em prejuízos pulmonares. Pesquisas indicam que uma fração inspirada de oxigênio (FiO₂) de 100% pós-CEC pode aumentar significativamente os níveis de endotelina-1 e deteriorar a relação PaO₂/FIO₂. Portanto, recomenda-se evitar o uso de oxigênio a 100% após a CEC, optando-se por níveis de FiO₂ de até 80%^{24,25}.

Técnicas de ventilação antes e após a cirurgia também são cruciais a fim de evitar complicações pulmonares. A ventilação protetora, uma prática habitual durante a anestesia geral em procedimentos cardíacos, envolve o uso de baixos VT, PEEP, manobras de recrutamento e uma FiO₂ limitada a 80%. Essas estratégias mostraram ser eficazes na redução da morbidade pulmonar pós-operatória e na diminuição do tempo de hospitalização²⁶.

A lesão pulmonar relacionada à transfusão (TRALI), que pode ocorrer após a transfusão de produtos sanguíneos durante a CC, é outro risco. Manifestando-se aproximadamente seis horas após a transfusão, a TRALI é caracterizada por um aumento da permeabilidade dos capilares pulmonares. Sendo assim, adotar práticas de transfusão mais restritivas pode ser uma estratégia eficaz na prevenção desse problema. O tratamento da inflamação pós-CEC pode incluir o uso de esteroides e ultrafiltração, entre outras abordagens²⁷.

A pneumonia associada à ventilação mecânica (PAVM) representa uma complicação comum e eleva a mortalidade hospitalar após procedimentos cardíacos. Estratégias como a descontaminação oronasofaríngea com clorexidina, aspiração de secreções subglóticas e práticas apropriadas de cuidados ventilatórios demonstraram ser efetivas na redução da incidência de PAVM²⁷.

Diversas CPP pós-operatórias, incluindo hipoxemia, atelectasia, pneumonia, DP, pneumotórax, hemorragia pulmonar, TRALI, SDRA e lesões pulmonares induzidas por ventilação mecânica (LPVM), podem ocorrer após CC. A literatura médica disponibiliza uma série de evidências e estratégias destinadas a prevenir ou mitigar essas complicações no período PO²⁸.

Fatores cirúrgicos como a anestesia, esternotomia, o uso da CEC, a dissecação da artéria mamária interna e o resfriamento do miocárdio são conhecidos por predispor pacientes a CPP. Estes elementos podem instigar mecanismos complexos que afetam tanto as trocas gasosas quanto a mecânica pulmonar. A CEC, por exemplo, está associada a um aumento do gradiente alvéolo-capilar, maior permeabilidade microvascular pulmonar, resistência vascular pulmonar (RVP) elevada e aglutinação de leucócitos e plaquetas, comprometendo negativamente a função pulmonar²⁹.

A CPP surge de uma série de processos complexos, incluindo distúrbios nas trocas gasosas e na mecânica respiratória. Durante a CEC, observam-se fenômenos como o incremento do gradiente alvéolo-capilar, a elevação da permeabilidade microvascular pulmonar, a RVP aumentada e o acúmulo de leucócitos e plaquetas. Tais eventos comprometem significativamente as trocas gasosas e a função pulmonar, resultando em decréscimo da CV e da CRF⁶.

A realização de CC desencadeia uma resposta inflamatória sistêmica, que se correlaciona com as disfunções nas trocas gasosas e na mecânica respiratória. Este cenário favorece um aumento na fração de shunt pulmonar, na RVP e na aglutinação de leucócitos e plaquetas. Além disso, incisões feitas durante o procedimento afetam a dinâmica respiratória, reduzindo a eficiência do esforço respiratório e ocasionando dor PO, o que prejudica ainda mais a função pulmonar³⁰.

A CEC é um fator crítico na emergência da CPP, promovendo a ativação de processos inflamatórios e coagulatórios, alterações no equilíbrio redox devido ao contato sanguíneo com o circuito externo, além de isquemia e reperfusão. Durante esse processo, o fluxo sanguíneo para os pulmões se restringe às artérias brônquicas, gerando modificações na fisiologia pulmonar, prejuízos na relação ventilação-perfusão e redução da complacência pulmonar. Fatores como isquemia alveolar e vasoconstrição pulmonar hipóxica também são contribuintes importantes para essas mudanças³¹.

A disfunção endotelial pulmonar durante a CEC, associada ao acúmulo de neutrófilos no parênquima pulmonar durante a reperfusão, intensifica a permeabilidade tecidual pulmonar e a resistência vascular (RV), impactando negativamente o surfactante pulmonar. Isso resulta no acúmulo de proteínas alveolares, edema pulmonar e aumento na produção de citocinas, levando a distúrbios nas trocas gasosas, prejuízos na mecânica respiratória e redução da CRF e da capacidade de transferência de monóxido de carbono³¹.

A CPP, portanto, é uma complicação intrincada que segue a CC, envolvendo múltiplos mecanismos patogênicos. A resposta inflamatória sistêmica, juntamente com as alterações nas trocas gasosas e a diminuição da função pulmonar, é central na sua patogênese. Entender esses processos, assim, é vital na elaboração de estratégias preventivas e terapêuticas efetivas³¹.

Diversos fatores estão associados à CPP, incluindo anestesia geral, CEC, impactos cirúrgicos e VM. A anestesia geral influencia a função pulmonar de várias maneiras, como o deslocamento do diafragma para cima devido à posição supina prolongada, ao relaxamento da parede torácica e às alterações na complacência torácica, culminando em anormalidades na ventilação-perfusão e no aumento da fração de shunt pulmonar. Além disso, certos agentes anestésicos afetam adversamente a função pulmonar, como a inibição da vasoconstrição pulmonar por anestésicos inalatórios e a diminuição da resposta ventilatória a baixos níveis de oxigênio e dióxido de carbono por narcóticos³¹.

A anestesia geral afeta a função pulmonar de várias maneiras. A posição supina prolongada durante a cirurgia desloca o diafragma para cima, combinado com relaxamento da parede torácica e alteração na complacência torácica, resultando em uma relação ventilação-perfusão anormal e fração de shunt pulmonar elevada. Além disso, muitos agentes anestésicos têm efeitos negativos na função pulmonar, como a inibição da vasoconstrição pulmonar pelos anestésicos inalatórios e a redução da resposta ventilatória hipóxica e hipercápnica pelos narcóticos³².

A CEC contribui significativamente para a CPP ao interromper a circulação pulmonar, o que pode levar ao colapso alveolar, à retenção de secreções e atelectasia. A lesão pulmonar decorrente da CEC envolve isquemia, dano à parede capilar e liberação de mediadores inflamatórios, afetando as trocas gasosas. Procedimentos que evitam a CEC tendem a apresentar menores taxas de complicações pulmonares²³.

Fatores cirúrgicos específicos, como a esternotomia mediana e a hipotermia para proteção miocárdica, também influenciam a CPP. Ainda que os efeitos exatos da esternotomia na função pulmonar não estejam completamente elucidados, a manutenção da normotermia é sugerida para melhor preservação da função pulmonar pós-CEC³³.

A VM é destacada como uma das principais causadoras de lesão pulmonar na CPP. O emprego de altas pressões nas vias aéreas durante a ventilação pode induzir danos, incluindo trauma mecânico (barotrauma e volutrauma) e biológico (biotrauma). A atelectasia, especialmente quando vinculada a uma PEEP inadequada, é um fator crítico na inflamação pulmonar, associada a um aumento na permeabilidade microvascular, edema e resposta inflamatória³⁴.

Assim, a CPP após CC representa uma complicação decorrente de múltiplos fatores, sendo a anestesia geral, CEC, intervenções cirúrgicas e VM significativos na sua patogênese. A compreensão desses aspectos é crucial no desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e tratamento da CPP³⁴⁻⁴¹.

2.4 ESTRATÉGIAS QUE REDUZEM AS COMPLICAÇÕES PULMONARES APÓS A CIRURGIA CARDÍACA

A fim de reduzir as complicações pulmonares após procedimentos cardíacos, a adoção de estratégias de VM apropriadas é crucial. A ventilação protetora, caracterizada pelo emprego de VT reduzidos (6 ml/kg), tem se mostrado eficaz na prevenção de danos pulmonares induzidos pela ventilação, diminuindo as pressões exercidas sobre as vias aéreas. Essa abordagem tem sido reconhecida por seu papel na prevenção de atelectasias e infecções pulmonares subsequentes à CC⁴².

A ventilação protetora abrange o uso de PEEP para assegurar a permanência dos alvéolos abertos e minimizar a ocorrência de atelectasias. A MRA, como a insuflação sustentada (IS), pode ser aplicada na reabertura de alvéolos colapsados, otimizando assim as trocas gasosas. Contudo, é essencial vigiar possíveis efeitos colaterais, tais como hipotensão e barotrauma, ao realizar essas manobras⁴².

Adicionalmente, a ventilação não invasiva (VNI) tem se revelado uma técnica eficaz na prevenção da insuficiência respiratória PO em pacientes considerados de alto risco. A VNI

pode contribuir para a redução de atelectasias, a melhoria nas trocas gasosas, e a diminuição no tempo de internação em UTI e nas taxas de readmissão hospitalar^{43,44}.

Selecionar a estratégia de recrutamento alveolar mais adequada é também de suma importância. Técnicas como a IS, a manobra prolongada de recrutamento (MPR) e a estratégia máxima de recrutamento (EMR) oferecem diferentes vantagens e potenciais riscos, devendo a escolha ser baseada no perfil do paciente e nos objetivos clínicos específicos⁴⁵.

A MRA é uma prática bem estabelecida, particularmente útil na SDRA para expandir alvéolos instáveis e colapsados nos casos mais graves da doença. A IS, em particular, é uma técnica comumente empregada na otimização da oxigenação e na redução de atelectasias, embora possa estar associada a um risco aumentado de hipotensão e barotrauma⁴⁵.

Alternativas como a MPR apresentam a possibilidade de alcançar um recrutamento alveolar superior, com melhorias nas trocas gasosas e redução de danos pulmonares, quando comparadas à IS. Por outro lado, a EMR, que prioriza VT baixos e PEEP titulada, pode recrutar uma parcela significativa do tecido pulmonar, mas os níveis de PEEP empregados podem ultrapassar os limites de segurança, potencializando a resposta inflamatória⁴⁵.

A MPR, que ajusta a PEEP para um nível superior ao basal e aumenta gradualmente a pressão inspiratória positiva (PIP), é uma inovação recente no aprimoramento do recrutamento alveolar. Pesquisas experimentais indicam que a MPR pode ser mais eficaz em melhorar o recrutamento alveolar, otimizar as trocas gasosas e causar menos danos pulmonares quando comparada à IS. Contudo, ainda são necessárias mais evidências para validar seu uso em pacientes com a SDRA. Esta técnica envolve incrementos graduais da PEEP em intervalos de dois minutos, aumentando de 15 cmH₂O até um máximo de 25 cmH₂O acima de um nível base de PEEP fixado em 15 cmH₂O⁴⁵.

Outra abordagem inovadora é a EMR, que adota VT reduzidos e PEEP titulada durante a VM. Embora a EMR tenha se mostrado eficiente em recrutar uma significativa porção de tecido pulmonar, os níveis finais de PEEP podem ultrapassar os limites seguros, potencializando o risco de uma resposta inflamatória adversa. A EMR é realizada através de fases de dois minutos em ventilação controlada por pressão, com um incremento de 15 cmH₂O acima da PEEP. Durante o processo de recrutamento, a PEEP é elevada em incrementos de 5 cmH₂O, de 15 cmH₂O até 45 cmH₂O. Posteriormente, a PEEP é ajustada para 25 cmH₂O e, em seguida, diminuída gradativamente até alcançar o nível final de PEEP, com cada etapa durando cinco minutos⁴⁵.

O principal intuito dessas MRA é aperfeiçoar as trocas gasosas, evidenciado pelo aumento no $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, especialmente crucial aos pacientes com SDRA. O conceito de “baby lung”, referindo-se à porção funcionalmente ativa do pulmão que permanece aerada durante o ciclo respiratório na SDRA, pode se beneficiar substancialmente dessas estratégias. A seleção cuidadosa e o ajuste da PEEP são essenciais para manter certas áreas pulmonares recrutadas, melhorando assim as trocas gasosas⁴⁶.

No cenário do POCC, no qual as complicações pulmonares representam uma preocupação significativa devido a fatores como colapso pulmonar e aumento da RVP, a atelectasia se torna uma ocorrência comum. Isso contribui para a hipoxemia em pacientes submetidos à cirurgia com CEC. Adicionalmente, o acréscimo no volume de água extravascular pulmonar e as alterações no sistema surfactante, devido à inflamação e coagulação após contato do sangue com superfícies não endoteliais, podem exacerbar as complicações pulmonares. Assim, a aplicação de MRA apresenta-se como uma abordagem terapêutica valiosa na diminuição dessas complicações no PO, melhorando a oxigenação e reduzindo a demanda por ventilação mecânica prolongada⁴⁷⁻⁴⁹.

Complementarmente, o treinamento muscular respiratório (TMR) tem demonstrado benefícios tanto no pré quanto no POCC, fortalecendo os músculos respiratórios, aumentando a CV e melhorando a recuperação pós-cirúrgica. Estudos mostram que o TMR pode reduzir CPP pós-operatórias e encurtar o tempo de internação hospitalar⁵⁰.

O incremento no volume de água extravascular pulmonar e as modificações no sistema surfactante, provocados pela inflamação e pela coagulação após o sangue entrar em contato com superfícies artificiais, podem exacerbar as CPP. A MRA emerge como uma intervenção terapêutica-chave para atenuar essas adversidades no período PO de cirurgias cardíacas, promovendo melhor oxigenação e reduzindo a dependência da ventilação mecânica^{51,52}.

Contudo, é crucial reconhecer que a MRA não é desprovida de riscos. Pode induzir hipotensão e barotrauma, tornando sua aplicação inadequada em pacientes com hipovolemia. Adicionalmente, complicações hemodinâmicas podem surgir em resposta ao aumento de pressões nas vias aéreas e alveolares. Assim, a seleção minuciosa dos pacientes e um monitoramento cuidadoso são indispensáveis ao se considerar a MRA no contexto pós-cirúrgico cardíaco⁵³⁻⁵⁵.

Com o objetivo de mensurar a eficácia da MRA, indicadores de oxigenação como a pressão arterial de oxigênio (PaO_2), o índice de oxigenação ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) e a saturação

periférica de oxigênio (SpO₂) são rotineiramente empregados. Métodos de imagem, incluindo a tomografia computadorizada de tórax, podem oferecer insights adicionais sobre o sucesso do recrutamento alveolar⁵⁶.

As MRA representam uma ferramenta valiosa tanto para o aprimoramento das trocas gasosas quanto para a minimização de CPP em pacientes com SDRA e no seguimento PO de CC. Entretanto, é vital avaliar cuidadosamente os riscos e benefícios de cada estratégia e adaptá-la às especificidades de cada paciente. Investigações futuras devem prosseguir no aprofundamento dessas técnicas na maximização de sua eficiência e segurança, expandindo assim as possibilidades terapêuticas para a gestão das complicações pulmonares.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta tese será apresentada na forma de uma série de artigos científicos desenvolvidos ao longo do estudo, destacando cada uma das etapas e os principais resultados obtidos. A primeira etapa consiste em uma revisão sistemática abrangente, focada no impacto das MRA em pacientes imediatamente após a CC. A segunda etapa investiga, através de um ensaio clínico randomizado, os efeitos da adição da MRA a uma estratégia de ventilação protetora nos desfechos clínicos no POCC, comparando dois grupos: o grupo intervenção (GI), que recebeu a MRA junto com a ventilação protetora, e o grupo controle (GC), que recebeu apenas a ventilação protetora.

4 RESULTADOS

Apresentam-se, aos resultados deste trabalho, dois artigos, ambos tratando do objeto desta pesquisa.

4.1 ARTIGO 1

SOUZA, S. C. de; FERREIRA, G. L.; NETO, M. G.; SILVA, C. M. da S. e; CORREIA, H. F. **Efeito da manobra de recrutamento alveolar no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca: uma revisão sistemática.** Revista de Ciências Médicas e Biológicas, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 162–168, 2023. DOI: 10.9771/cmbio.v22i1.44110.

ARTIGO DE REVISÃO

ISSN 1677-5090

© 2023 Revista de Ciências Médicas e Biológicas

DOI: <https://doi.org/10.9771/revista.v22i1.44110>

Efeito da manobra de recrutamento alveolar no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca: uma revisão sistemática

Effect of the alveolar recruitment maneuver in the immediate postoperative period of cardiac surgery: a systematic review

Séres Costa de Souza^{1*}, Gabriela Lima Ferreira², Mansueto Gomes Neto³,
Cássio Magalhães da Silva e Silva⁴, Helena França Correia⁵

¹Mestre em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas da Universidade Federal da Bahia – UFBA, Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas da Universidade Federal da Bahia – UFBA; ²Doutor em Medicina e Saúde Humana da Universidade Federal da Bahia – UFBA, Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Bahia – UFBA e das Pós Graduações em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas e do Programa de Pós-Graduação em Medicina e Saúde da Universidade Federal da Bahia – UFBA;

³Doutor em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas da Universidade Federal da Bahia – UFBA, Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Bahia – UFBA; ⁴Fisioterapeuta da Universidade Federal da Bahia – UFBA e da Hospital Teresa De Liseux – Salvador, BA; ⁵Doutora em Medicina e Saúde da Universidade Federal da Bahia UFBA, Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Bahia – UFBA e do Programa de Pós Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas da Universidade Federal da Bahia – UFBA

Resumo

Introdução: as cirurgias cardíacas são as intervenções de escolha em níveis mais avançados das doenças cardiovasculares, e complicações pulmonares podem ocorrer como consequência das alterações fisiológicas causadas pela circulação extracorpórea, pela anestesia e pela incisão esternal torácica. A fisioterapia atua com o intuito de prevenir e tratar essas complicações, através da utilização de uma das técnicas de expansão pulmonar mais utilizadas na reversão de hipoxemia e atelectasias, a manobra de recrutamento alveolar, com o objetivo de abrir alvéolos colapsados e aumentar as trocas gasosas. **Objetivo:** revisar sistematicamente os efeitos da manobra, na relação PaO_2/FiO_2 , $SatO_2$, o tempo de ventilação mecânica, o tempo de internamento, a incidência de atelectasia, a pressão arterial média e a frequência cardíaca. **Metodologia:** revisão de ensaios clínicos controlados e randomizados nas bases de dados PubMed, Cochrane Library, LILACS e PEDro. Foram incluídos estudos que utilizaram a manobra como prevenção de complicações pulmonares, publicados em inglês e português. **Resultados:** foram incluídos 4 estudos, publicados entre os anos 2005 e 2017. O nível de pressão da manobra variou entre 30 cmH_2O a 40 cmH_2O . Os estudos mostraram que a manobra foi estatisticamente relevante na relação PaO_2/FiO_2 , $SatO_2$ e na redução da incidência de atelectasias, sem impacto no tempo de ventilação mecânica, no tempo de internamento, na pressão arterial média e na frequência cardíaca. **Conclusão:** a manobra de recrutamento pode ser considerada como uma técnica a ser utilizada na prevenção de alterações pulmonares, porém não é possível afirmar se os benefícios da manobra perduraram em longo prazo.

Palavras-chave: Cirurgia torácica. Respiração com Pressão Positiva. Fisioterapia.

Abstract

Introduction: Cardiac surgeries are the interventions of choice in more advanced levels of cardiovascular disease, and pulmonary complications can occur as a result of physiological changes caused by cardiopulmonary bypass, anaesthesia and the sternum thoracic incision. Physiotherapy acts with the aim of preventing and treating these complications, through the use of one of the most used lung expansion techniques in the reversal of hypoxemia and atelectasis, the alveolar recruitment maneuver, with the objective of opening collapsed alveoli and increasing gas exchanges. **Objective:** To systematically review the effects of the maneuver on the PaO_2/FiO_2 ratio, $SatO_2$, duration of mechanical ventilation, length of hospitalization, incidence of atelectasis, mean arterial pressure and heart rate. **Methodology:** Review of controlled and randomized clinical trials in PubMed, Cochrane Library, LILACS and PEDro databases. Studies that used the maneuver to prevent pulmonary complications, published in English and Portuguese, were included. **Results:** 4 studies, published between 2005 and 2017, were included. The maneuver pressure level ranged from 30 cmH_2O to 40 cmH_2O . The studies showed that the maneuver was statistically relevant in relation to PaO_2/FiO_2 , $SatO_2$ and in reducing the incidence of atelectasis, with no impact on the duration of mechanical ventilation, length of hospitalization, mean arterial pressure and heart rate. **Conclusion:** The recruitment maneuver can be considered as a technique to be used in the prevention of pulmonary alterations; however, it is not possible to state whether the benefits of the maneuver lasted in the long term.

Keywords: thoracic surgery; positive pressure breathing; physiotherapy.

Correspondente/Corresponding: *Séres Costa de Souza – End: Av. Joana Angélica, 1576. Nazaré, Salvador – BA. CEP: 40050-002. – Tel: (71) 99165-0883 – Email: seres.souza@gmail.com

INTRODUÇÃO

Atualmente, as doenças cardiovasculares (DCV) estão entre as principais causas de morte no mundo, sendo

Efeito da manobra de recrutamento alveolar no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca: uma revisão sistemática

responsáveis por 17 milhões de mortes, e aproximadamente 31% do total de óbitos no Brasil. O tratamento inicial das DCV é conservador, entretanto, em níveis mais avançados da doença, a cirurgia cardíaca é necessária^{1,2}.

Por ser um procedimento de grande porte, a cirurgia cardíaca pode causar diversas alterações fisiológicas, impactando principalmente no sistema respiratório, resultando no declínio funcional demonstrado com mudança na mecânica ventilatória, levando ao colapso dos alvéolos, à diminuição da capacidade residual funcional, causando edema pulmonar, paralisia do nervo frênico, entre outros. De caráter multifatorial, essas alterações presumivelmente são causadas pela circulação extracorpórea (CEC), pelo trauma da incisão esternal torácica, pelos efeitos colaterais do uso da anestesia e outros fatores, como o estado funcional prévio do paciente, que ocasionam, ao todo, o aparecimento de diferentes complicações pulmonares, dentre elas as mais frequentes são a atelectasia, a pneumonia, a hipoxemia e o derrame pleural^{3,4}.

O fisioterapeuta atua nesse cenário com o intuito de prevenir complicações pulmonares e tratá-las quando ocorrerem, numa tentativa de reduzir seu impacto negativo na capacidade funcional do paciente, no tempo de internamento, na readmissão hospitalar e na taxa de morbimortalidade. Técnicas reexpansivas, como a manobra de recrutamento alveolar (MRA), podem ser utilizadas para prevenir e tratar essas complicações. A MRA, em específico, pode ser realizada de diferentes maneiras, entretanto uma das mais utilizadas consiste em utilizar pressão positiva sustentada, com o intuito de

abrir os alvéolos colapsados para aumentar a superfície pulmonar disponível para a realização das trocas gasosas, assim aumentando a oxigenação arterial^{5,6}.

Apesar de seus efeitos benéficos, a pressão positiva realizada através da ventilação mecânica (VM) pode alterar a hemodinâmica cardiovascular, inicialmente causando o aumento da pressão intratorácica, que por sua vez, aumenta a pressão do átrio direito, afetando o retorno venoso e causando a flutuação da pressão arterial média (PAM), gerando dúvidas em relação à segurança da aplicação da manobra. Diante disso, ressalta-se a importância da monitorização cardíaca durante sua realização⁷.

O uso da MRA na resolução de complicações pulmonares tem sido amplamente estudado em diferentes doenças, porém existem poucos estudos que avaliam o seu uso em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca como forma de prevenir que essas complicações aconteçam, dessa forma surge a necessidade de estudar seus efeitos⁸. Assim sendo, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da MRA nas trocas gasosas e pela saturação de oxigênio (PaO₂/FiO₂, SatO₂) no tempo de VM, no tempo de internamento, na incidência de atelectasia, na PAM e na frequência cardíaca (FC).

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, observando-se os critérios estabelecidos pelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)⁹ guideline, através da estratégia de pesquisa PICOS.

Quadro 1 – Estratégia de pesquisa na biblioteca de dados PubMed.

```
(alveolar[All Fields] AND recruitment[All Fields] AND maneuvers[All Fields]) OR
(recruitment[All Fields] AND maneuvers[All Fields]) OR ("positive-pressure respiration"[MeSH
Terms] OR ("positive-pressure"[All Fields] AND "respiration"[All Fields]) OR "positive-pressure
respiration"[All Fields] OR ("positive"[All Fields] AND "pressure"[All Fields] AND
"respiration"[All Fields]) OR "positive pressure respiration"[All Fields]) AND ("thoracic
surgery"[MeSH Terms] OR ("thoracic"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "thoracic
surgery"[All Fields] OR ("cardiac"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]) OR "cardiac
surgery"[All Fields] OR "cardiac surgical procedures"[MeSH Terms] OR ("cardiac"[All Fields]
AND "surgical"[All Fields] AND "procedures"[All Fields]) OR "cardiac surgical procedures"[All
Fields] OR ("cardiac"[All Fields] AND "surgery"[All Fields]))
```

Fonte: Autoria própria

Fontes de informação e estratégia de busca

A busca de artigos, para obter o desfecho clínico da MRA no pós-operatório imediato (POI) de cirurgia cardíaca, foi realizada nas bases de dados Public Medline (PubMed), Biblioteca Cochrane, LILACS e PEDro, entre os

meses de julho a outubro de 2019. Para a obtenção dos artigos foram realizadas combinações na língua inglesa, com os operadores booleanos "AND" e "OR", dos seguintes descritores e seus correlatos: "alveolar recruitment maneuvers", "recruitment maneuvers", "positive-pressure respiration", "cardiac surgery", somente utilizando

artigos em inglês e português. A estratégia de pesquisa para as bases de dados PubMed consta no Quadro 1.

Critérios de elegibilidade

Foram selecionados ensaios clínicos, controlados e randomizados que abordaram o recrutamento alveolar como prevenção de complicações pulmonares em pacientes maiores de 18 anos, que estivessem no POI de cirurgia cardíaca.

Desfechos

O desfecho primário avaliado foi a relação PaO_2/FiO_2 . Os desfechos secundários foram: SaO_2 , tempo de VM, tempo de internamento, incidência de atelectasia, PAM e FC.

Coleta de dados

A seleção dos artigos foi realizada por dois revisores independentes. Primeiramente, os títulos e os resumos dos artigos foram examinados, posteriormente, os artigos foram analisados na íntegra, com o objetivo de verificar o cumprimento dos critérios de elegibilidade antes da inclusão dos estudos nesta revisão sistemática. Em caso de divergência na seleção dos artigos, foi considerada a participação de um terceiro revisor. Não houve restrição do ano de publicação para inclusão dos estudos.

Análise dos dados

Os dados foram analisados de forma qualitativa e apresentados em forma de tabelas, com a descrição das seguintes características: autor do estudo e ano, perfil da população estudada, método de intervenção e desfecho.

Qualidade metodológica

A qualidade dos artigos incluídos foi avaliada utilizando a escala PEDro. Essa avalia os ensaios por meio de 11 itens pré-estabelecidos. O primeiro item é um critério adicional e representa a validade externa (ou "potencial de generalização" ou "aplicabilidade" do estudo clínico), não sendo incluído no escore total da escala. Os demais itens analisam dois aspectos da qualidade do artigo: a validação interna (itens 2 a 9) e se o artigo contém in-

formações estatísticas suficientes para que os resultados possam ser interpretados (itens 10 e 11). Esses itens são qualificados em "aplicável" ou "não aplicável", gerando um escore total que varia entre 0 e 10 pontos.

De forma a buscar um rigor na qualidade metodológica dos artigos selecionados (tabela 1), os mesmos foram analisados e classificados como de "alta qualidade" quando alcançaram escore ≥ 4 pontos na escala PEDro, ou como de "baixa qualidade" quando obtiveram escore < 4 na escala referida¹¹. A pontuação da escala PEDro não foi utilizada como critério de inclusão ou de exclusão dos artigos.

Tabela 1 – Qualidade metodológica dos estudos pela Escala PEDro.

Autor e Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Miranda et al. 2005	X	X	X					X	X	X	X	6
Minkovich et al. 2007	X	X	X					X	X	X		5
Celebi et al. 2007	X	X	X					X	X	X	X	6
Longo et al. 2017	X	X	X					X	X	X	X	6

Legenda: 1) especificação dos critérios de inclusão (item não pontuado); 2) alocação aleatória; 3) sigilo na alocação; 4) similaridade dos grupos na fase inicial ou basal; 5) mascaramento das sujeitas; 6) mascaramento do terapeuta; 7) mascaramento do avaliador; 8) medição de pelo menos um desfecho primário em 85% dos sujeitos alocados; 9) análise da intenção de tratar; 10) comparação entre grupos de pelo menos um desfecho primário e 11) relato de medidas de variabilidade e estimativa dos parâmetros de pelo menos uma variável primária.

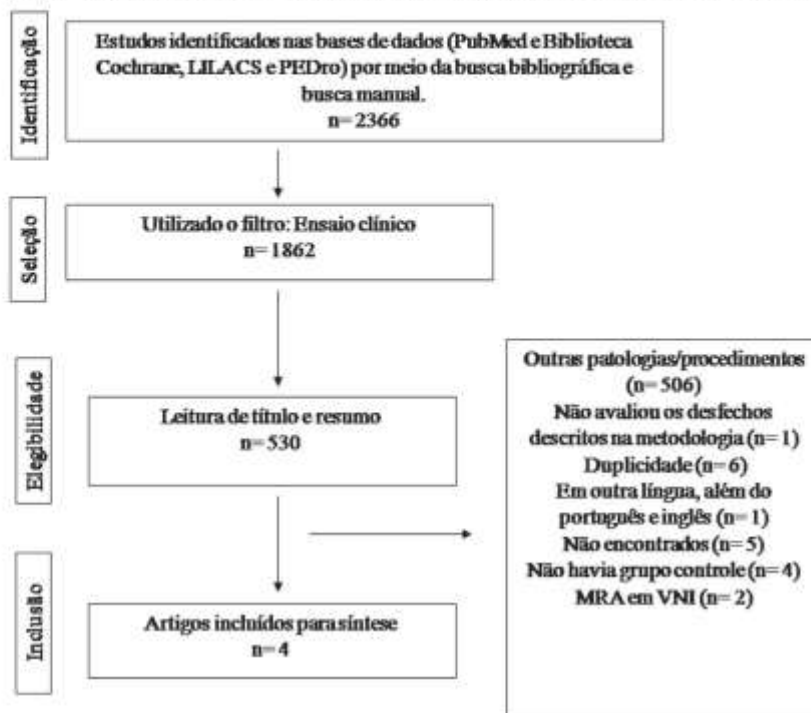
Fonte: Dados da pesquisa

RESULTADOS

Na busca realizada nas bases de dados, foram identificados 2366 artigos, reduzindo para 1862, após uso de filtro "ensaio clínico". Desses, 506 foram excluídos por se tratarem de outras doenças, 1 não avaliou os desfechos descritos na metodologia, 6 estavam em duplicidade, 1 não estava escrito em português ou inglês, 5 não estavam disponíveis para leitura na íntegra, em 4 não havia grupo controle e, em 2, a MRA era realizada em ventilação não invasiva (VNI), conforme Figura 1.

Efeito da manobra de recrutamento alveolar no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca: uma revisão sistemática

Figura 1 – Busca e seleção de estudos para inclusão na revisão sistemática de acordo com a metodologia PRISMA



Fonte: Autoria própria

Os artigos incluídos nesta revisão sistemática apresentaram ano de publicação entre 2005 e 2017 (tabela 2). O tamanho amostral dos mesmos variou entre 40 a 95 indivíduos adultos submetidos à cirurgia cardíaca, sendo randomizados entre grupos controle (GC) (ventilação con-

venicional) ou grupos de intervenção (GI) (MRA). O nível de pressão da MRA variou entre 30 cmH₂O a 40 cmH₂O. Diante disso, os resultados obtidos nos 4 estudos foram analisados em 5 grupos diferentes, de acordo com os desfechos: Relação PaO₂/FiO₂, SatO₂, tempo de VM, PAM e FC.

Tabela 2 – Características gerais dos estudos incluídos na Revisão Sistemática

Estudo	Participantes	Intervenção	Desfechos Avaliados	Resultados
Miranda et al. 2005	n:69 Idade:66 ±9 Gênero:37 H, 32 M	GC: Ventilação convencional GI: VMI em PCV e MRA de 40 cmH ₂ O por 15s, após chegada na UTI GI ₂ :VMI em PCV mantida durante cirurgia e na uti, e MRA de 40cmH ₂ O por 15s, após chegada na UTI	Tempo VM SatO ₂	<ul style="list-style-type: none"> ○ Não houve diferença no tempo de ventilação entre os grupos (GC, 11 h 28 min±3 h 01 min; GI₁: 9 h 22 min±1 hrs 13 min; GI₂: 12 h 04 min±2 h41 min). ○ O GI₁ apresentou melhores níveis de SatO₂ do que o GC (p= 0,017). ○ O GI₂ apresentou maiores valores de PaO₂/FiO₂ após separação da CEC, 3h após admissão na UTI e antes da saída da UTI(p<0,05). ○ O tempo de internação não variou entre os grupos (p=0,36). ○ O tempo de VM não foi significante entre os grupos (p=0,28).
Minkovich et al. 2007	n:95 Idade:62±11 Gênero:80 H, 15 M	GC: Ventilação convencional GI: MRA de 35cmH ₂ O por 15 s antes de sair da CEC e MRA de 30cmH ₂ O por 5 s, 30 min após chegada na UTI	PaO ₂ /FiO ₂ Tempo de internamento Tempo de VM	<ul style="list-style-type: none"> ○ Não houve diferença no tempo de ventilação entre os grupos (GC, 11 h 28 min±3 h 01 min; GI₁: 9 h 22 min±1 hrs 13 min; GI₂: 12 h 04 min±2 h41 min). ○ O GI₁ apresentou melhores níveis de SatO₂ do que o GC (p= 0,017). ○ O GI₂ apresentou maiores valores de PaO₂/FiO₂ após separação da CEC, 3h após admissão na UTI e antes da saída da UTI(p<0,05). ○ O tempo de internação não variou entre os grupos (p=0,36). ○ O tempo de VM não foi significante entre os grupos (p=0,28).

Séres Costa de Souza et al.

Estudo	Participantes	Intervenção	Desfechos Avaliados	Resultados
Celebi et al. 2007	n:60 Idade: 52±12 Gênero: 51 H, 9 M	GC: PEEP de 5cmH ₂ O GI ₁ : MRA 40cmH ₂ O, usando CPAP por 30 s, com decremento de PEEP GI ₂ : PEEP de 20 cmH ₂ O, com decremento de PEEP, pressão mantida por 2 min (ventilador ajustado com PEEP de 20cmH ₂ O + ajuste de volume corrente para atingir pico de pressão inspiratória de 40cmH ₂ O)	PaO ₂ /FiO ₂ Incidência de atelectasia FC PAM Tempo de internamento Tempo de VM	oA PaO ₂ /FiO ₂ do GI ₁ e GI ₂ foram significativamente maiores do que do GC (p<0,05 (15min, 1h, 2h e 4h após MRA)). oO escore de atelectasia encontrado no GC foi significativamente maior (1,3 ± 9) do que o encontrado GI1 (0,65 ± 0,6 p= 0,01). oFC não diferiu entre os grupos. oA PAM no GI ₁ foi significativamente menor do que no GI ₂ (p<0,01) e do que no GC (p<0,01). oO tempo de internação não variou entre os grupos. oO tempo de VM não variou entre os grupos.
Longo et al. 2017	n:40 Idade: 62 ± 16 Gênero: 22 H, 18 M	GC: Ventilação Convencional GI: MRA de 40cmH ₂ O por 10 respirações (40s)	Incidência de atelectasia FC PAM	o No pós-operatório, atelectasia foi observada em 100% dos pacientes GC, mas apenas em 10% dos pacientes do GI (p <0,001). o Os valores de FC e PAM não variam de maneira significativa durante a intervenção.

Legenda: n= Número da amostra; H = homens; M = mulheres; VM= ventilação mecânica invasiva; FCV = ventilação com pressão controlada; MRA = manobra de recrutamento alveolar; GC= Grupo Controle; GI: Grupo intervenção; UTI = unidade de terapia intensiva; CEC = circulação extracorpórea; Tempo de VM= Tempo de ventilação mecânica; SatO₂= Saturação de oxigênio; PaO₂/FiO₂= Relação entre pressão arterial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio; FC= Frequência Cardíaca; PAM= Pressão arterial média; PEEP= Pressão expiratória final positiva;

Fonte: Dados da pesquisa

Relação PaO₂/FiO₂

Dois estudos avaliaram a relação PaO₂/FiO₂ e ambos encontraram que houve aumento significativo nos valores entre os GI e GC. No estudo de Minkovich et al.¹³, o GI também apresentou maiores valores de PaO₂/FiO₂ do que o GC, após saída da CEC, 3h após admissão na UTI e antes da saída da UTI (p<0,05).

Celebi et al.¹⁴ encontraram que a PaO₂/FiO₂ do GI₁ que realizou a MRA com CPAP de 40cmH₂O, e GI₂, que realizou a MRA com PEEP de 20 cmH₂O, foram significativamente maiores do que do GC em diferentes momentos, 15 min, 1h, 2h e 4 após a MRA (p<0,05), porém, após as 4h, os valores se igualaram entre os grupos, voltando às suas medidas basais.

Saturação de oxigênio

Somente Miranda et al.¹⁵ avaliaram o desfecho saturação de oxigênio, relatando que no GI houve menos episódios hipoxêmicos após a realização da MRA do que GC (p=0,017).

Incidência de atelectasia

Em relação à incidência da atelectasia, dois estudos observaram que após a MRA houve recuperação significativa das áreas colapsadas^{14,16}.

Tempo de internamento

Nos dois artigos que analisaram o desfecho tempo de internamento, não foi observada diferença significativa entre os grupos^{13,14}.

Tempo de ventilação mecânica (VM)

Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos em três estudos que analisaram o desfecho tempo de VM^{13,15}.

Pressão arterial média (PAM)

Dois artigos analisaram a PAM, Longo et al.¹⁶ relataram que não houve variação da PAM durante o protocolo, porém Celebi et al.¹⁴ encontraram que a PAM do GI₁ foi significativamente menor do que no GI₂ (p<0,01) e do que no GC (p<0,01)

Frequência cardíaca (FC)

Celebi et al.¹⁴ e Longo et al.¹⁶ foram os estudos que apresentaram dados sobre a FC, entretanto observaram que não houve variação significativa nos valores encontrados^{13,16}.

DISCUSSÃO

No desfecho relação PaO₂/FiO₂, observou-se, em dois estudos, que os grupos que receberam MRA como intervenção apresentaram melhora significativa na relação PaO₂/FiO₂ em comparação aos GC, que somente receberam ventilação mecânica convencional. No estudo de Minkovich et al.¹³, o GI apresentou melhora importante em três momentos diferentes, após a separação da CEC, 3 horas após admissão na UTI, e notavelmente manteve essa melhora até o momento imediatamente anterior à alta da UTI. Porém, no estudo de Celebi et al.¹⁴, apesar

Efeito da manobra de recrutamento alveolar no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca: uma revisão sistemática

de a melhora na PaO_2/FIO_2 ter ocorrido 4 horas após a realização da manobra, os valores voltaram a medidas basais, indicando que a pressão positiva sustentada da MRA pode ser eficaz na reversão da hipoxemia causada pelo colapso alveolar, embora essa melhora possa não se manter a longo prazo.

Na análise realizada na revisão de Padovani e Cavenaghi¹⁷, que buscou revisar conceitos, benefícios e indicações da MRA em pacientes cardíacos, os autores relataram encontrar que a MRA melhora a relação ventilação-perfusão e a relação PaO_2/FIO_2 , consequentemente, apresentando menos episódios de hipoxemia, além de relataram a necessidade de ajustar os valores de PEEP na ventilação como manutenção da MRA, a fim de que não ocorra o desrecrutamento e para que os benefícios da manobra perdurem. A investigação de Hess¹⁸ traz que, após a realização da MRA, para que o recrutamento que foi atingido não seja perdido, um ajuste apropriado do PEEP é necessário, não somente como uma estratégia para manutenção da melhora dos índices de oxigenação, mas também como uma estratégia ventilatória protetiva, para que não haja a necessidade de novos recrutamentos.

Em relação à incidência de atelectasia nos estudos, Celebi *et al.*¹⁴ e Longo *et al.*¹⁵ encontraram que os grupos que receberam o protocolo de intervenção apresentaram menos áreas de atelectasias do que os GC, apontando que a MRA pode ter sucesso em reverter o colapso alveolar, diminuindo as chances de que essa alteração evolua para um colapso pulmonar. Somente um dos artigos encontrados analisou a saturação de oxigênio. Nesse caso, Miranda *et al.*¹³ relataram que o GI apresentou menos episódios hipoxêmicos ($p=0,017$), evidenciando que a MRA pode melhorar a efetividade das trocas gasosas.

Porém, apesar da evolução encontrada na oxigenação, indicada pela melhora na relação PaO_2/FIO_2 e na $SatO_2$, nenhum dos estudos que avaliaram o tempo de VM e o tempo de internamento encontraram diferenças significativas entre os valores dos GC e GI. Em seu estudo, Celebi *et al.*¹⁴ sugeriram que esse achado, então, possa estar ligado ao reduzido número de pacientes avaliados, entretanto esses dados foram encontrados em três dos quatro artigos analisados nesta revisão sistemática sugerindo que, apesar de a MRA melhorar os índices de oxigenação, esses achados não afetaram o tempo de VM e o tempo de internamento dos pacientes.

Nos dois estudos que avaliaram a FC, não houve variações significativas nos valores durante as intervenções, ou entre os GC e GI. Em relação à PAM, Longo *et al.*¹⁵ não encontraram variação nos valores encontrados, porém, Celebi *et al.*¹⁴ relataram que os GI apresentaram valores significativamente mais baixos de PAM ($p<0,01$) do que o GC, apesar de a MRA em ambos estudos ter sido realizada com $40\text{cmH}_2\text{O}$. Provavelmente, o aumento da pressão intratorácica, causada pela pressão positiva sustentada utilizada durante a MRA, afetou retorno venoso, ocasionando a diminuição da PAM, achado esse que pode ser apontado como um efeito adverso da MRA. Por esse motivo, existe

a necessidade de monitorização dos marcadores hemodinâmicos durante a realização da manobra, pois variações da PAM podem deixar o paciente hemodinamicamente instável, vulnerável a um possível evento cardíaco¹⁹.

A MRA tem sido estudada na literatura como intervenção de escolha de diferentes doenças que apresentem colapso alveolar e hipoxemia, como a síndrome do desconforto respiratório (SDRA), porém é escassa a quantidade de estudos que investigam seus efeitos em pacientes no POI de cirurgia cardíaca. Para compreender os efeitos da MRA nesses pacientes, os resultados dos quatro estudos foram analisados nesta revisão sistemática, sendo esta uma vantagem deste estudo.

Nesta revisão foi verificada escassez de estudos que utilizaram a MRA como prevenção de alterações pulmonares, em pacientes no POI de cirurgia cardíaca, e o baixo nível de qualidade dos artigos encontrados.

CONCLUSÃO

Nesta revisão concluímos que a MRA proporcionou aumento nas trocas gasosas em diferentes momentos e com diferentes níveis de PEEP, porém, após um período de tempo, os valores retornaram a níveis basais para ambos os grupos. Quanto ao nível de $SatO_2$, foi visto também que houve menos episódios hipoxêmicos após realização da MRA, quanto ao tempo de internamento e o tempo de ventilação mecânica não houve alterações significativas nos que foram submetidos à MRA. Por fim, os pacientes que foram submetidos ao protocolo de MRA não apresentaram alteração da PAM e nem na FC. A MRA pode ser empregada como uma técnica útil na prevenção de alterações pulmonares nos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, apresentando impacto positivo conhecido na oxigenação em curto prazo. Todavia, ainda se fazem necessários estudos que abordem o impacto clínico das variações hemodinâmicas observadas com essa técnica em pacientes no POI de cirurgia cardíaca.

FONTES DE FINANCIAMENTO

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

REFERÊNCIAS

- BRANT, L. C. C. *et al.* Variações e diferenciais da mortalidade por doença cardiovascular no Brasil e em seus estados, em 1990 e 2015: estimativas do estudo carga global de doença. *Rev. bras. epidemiol.*, São Paulo, v. 20, n. 1, p.116-128, maio 2017.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Cardiovascular disease: global atlas on cardiovascular disease prevention and control*. Geneva, Switzerland: WHO, 2012.
- RIEDI, C. *et al.* Relação do comportamento da força muscular com as complicações respiratórias na cirurgia cardíaca. *Braz j. cardiovasc. surg.*, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 500-505, 2010.
- BARROS, G. F. *et al.* Treinamento muscular respiratório na revascularização do miocárdio. *Rev. bras. cir. cardiovasc.*, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 483-490, dez.2020.

Séres Costa de Souza *et al.*

5. BIGNAMI, E. *et al.* Mechanical ventilation during cardiopulmonary bypass. *J. cardiothor. vasc. anest.*, [S.l.], v. 30, n. 6, p. 1668-1675, 2016.
6. BARBOSA, R. A. G.; CARMONA, M. J. C. Avaliação da função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. *Rev. bras. anesthesiol.*, Rio de Janeiro, v. 52, n. 6, p. 689-699, 2002.
7. GONÇALVES, L.O.; CICALLELLI, D. D. Manobra de recrutamento alveolar em anestesia: como, quando e por que utilizá-la. *Rev. bras. anesthesiol.*, Rio de Janeiro, v. 55, n. 6, p.631-638, 2005.
8. COSTA, D.C.; ROCHA, E.; RIBEIRO, T. F. Associação das manobras de recrutamento alveolar e posição prona na síndrome do desconforto respiratório agudo. *Rev. bras. ter. intensiva*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 197-203, jun. 2009.
9. PINSKY, M. R. Cardiopulmonary interactions: physiologic basis and clinical applications. *Ann. Am. Thorac. Soc.*, [S.l.], v. 15, supl.1, p. 545-58, 2018.
10. COSTA LEME, A. *et al.* Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications a randomized clinical trial. *J. am. med. assoc.*, Chicago, v. 317, n. 14, p. 1422-1432, 2017.
11. LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann intern. med.*, Philadelphia, v. 151, n. 4, p. W65-94, 2009.
12. SHIWA, S. R. *et al.* PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter mov.*, Curitiba, v. 24, n. 3, p.223-533, 2011.
13. MINKOVICH, I. *et al.* Effects of alveolar recruitment on arterial oxygenation in patients after cardiac surgery: a prospective, randomized, controlled clinical trial. *J. cardiothor. vasc. anesth.*, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 375-378, 2007.
14. CELEBI, S. *et al.* The pulmonary and hemodynamic effects of two different recruitment maneuvers after cardiac surgery. *Anesth. analg.*, Cheveland, v. 104, n. 2, p. 384-390, 2007.
15. MIRANDA, D. R. *et al.* Open lung ventilation improves functional residual capacity after extubation in cardiac surgery. *Crit. care med.*, New York, v. 33, n. 10, p. 2253-2258, 2005.
16. LONGO, S. *et al.* Lung recruitment improves right ventricular performance after cardiopulmonary bypass: A randomised controlled trial. *Eur. j. anaesthesiol.*, Oxford, v. 34, n. 2, p. 66-74, 2017.
17. PADOVANI, C.; CAVENAGHI, D. M. Recrutamento alveolar em pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, v. 26, n. 1, p.116-121, mar. 2011.
18. HESS, D. R. Recruitment maneuvers and PEEP titration. *Respir. care*, Dallas, v. 60, n.11, p. 1688-1704, Nov. 2015.
19. PINSKY, M. R. Hemodynamic evaluation and monitoring in the ICU. *Chest.*, Park Ridge, v.132, n. 6, p. 2020-2029, Dec 2007.

Submetido em: 30/03/2021
Aceito em: 09/07/2021

4.2 ARTIGO 2

SOUZA, S. C. de; GOMES NETO, M.; MAGALHAES DA SILVA E SILVA, C.; FRANÇA
CORREIA, H.

Impacto da manobra de recrutamento alveolar profilática e ventilação protetora nas complicações pulmonares pós-cirurgia cardíaca: um ensaio clínico randomizado.

4.2.1 Introdução

A CC é um procedimento complexo realizado no tratamento de condições cardíacas graves e permanece como o padrão-ouro no de DAC graves e doenças valvares. Embora avanços na técnica cirúrgica e nos cuidados perioperatórios tenham melhorado significativamente os resultados, os pacientes submetidos a essa intervenção ainda podem enfrentar complicações pós-operatórias. Entre essas, as CPP são uma preocupação frequente, podendo incluir DP, atelectasia e hipoxemia. Em casos mais graves, essas complicações podem desencadear a SDRA, uma condição de alta gravidade associada a taxas elevadas de mortalidade. No entanto, é importante ressaltar que essas complicações são tratáveis e a cirurgia cardíaca continua sendo a abordagem mais segura e eficaz para casos complexos⁵⁷⁻⁵⁹.

Além da VM protetora, a MRA tem sido estudada como uma possível intervenção complementar no POCC. A MRA consiste em aplicar uma pressão positiva sustentada nos pulmões para expandir os alvéolos colapsados, melhorando a aeração pulmonar e a troca gasosa. Essa manobra pode ser particularmente benéfica em pacientes submetidos à CC, visto que a resposta dos pulmões produzida pela CEC e pela manipulação cirúrgica pode levar à formação de atelectasias e comprometer a função pulmonar^{49,51,59-62}.

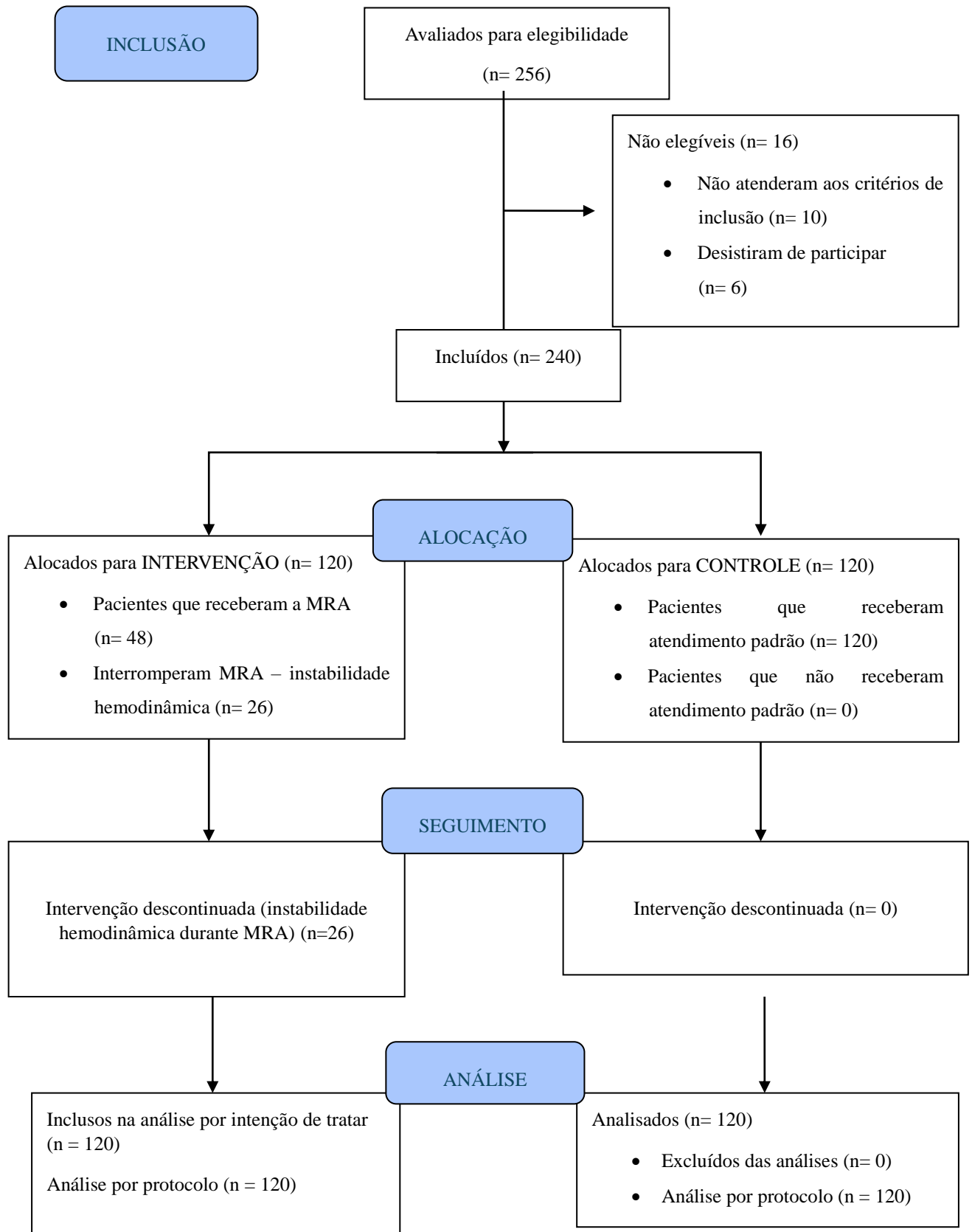
Apesar do potencial benefício da MRA em pacientes cardíacos, sua utilização ainda não é amplamente difundida no POI. Há variações nos protocolos de ventilação e nas características da MRA utilizada, bem como incertezas sobre sua segurança e eficácia nesse contexto específico⁴⁹. Uma revisão sistemática realizada anteriormente destacou a escassez de estudos robustos que combinem MRA com ventilação mecânica (VM) protetora em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca (POCC)⁶³. Essa lacuna na literatura reforça a necessidade de investigações adicionais na avaliação da eficácia dessa combinação terapêutica.

Nesse contexto, a utilização de estratégias de VM protetora tem sido recomendada na minimização das complicações pulmonares pós-operatórias, buscando reduzir o estresse mecânico nos pulmões através do uso de volumes correntes (VT) reduzidos e pressão positiva ao final da expiração (PEEP) para manter as vias aéreas abertas. Estudos prévios têm demonstrado que essa abordagem pode melhorar os desfechos pulmonares e reduzir a duração da VM em diversas cirurgias^{26,27,64-66}.

Portanto, este estudo tem como objetivo analisar o impacto da MRA profilática e ventilação protetora nas CPP e trocas gasosas no POI de CC, abordando a lacuna identificada na revisão sistemática e fornecendo evidências sobre a eficácia dessa combinação terapêutica em pacientes de CC.

4.2.2 Material e métodos

O estudo é experimental do tipo ensaio clínico randomizado, paralelo, prospectivo, monocêntrico com cegamento duplo. Foi registrado ([http://www.ensaiosclinicos.gov.br/rg/](http://www ensaiosclinicos.gov.br/rg/) com o número de registro RBR-9y6qvx e o Número Universal de Estudo UTN: U1111-1227-8525). Este estudo foi orientado pelas recomendações para ensaios clínicos randomizados da Consolidated Standards of Reporting Trials – CONSORT (Figura 1).

Figura 1- Diagrama do fluxo dos participantes do estudo conforme CONSORT

Fonte: autoria própria

O projeto recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos do Instituto de Ciências da Saúde (ICS) da Universidade Federal de Bahia (UFBA), sob o parecer número: 2.067.971, e do Hospital Ana Nery da Secretaria do Estado da Bahia (HAN/SESAB), sob o parecer número: 3.029.782. Todos os participantes foram recrutados no próprio hospital, no período pré-operatório, e os que concordaram em participar do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O presente estudo foi conduzido na Unidade Cardiovascular (UCV) do HAN, localizada na cidade de Salvador – BA, Brasil.

Foram incluídos indivíduos entre 18 e 85 anos, de ambos os sexos, submetidos à CC com uso de CEC: RM completa e incompleta troca de válvula aórtica (TVAo) e troca da válvula mitral (TVMi), admitidos sob VM e que permaneciam no ventilador durante um período aproximado de 4 a 8 horas do POI.

Os critérios de exclusão incluíam:^{67,68}

Critérios anatômicos e estruturais:

- Deformidade torácica;
- Pneumectomia prévia;
- Risco de fístula pleural: pós-operatório de ressecção pulmonar;
- Lesões bolhosas ou cavitárias;
- DPOC com evidência radiológica de presença de bolhas pulmonares enfisematosas;
- Atelectasia total unilateral (pacientes que apresentaram necessidade de broncoscopia);
- Trauma de parede torácica.

Critérios de recrutamento alveolar:

- Dificuldade ou incapacidade de deglutir e de liberar vias aéreas, sem reflexo de tosse;
- Pneumotórax não drenado;
- Hemorragia alveolar;
- Sinais de hipoxemia refratária na admissão;
- HAP;
- Tromboembolismo pulmonar.

Critérios neuromusculares e neurológicos:

- Portadores de doenças neuromusculares;

- Complicações neurológicas durante o PO;
- Agitação psicomotora.

Critérios hemodinâmicos e de estabilidade:

- Instabilidade hemodinâmica, como hipotensão;
- Arritmia associada à instabilidade hemodinâmica;
- Pressão pulmonar arterial média (PAP) > 35 mmHg no pré-operatório;
- Fração de ejeção ventricular esquerda (FEVE) < 35% no pré-operatório.

Critérios de dependência e assistência ventilatória:

- Dependência da VM;
- Uso de dispositivo de assistência ventricular.

Outros critérios clínicos:

- CC prévia;
- Asma;
- IMC > 35 Kg/m²;
- CC de emergência;
- Hemoptise;
- Sinais de hipoxemia refratária na admissão;
- Transferência da UCV do HAN.

Utilizando o software R versão 2.15.1 (Duxbury Press, Boston, Massachusetts), um pesquisador independente gerou uma lista de alocação aleatória simples para cada grupo⁶⁹. Os pacientes foram alocados em dois grupos: controle (GC) e intervenção (GI). Nenhum dos pacientes sabia a que grupo pertencia em nenhuma das etapas do estudo. As intervenções foram realizadas pelo fisioterapeuta de plantão, enquanto a lista de randomização, gerenciada por um único pesquisador, era armazenada eletronicamente e mantida confidencial. O fisioterapeuta só era informado sobre a alocação do paciente no momento da admissão na UTI, quando realizava a MRA profilática nos pacientes do GI.

Os pacientes de ambos os grupos eram conectados a um dos ventiladores mecânicos disponíveis na unidade e eram ventilados sob estratégia protetora, com um VT de 6 mL/kg de peso previsto⁷⁰.

Nos pacientes do GI, a MRA era realizada imediatamente após o ajuste dos parâmetros do ventilador, assim como a monitorização hemodinâmica e respiratória, apenas uma vez, após garantir a adequada adaptação à VM. Antes da realização da MRA, eram garantidas condições preliminares, como correção da limitação pelo componente resistivo, se necessário; sedação adequada para suprimir o esforço respiratório; e monitoramento contínuo da hemodinâmica e oxigenação antes, durante e após a intervenção.

A VM era ajustada sob o modo de ventilação controlada a pressão (PCV), a pressão de insuflação (P_i) e o PEEP ajustados para 15 e 25 cmH_2O , respectivamente, e mantidos por 1 minuto, se as condições hemodinâmicas permitissem. Essa manobra era repetida três vezes em intervalos de 2 minutos, sendo esta considerada uma MRA moderada. Após a MRA, os parâmetros ventilatórios de ambos os grupos retornavam aos valores basais, incluindo a PEEP, que voltava ao valor basal, preconizado por protocolo da UCV em 8 cmH_2O ^{9,66,71-74}.

A MRA era interrompida quando houvesse sinal de instabilidade hemodinâmica ou assincronia paciente/ventilador causada pelo despertar da anestesia durante a manobra. O médico responsável pelo paciente era cego quanto à alocação do paciente nos grupos de estudo, sendo informado apenas sobre eventos hemodinâmicos significativos. Em caso de queda abrupta da PAM, o fisioterapeuta chamava o médico plantonista, que então avaliava a necessidade de infusão de líquido ou droga vasoativa, como noradrenalina, com o intuito de corrigir a hipotensão, sem saber se a MRA estava sendo aplicada ou não^{75,76}.

Foram coletadas amostras de sangue arterial de todos os pacientes para avaliar a relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, imediatamente após a admissão na UCV, sendo a medida do índice de oxigenação o padrão-ouro de sucesso ou insucesso da MRA. As medições eram realizadas na admissão, 1 hora após a admissão e 6 horas após a admissão.

As características e os procedimentos adotados para cada grupo de teste foram os seguintes:

Grupo 1 - Controle: 120 participantes recebiam a estratégia protetora de ventilação mecânica no momento da admissão na UCV. Após a extubação, eram utilizados diversos recursos fisioterapêuticos, baseados em protocolo de mobilização do HAN: sedestração no leito, uso de cicloergômetro para membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII), deambulação com apoio bilateral ou unilateral e sedestração em poltrona.

Grupo 2 - Intervenção: 120 participantes recebiam a estratégia protetora de ventilação mecânica e uma única manobra de recrutamento alveolar profilática no momento da admissão na UCV. Após a extubação, também eram utilizados os mesmos recursos fisioterapêuticos utilizados no GC: sedestração no leito, uso de cicloergômetro para MMSS e MMII, deambulação com apoio bilateral ou unilateral e sedestração em poltrona.

Todos os pacientes dos grupos controle (GC) e grupos de intervenção (GI) foram acompanhados diariamente para a obtenção de dados, como o tempo total de VM, o tempo total de internamento na UTI e no hospital, a presença de desconforto respiratório, as ocorrências de apneia, os episódios de dessaturação, a ocorrência de CPP e a ocorrência dos óbitos. Além disso, foram registradas as ocorrências de reintubação e sua causa, a necessidade de VNI terapêutica após extubação e o tempo total de internamento na UTI e no hospital.

As intervenções realizadas nos GC e GI foram detalhadas no Quadro 2, que compara as estratégias de VM protetora e a aplicação da MRA, além dos recursos fisioterapêuticos empregados em cada grupo.

Quadro 1- Intervenções realizadas no Grupo Controle (GC) e Grupo Intervenção (GI)

Aspecto	Grupo Controle (GC)	Grupo Intervenção (GI)
Intervenção principal	Ventilação mecânica protetora	Ventilação mecânica protetora + MRA
Estratégia de ventilação	Utilização de baixos volumes correntes (VT: 6ml/kg) e PEEP: 8cmH ₂ O	Utilização de baixos volumes correntes (VT: 6ml/kg) e PEEP: 8cmH ₂ O + MRA
Aplicação da MRA	Não aplicável	Realizada uma única vez no momento da admissão na UTI
Recursos fisioterapêuticos	Sedestração no leito, uso de cicloergômetro para MMSS e MMII, deambulação com apoio bilateral ou unilateral, sedestração em poltrona	Sedestração no leito, uso de cicloergômetro para MMSS e MMII, deambulação com apoio bilateral ou unilateral, sedestração em poltrona
Cegamento	Pacientes e médicos cegos quanto à alocação nos grupos	Pacientes e médicos cegos quanto à alocação nos grupos
Interrupção da MRA	Não aplicável	Interrompida em caso de instabilidade hemodinâmica ou assincronia paciente/ventilador causada pelo despertar da anestesia durante a manobra

Legenda: GC: Grupo Controle; GI: Grupo Intervenção; VT: Volume Corrente; PEEP: Pressão Positiva ao Final da Expiração; MRA: Manobra de Recrutamento Alveolar; MMSS: Membros Superiores; MMII: Membros Inferiores; UTI: Unidade de Terapia Intensiva.

Fonte: dados da pesquisa

O desfecho clínico primário foi o impacto da MRA e da ventilação protetora na ocorrência de complicações pulmonares (CPP) dentro de 5 dias após a cirurgia cardíaca. As CPP consideradas neste estudo foram:

- **Pneumonia:** Identificada por radiografia de tórax, mostrando infiltrado alveolar persistente, progressivo ou consolidação, associado à febre (temperatura axilar acima de 37,8°C), leucopenia (<4000 leucócitos/mm³) ou leucocitose (>15000 leucócitos/mm³), mudança no aspecto da secreção traqueal (secreção purulenta), sibilância, ronos na ausculta pulmonar e piora da troca gasosa.
- **Atelectasia:** Detectada por radiografia de tórax e presença de estertores crepitantes ou sibilos.
- **DP e pneumotórax:** Detectados por radiografia de tórax.
- **Hemorragia pulmonar:** Definida por infiltrado alveolar na radiografia de tórax, queda nos níveis de hemoglobina e lavado broncoalveolar hemorrágico.
- **SDRA:** Caracterizada por infiltrado pulmonar bilateral na radiografia de tórax, compatível com edema pulmonar e hipoxemia grave (relação PaO₂/FIO₂ < 200).

Essas complicações foram acompanhadas através de exames laboratoriais, exame físico, radiografia de tórax e ultrassonografia pulmonar.

Os desfechos secundários considerados no estudo foram:

- **Infecção na ferida pós-operatória:** Evidenciada como mediastinite, com dor ou instabilidade esternal e temperatura corporal > 38°C.
- **Choque séptico:** Definido como sepse associada à hipotensão não responsiva à reposição volêmica, necessitando de uso de droga vasoativa.
- **Reoperação:** Indicada quando o paciente apresentava sangramento apesar das medidas clínicas, ou evidência de tamponamento cardíaco. Considerava-se sangramento significativo quando as perdas sanguíneas via dreno de mediastino excediam 100 a 300 ml/h após admissão na UCV.
- **Instabilidade hemodinâmica associada à intervenção:** Queda da PAM em 10% antes ou após a manobra.
- **Uso de VNI no PO:** Avaliada pelo uso ou não uso de VNI, de resgate ou não, após a extubação, relatado em ficha de coleta de dados. O uso da VNI estava associado a episódios de hipoxemia, dessaturação, troca gasosa ruim ou desconforto respiratório.

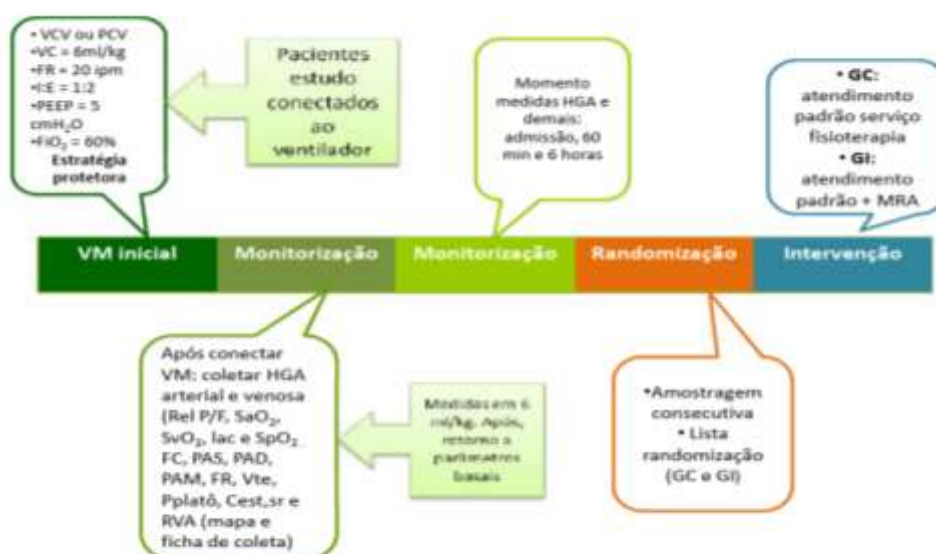
- **Taxa de reintubação:** Necessidade de reinstaurar a via aérea artificial em menos de 48 horas após a extubação.
- **Eventos adversos nas 48 horas após extubação:** Avaliados por episódios de dessaturação, apneias e desconforto respiratório, especificados na ficha de coleta de dados.
- **Mortalidade na UCV e no hospital:** Registradas as datas de óbito na UCV ou nas unidades de internamento durante o período de hospitalização.

A população por protocolo incluiu todos os pacientes que receberam intervenção sem grandes desvios de protocolo. Desvios ou complicações significativas do protocolo (instabilidade hemodinâmica, intubação prolongada, reintubação, sangramento, reoperação) e subsequente falha na obtenção de dados de desfechos primários e secundários foram documentados antes do bloqueio do banco de dados.

A população com intenção de tratar foi composta por todos os pacientes que foram incluídos no estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, porém apresentaram instabilidade hemodinâmica ou outras alterações que impediram continuidade da MRA profilática. Essa população foi analisada separadamente.

A Figura 2 apresenta toda a etapa de coleta e de intervenção no período PO.

Figura 2 - Linha do tempo para o período pós-operatório (randomização, intervenção e coleta de dados)



4.2.3 Análise dos dados

O tamanho da amostra necessário a cada grupo foi de 120 pacientes. Este cálculo foi realizado usando a calculadora online estatística WinPep⁷⁷. Assumimos uma diferença de 15% de complicações pulmonares entre os grupos, com o objetivo de obter um poder de 80% e um alfa de 5%.⁷⁸. Os dados foram tabulados e analisados via SPSS v.25. Foi utilizado o teste de χ^2 (Qui Quadrado) para avaliar as associações entre os grupos (GC e GI) com variáveis qualitativas contextuais. O teste exato de Fisher foi realizado quando 20% ou mais células apresentaram frequência menor que 5^{79,80}. Para as variáveis quantitativas, testes comparativos foram realizados, utilizando-se o teste t de Student para amostras independentes^{79,80}. Por fim, foram observadas as diferenças entre momentos de mensuração e grupos estudados, a partir de um modelo misto de Análise de Variância de Medidas Repetidas (ANOVA), com o intuito de investigar a estabilidade das trocas gasosas entre os momentos (admissão, 60 minutos e 6 horas) para o GC e GI⁸⁰.

Para os testes *post hoc* de comparações pareadas, a correção utilizada foi a de Bonferroni. Por outro lado, em caso de resultados contraditórios entre os resultados da ANOVA mista com as comparações pareadas pelo teste de Bonferroni⁸¹, utilizamos as comparações pareadas a fim de investigar comparativamente as diferenças entre os grupos. A significância estatística foi estabelecida com um alfa de 5% ($\alpha = 0,05$).

4.2.4 Resultados

Seguindo o desenho de estudo randomizado controlado, foram incluídos 240 participantes no estudo, divididos igualmente entre grupo controle e grupo intervenção (GC e GI; n=120). A média de idade dos participantes do grupo controle foi de $57 \pm 11,7$ anos, enquanto no grupo intervenção foi de $56 \pm 11,7$ anos.

A tabela 1 mostra o perfil sociodemográfico da amostra, além das características pré-operatórias e dos antecedentes clínicos.

Tabela 1- Distribuição das características demográficas, antropométricas e clínicas dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.

VARIÁVEIS	GRUPO CONTROLE n = 120	GRUPO INTERVENÇÃO n = 120	p
Características demográficas			
Idade em anos, Média (DP)	56,7 ± 11,7	56,3 ± 11,6	0,75
Sexo masculino n (%)	73 (60,8%)	61 (50,8%)	0,12
Características antropométricas, Média (DP)			
IMC	27,2 ± 4,7	25,6 ± 4,2	0,008
Comorbidades			
Tabagismo ^b	16 (13,3%)	14 (11,7%)	0,69
Ex-tabagismo ^b	17 (14,1%)	17 (14,1%)	1,00
ICC ^b	30 (25,0%)	28 (23,5%)	0,79
FEVE (%) ^a	59,2 ± 1,61	59,8 ± 1,25	0,72
HAS ^b	81 (68%)	89 (74,8%)	0,25
Diabetes mellitus ^b	31 (32,7%)	34 (28,3%)	0,66
TVP ^b	1 (0,83%)	1 (0,83%)	1,00
Etilismo ^b	14 (11,6%)	10 (8,3%)	0,39
Doenças pulmonares ^b	2 (1,6%)	4 (3,3%)	0,40
DLP ^b	25 (20,8%)	23 (19,1%)	0,74
Risco pré-operatório^c			
Euroscore II	1,49 ± 4,68	1,91 ± 1,87	0,38

IMC = Índice de Massa Corporal. ICC = Insuficiência Cardíaca Congestiva. FEVE = Fração de Ejeção do ventrículo esquerdo. HAS = hipertensão arterial sistêmica. TVP = trombose venosa profunda. DLP = Dislipidemia. Euroscore II = European System for Cardiac Operative Risk Evaluation II. ^aValores expressos em média ± DP. ^bValores expressos em n%. ^cValores expressos em mediana (intervalo interquartil).

Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 2 apresenta a distribuição das características pós-operatórias para ambos os grupos.

Tabela 2 - Distribuição das características do período pós-operatório de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.

VARIÁVEIS	GRUPO CONTROLE	GRUPO INTERVENÇÃO	p
	n = 120	n = 120	
TIPO DE CIRURGIA^b			
RM	68 (56,6%)	62 (51,6%)	0,70
TV	33 (27,5%)	44 (36,6%)	
RM + TV	6 (5,0%)	5 (4,1%)	
Plastia valvar	3 (2,5%)	2 (1,6%)	
TVMi + fech. AAE	5 (4,1%)	5 (4,1%)	
Dupla TV	4 (3,3%)	2 (1,6%)	
TVAo	1 (0,8%)	0 (0,0%)	
CEC^a			
Tempo de CEC (min)	68,4 ± 28,9	72,8 ± 31,5	0,26
Complicações sistêmicas^b			
Sepse	9 (7,5%)	8 (6,7%)	0,80
Sangramento	8 (6,7%)	5 (4,2%)	0,39
Arritmias	14 (11,7%)	7 (5,8%)	0,11
HAP	1 (0,8%)	1 (0,8%)	1,00
IRA	3 (2,5%)	4 (3,3%)	0,70

RM = revascularização do miocárdio. TV = troca de válvula. CEC = circulação extracorpórea. MIN = minutos. IRA = insuficiência renal aguda. ^aValores expressos em média ± DP. ^bValores expressos em n%. Fonte: Dados da pesquisa

Na análise das características ventilatórias dos pacientes do estudo no PO, quanto ao modo ventilatório utilizado em ambos os grupos, os pacientes, em sua maioria, foram admitidos e ventilados em modo assisto-controlado a pressão ou PCV, ou em modo assisto-controlado a volume ou VCV. Alguns pacientes, em ambos os grupos, foram ventilados inicialmente no modo pressão de suporte (PSV), mesmo em uso de sedativo, utilizado de

forma geral para todos os pacientes de ambos os grupos na admissão. Estes pacientes não se acomodaram suficientemente à VM, sendo necessário o uso do modo PSV. Na Tabela 3, observam-se modos ventilatórios da admissão e valores da complacência estática semelhantes entre os grupos de controle e intervenção.

Tabela 3 - Características ventilatórias e da mecânica respiratória do período pós-operatório de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022

VARIÁVEIS	GRUPO CONTROLE	GRUPO INTERVENÇÃO	p
	n = 120	n = 120	
MODO VENTILATÓRIO^b			
VCV	19 (15,8%)	15 (12,5%)	0,36
PCV	96 (80%)	103 (85,8%)	
PSV	5 (4,1%)	2 (1,6%)	
MEC. RESPIRATÓRIA^a			
Cest, sr (ml/cmH ₂ O)	41,66 ± 33,80	37,80 ± 13,24	0,26

VCV = ventilação controlada a volume. PCV = ventilação controlada a pressão. PSV = ventilação com pressão de suporte. Cest, Sr = complacência estática do sistema respiratório. ^aValores expressos em média ± DP. ^bValores expressos em n%. Fonte: Dados da pesquisa

A sedação empregada em todos os participantes do estudo foi baseada na administração de Ketamina, enquanto a via de acesso cirúrgico adotada foi a esternotomia. Em situações de alterações hemodinâmicas que requeriam ajuste da pressão arterial, os pacientes receberam noradrenalina quando apresentavam hipotensão não responsiva ao volume, e nitroprussiato (nipride) quando enfrentavam hipertensão arterial de difícil controle. A extubação foi programada para todos os pacientes, exceto àqueles que vieram a óbito nas primeiras horas do período pós-operatório ou dentro de um período de até 5 dias após a cirurgia.

Na presente análise, realizada com base na intenção de tratar dos 240 pacientes incluídos em nosso estudo, o objetivo era investigar a possível associação entre complicações pulmonares e a aplicação da MRA no POCC. No entanto, ao considerar a totalidade dos

participantes que compuseram o banco de dados, não foram identificadas associações significativas entre complicações pulmonares e a alocação nos grupos controle e intervenção.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que não houve diferenças estatisticamente significativas na incidência das principais complicações pulmonares entre os grupos controle e intervenção. Especificamente, as complicações pulmonares ocorreram em 25 pacientes do GC (20,8%; IC 95%: 13,6% - 28,0%) e em 21 pacientes do GI (17,5%; IC 95%: 10,8% - 24,2%).

Tabela 4 - Análise por intenção de tratar: incidência de complicações pulmonares pós-operatórias de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.

Complicações pulmonares	Grupo controle n = 120	Grupo intervenção n = 120	p
Complicação pulmonar	25 (20,8%)	21 (17,5%)	0,51
Pneumonia	4 (3,3%)	10 (8,3%)	0,16
Atelectasia	7 (5,8%)	6 (5,0%)	0,77
DP	13 (10,83%)	9 (7,5%)	0,37
Pneumotórax	2 (1,67%)	1 (0,83%)	1,00
EAP	3 (2,5%)	1 (0,83%)	0,62

EAP = edema agudo de pulmão. Valores expressos em n%.

Fonte: Dados da pesquisa

Mediante uma análise por protocolo, excluindo pacientes com interrupção da MRA, foi investigada a associação entre complicações pulmonares e a alocação nos GC e GI. Os resultados, apresentados na Tabela 5, também não demonstraram diferenças significativas com CPP quando consideramos apenas pacientes que completaram o protocolo.

Em relação à CPP em geral, não houve diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,18$), com uma incidência de 25 (20,8%; IC 95%: 13,6% - 28,0%) no GC e 13 (13,8%; IC 95%: 7,1% - 20,5%) no GI. Com relação a complicações específicas, como pneumonia, atelectasia e DPOC, não foram identificadas associações significativas entre os grupos.

A análise não pôde ser realizada para EAP devido à sua ausência em ambos os grupos após a exclusão dos pacientes que interromperam a manobra. A análise por protocolo não revelou associações significativas entre a alocação nos grupos e as complicações pulmonares específicas.

Tabela 5 - Análise por protocolo: incidência de complicações pulmonares pós-operatórias de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.

Complicações pulmonares	Grupo controle	Grupo intervenção	p
	n = 120	n = 94	
Complicação pulmonar	25 (20,8%)	13 (13,8%)	0,18
Pneumonia	4 (3,3%)	6 (6,3%)	0,34
Atelectasia	7 (5,8%)	4 (4,2%)	0,75
Derrame pleural	13 (10,8%)	4 (4,2%)	0,12
Pneumotórax	2 (1,6%)	1 (1,0%)	1,00
EAP	0 (0,0%)	0 (0,0%)	N/A

EAP = edema agudo de pulmão. Valores expressos em n%.

Fonte: Dados da pesquisa

Também foi realizada uma análise por intenção de tratar para avaliar desfechos secundários relacionados à VNI e outros parâmetros, como aparece na Tabela 6. Não foram encontradas diferenças significativas entre os GC e GI em relação à reintubação ($p = 1,00$) e uso de VNI ($p = 0,18$). Além disso, não houve diferenças significativas nos tempos de VM, internamento na UTI e internamento hospitalar entre os grupos. Especificamente, o tempo total de ventilação mecânica foi de 8,05 horas no GC (IC 95%: 6,79 - 9,31) e 8,07 horas no GI (IC 95%: 6,45 - 9,69). O tempo total de internamento na UTI foi de 4,00 dias no GC (IC 95%: 3,07 - 4,93) e 3,28 dias no GI (IC 95%: 2,93 - 3,63). O tempo total de internamento hospitalar foi de 10,9 dias no GC (IC 95%: 9,13 - 12,67) e 11,1 dias no GI (IC 95%: 7,91 - 14,29). Os diagnósticos foram realizados por médicos especialistas, com base em uma combinação de exames clínicos, laboratoriais e de imagem.

Tabela 6 - Análise por intenção de tratar: desfechos secundários de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.

Variáveis	Grupo controle	Grupo intervenção	p
	n = 120	n = 120	
Tempo total de VM, horas ^a	8,05 ± 7,06	8,07 ± 9,04	0,56
Tempo total de internamento UTI, dias ^a	4,00 ± 5,20	3,28 ± 1,95	0,15
Tempo total de inter. hospitalar, dias ^a	10,9 ± 9,87	11,1 ± 17,8	0,91
Uso de VNI ^b	11 (7,5%)	5 (4,2%)	0,18
Reintubação ^b	2 (1,6%)	4 (3,3%)	1,00
Óbito ^b	3 (2,5%)	4 (3,3%)	0,56

VM = ventilação mecânica. UTI = unidade de terapia intensiva. VNI = ventilação não invasiva.

^aValores expressos em média (DP); ^bValores expressos em n%.

Fonte: Dados da pesquisa

Na análise por protocolo (Tabela 7), não encontramos diferenças significativas entre os grupos para reintubação ($p = 0,65$), falha na ventilação não invasiva ($p = 0,05$) e uso de VNI ($p = 0,30$). Além disso, não houve diferenças significativas nos tempos de internamento na UTI, internamento hospitalar e VM. Especificamente, o tempo total de VM foi de 8,05 horas no GC (IC 95%: 6,79 - 9,31) e 8,53 horas no GI (IC 95%: 6,95 - 10,12). O tempo total de internamento na UTI foi de 4,00 dias no GC (IC 95%: 3,07 - 4,93) e 3,21 dias no GI (IC 95%: 2,70 - 3,72). O tempo total de internamento hospitalar foi de 10,97 dias no GC (IC 95%: 9,13 - 12,81) e 9,04 dias no GI (IC 95%: 7,62 - 10,46).

Tabela 7 - Análise por protocolo: desfechos secundários de ambos os grupos (controle e intervenção) dos pacientes recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.

	Grupo controle	Grupo intervenção	p
	n =120	n = 94	
Tempo total de VM, horas ^a	8,05±7,06	8,53±10,02	0,69
Tempo total de internamento UTI ^a	4,00 ± 5,20	3,21 ± 2,03	0,16
Tempo total de internamento hospitalar ^a	10,97 ± 9,87	9,04 ± 5,98	0,10
Uso de VNI ^b	11 (7,5%)	5 (5,3%)	0,30
Reintubação ^b	2 (1,6%)	3 (3,2%)	0,65
Óbito ^b	3 (2,5%)	4 (4,3%)	0,40

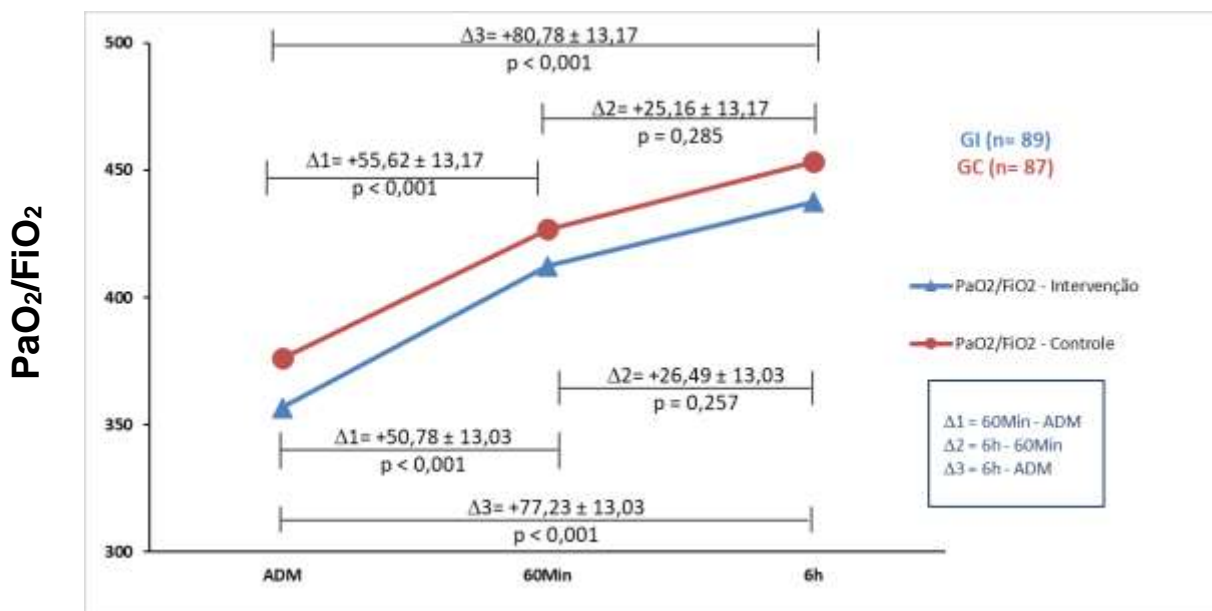
VM = ventilação mecânica. UTI = unidade de terapia intensiva. VNI = ventilação não invasiva.

^aValores expressos em média (DP); ^bValores expressos em n%.

Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 3, são apresentadas as evoluções das trocas gasosas (Rel PaO₂/FiO₂) ao longo do tempo, desde a admissão até 6 horas.

Figura 3 - Comportamento das trocas gasosas no pós-operatório intragrupo dos pacientes dos grupos controle e intervenção, recrutados no período de fevereiro de 2019 a junho de 2022, em hospital especializado em cirurgia cardíaca da rede pública de Salvador – BA, Brasil 2022.



ADM = admissão. 60Min = 60 minutos. 6h = 6 horas.

Legenda: PaO₂/FiO₂ = índice de oxigenação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em ambos os grupos, houve um aumento das trocas gasosas com 60 minutos em relação à admissão (GC: $55,6 \pm 13,17$, $p < 0,001$ vs GI: $50,7 \pm 13,03$, $p < 0,001$), porém não houve aumento de 60 minutos a 6 horas, e mantendo uma diferença significativa após 6 horas em relação à admissão (GC: $80,7 \pm 13,17$, $p < 0,001$ vs GI: $77,2 \pm 13,03$, $p < 0,001$). No entanto, na análise intergrupos, para os três momentos, não foi observada diferença significativa no comportamento das trocas gasosas ($p = 0,215$). A complacência estática foi de $41,661 \pm 33,801$ (IC 95%: 36,3 a 47,0) no GC e $37,809 \pm 13,247$ (IC 95%: 34,9 a 40,7) no GI, com uma diferença não significativa entre os grupos ($p = 0,261$). Para a variável de trocas gasosas, foram analisados 87 pacientes do GC e 89 pacientes do GI. Esta perda na análise se deu por limitações técnicas.

Por fim, dos 26 (21,7%) pacientes que interromperam a MRA no GI, foram analisados os motivos que levaram à interrupção, sendo eles: 24 (92,3%) por piora na hemodinâmica e 2 (7,7%) por outros motivos. Quanto às características desses pacientes, houve um predomínio do sexo feminino: 14 (53,8%), a idade dos participantes variou de 31 a 72 anos, com uma média de $54,23 \pm 12,08$. O tipo de cirurgia mais comum foi a cirurgia de revascularização

miocárdica (RM) (50%), seguida por troca valvar (TV) (30,8%), RM combinada com TV (7,7%), plastia valvar (3,8%), e troca de valva mitral (TVMI) associada ao fechamento do apêndice atrial esquerdo (AAE) (7,7%).

4.2.5 Discussão

Os resultados do presente estudo não demonstraram benefícios significativos da MRA profilática em pacientes submetidos à CC. Estudos anteriores indicam que a MRA pode melhorar a aeração e ventilação, sugerindo uma plausibilidade biológica para melhores desfechos ou prevenção de CPP⁸². No entanto, nossa investigação está alinhada com estudos recentes que questionam a eficácia generalizada da MRA em prevenir CPP no PO⁸³⁻⁸⁵. Por exemplo, Leme et al.⁹ (2017) encontraram que a MRA pode não oferecer benefícios adicionais sem a presença de marcadores específicos. Dessa forma, existe a possibilidade de revisão das práticas clínicas do uso rotineiro da MRA profilática neste contexto específico⁸⁶.

Embora existam dados que sugiram que a MRA seja eficaz em vários cenários clínicos, nossa análise reforça que, sem marcadores específicos, a MRA profilática, administrada na admissão na UTI de POI de CC, não se mostrou eficaz. Este resultado é corroborado por Santos et al., que destacam a importância de contextos e indicações específicas para a aplicação da MRA⁸⁷.

De acordo com os desfechos clínicos avaliados, essa investigação não observou uma redução significativa nas complicações pulmonares, sugerindo que a MRA profilática não confere um benefício claro. Estudos anteriores, mostraram benefícios da MRA em contextos específicos, como a aplicação de pressões mais altas e por períodos mais longos em pacientes mais graves. A ausência de melhora na oxigenação em nosso estudo foi um achado inesperado, uma vez que, em geral, a MRA tende a otimizar a oxigenação. Este resultado pode estar relacionado ao perfil dos pacientes incluídos e à natureza profilática da MRA⁸⁸.

A análise dos desfechos secundários, como tempo de VM e duração da internação, também não revelou progresso com a aplicação profilática da MRA. Este achado apoia a ideia de que a MRA não deve ser utilizada indiscriminadamente em todos os pacientes de POCC, mas sim reservada para situações clínicas específicas nas quais os benefícios superem os potenciais riscos⁸⁹.

Interessante notar que o GC, que recebeu VM protetora, manteve boas trocas gasosas, indicando que essa abordagem pode ser suficiente para resguardar a aeração pulmonar em

pacientes no POCC. Este achado reforça a ideia de que a VM protetora por si só é capaz de proporcionar os cuidados necessários sem os riscos adicionais associados à MRA. Além disto, como reforça Kirov, Kuzkov⁸⁹ (2020) o suporte respiratório com baixos volumes correntes e as pressões são o padrão-ouro na prevenção das lesões induzidas por volume e as CPP, tanto no perioperatório quanto em pacientes internados em UTI⁸⁹.

A necessidade de interrupção da MRA devido à instabilidade hemodinâmica destaca a importância de uma avaliação clínica minuciosa antes de sua implementação. Em nosso estudo, a instabilidade hemodinâmica foi uma causa frequente de interrupções, em cerca de 21% dos pacientes do GC, sublinhando a necessidade de identificar pacientes recrutáveis que são mais propensos a responder positivamente à MRA, minimizando riscos⁹⁰. É importante mencionar que, apesar de o IMC ter sido diferente na linha de base entre os grupos, isso não impactou os resultados do estudo.

O diferencial deste estudo em relação aos anteriores reside nos critérios de inclusão dos pacientes, que não envolviam a presença de marcadores específicos. Este enfoque permitiu uma análise mais detalhada e contextualizada das condições clínicas que influenciam a eficácia da MRA, o que pode contribuir para uma compreensão mais aprofundada de quando esta técnica pode ou não ser benéfica.

Com base nos resultados observados e na revisão da literatura, não recomendamos o uso da MRA profilática em pacientes no contexto de CC. Além disso, é importante considerar os efeitos adversos da PEEP em pacientes com cardiopatias, visto que este estudo também identificou alterações hemodinâmicas associadas ao uso da MRA. Essas observações apontam para a necessidade de uma seleção criteriosa dos pacientes e de uma avaliação clínica rigorosa antes de optar por intervenções como a MRA em pacientes de CC. Ao menos para o objetivo de melhorar as trocas gasosas no período imediato POCC, a MRA profilática pode não ser necessária ou benéfica.

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. A pesquisa foi realizada em um único centro, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras populações e contextos clínicos. No entanto, é importante notar que o centro onde a pesquisa foi conduzida é um hospital de referência em cirurgia cardíaca no estado da Bahia, e as características dos pacientes são semelhantes às de pacientes de outros centros em POCC, o que pode mitigar essa limitação. Além disso, não foram utilizados marcadores específicos na identificação dos pacientes que poderiam se beneficiar mais da MRA, o que pode ter influenciado a eficácia percebida da intervenção. Entretanto, a

abordagem adotada permite uma aplicação mais ampla dos resultados, proporcionando insights relevantes a um público mais amplo de pacientes.

4.2.6 Conclusão

A MRA profilática no POI de CC não reduziu a incidência de CPP e não se mostrou eficaz na melhora das trocas gasosas, na redução do tempo de VM, na ocorrência de reintubação, na redução do tempo de internação na UTI e no tempo de internação hospitalar.

Além disso, níveis elevados de PEEP devem ser utilizados com cautela em pacientes com perfil de risco no PO, conforme delimitado neste estudo, pois podem desencadear instabilidade hemodinâmica.

Estudos futuros devem abordar a associação da mobilização precoce, estratégias de ventilação protetora e outras manobras de reexpansão pulmonar aos pacientes no POCC. Além disso, é importante explorar subgrupos de pacientes que possam se beneficiar mais especificamente da MRA. A inclusão de marcadores específicos e uma estratificação de risco adequada serão essenciais para aprimorar a avaliação da eficácia da MRA profilática em diferentes contextos clínicos. Também é recomendável que estudos futuros analisem o uso do TMR em pacientes de CC, visando impactos mais positivos no PO.

5 DISCUSSÃO GERAL

Os achados dos artigos analisados nesta tese oferecem uma visão contrastante sobre a eficácia das MRA no POCC. O primeiro artigo, uma revisão sistemática, identifica um benefício temporário na oxigenação com a aplicação da MRA, mas sem efeitos duradouros ou significativos na duração da VM e no tempo de internação. Por outro lado, o segundo artigo sugere que a MRA profilática não oferece vantagens na prevenção de CPP no POCC, quando comparada às estratégias de ventilação protetora e outros recursos fisioterapêuticos.

Esses resultados salientam a complexidade do manejo PO em pacientes cardíacos, destacando a necessidade de uma abordagem mais personalizada baseada em características individuais e riscos específicos. Especificamente, a presença ou o risco de atelectasias recrutáveis é crucial para a eficácia da MRA, pois a manobra visa precisamente recrutar alvéolos colapsados.

Estudos anteriores, como o realizado por Leme et al.⁹ (2017) mostraram benefícios da MRA em pacientes com atelectasias recrutáveis. No entanto, nosso estudo não demonstrou vantagens significativas em um cenário profilático amplo. A análise dos desfechos clínicos e secundários, como tempo de VM e duração da internação, também não revelou melhorias com a aplicação profilática da MRA. Este achado apoia a ideia de que a MRA não deve ser utilizada indiscriminadamente em todos os pacientes de POCC, mas sim reservada às situações clínicas específicas nas quais os benefícios superem os potenciais riscos⁹.

Além disso, o estudo recente de Aquino et al. sobre o TMR no POI de CC revela uma nova perspectiva. Essa meta-análise demonstrou que tanto o treinamento muscular inspiratório (TMI) quanto o treinamento muscular expiratório (TME) são eficazes em potencializar a força muscular respiratória durante o período POI de CC. Especificamente, o TMI mostrou melhorias significativas na pressão inspiratória máxima (P_{imáx}) e no VT, embora não tenha mostrado efeitos significativos no pico de fluxo expiratório, na capacidade funcional e no tempo de internação hospitalar. Estes resultados sugerem que o TMR pode ser uma alternativa promissora no aprimoramento dos desfechos respiratórios em pacientes no POCC⁹¹.

Interessante notar que o grupo controle, que recebeu VM protetora, manteve boas trocas gasosas, indicando que essa abordagem pode ser suficiente para resguardar a aeração pulmonar em pacientes de POCC. Este achado reforça a ideia de que a VM protetora, por si

só, é capaz de proporcionar os cuidados necessários sem os riscos adicionais associados à MRA. Além disso, como reforça Kirov, Kuzkov⁸⁹ (2020) o suporte respiratório com baixos VT e pressões é o padrão-ouro na prevenção das lesões induzidas por volume e CPP, tanto no perioperatório quanto em pacientes internados em UTI⁸⁹.

A necessidade de interrupção da MRA devido à instabilidade hemodinâmica destaca a importância de uma avaliação clínica minuciosa antes de sua implementação. Este resultado sublinha a necessidade de critérios clínicos rigorosos na determinação de quais pacientes podem se beneficiar da MRA, evitando riscos desnecessários e otimizando os recursos terapêuticos. Um estudo conduzido por Keleher et al.⁹⁰ (2023) ilustra a relevância de tais avaliações, demonstrando que, enquanto alguns pacientes no POCC apresentaram melhora na oxigenação e no fluxo sanguíneo pulmonar com a aplicação de MRA, outros não obtiveram benefícios significativos, ressaltando a variabilidade na resposta hemodinâmica. Portanto, enfatiza a necessidade de identificar os pacientes que são mais propensos a responder positivamente ao procedimento, minimizando assim o risco de complicações⁹⁰.

Com base nos resultados observados e na revisão da literatura, não recomendamos o uso da MRA profilática em pacientes no contexto de CC. Além disso, é importante considerar os efeitos adversos da PEEP em pacientes com cardiopatias, visto que este estudo também identificou alterações hemodinâmicas associadas ao uso da MRA. Essas observações apontam para a necessidade de uma seleção criteriosa dos pacientes e de uma avaliação clínica rigorosa antes de optar por intervenções como a MRA em pacientes de CC. Ao menos para o objetivo de melhorar as trocas gasosas no POI de CC, a MRA profilática pode não ser necessária ou benéfica.

Investigar a combinação de MRA com outras técnicas de fisioterapia e estratégias de ventilação tem o potencial de otimizar a recuperação pulmonar e reduzir complicações. Explorar intervenções menos agressivas, como o treinamento muscular respiratório (TMR) no pré e pós-operatório de cirurgia cardíaca, oferece alternativas viáveis para melhorar os desfechos sem os riscos associados à MRA.

Os resultados aparentemente negativos são essenciais na validação da eficácia das intervenções clínicas. Eles ajudam a evitar o uso indiscriminado de técnicas que não oferecem benefícios claros, otimizando assim os recursos de saúde e focando em intervenções que trazem resultados positivos comprovados. Eles reforçam a importância de práticas baseadas em evidências na área da saúde. Ao demonstrar que a MRA profilática não altera significativamente os desfechos clínicos importantes, como tempo de VM, reintubação ou

duração da internação, estes resultados orientam os clínicos a reconsiderarem ou modificarem protocolos baseados em suposições não comprovadas.

Estes resultados podem servir como um estímulo ao desenvolvimento de novas pesquisas. Eles destacam a necessidade de explorar outras estratégias que possam ser mais eficazes, levando à inovação e melhoria contínua dos cuidados ao paciente. Ao identificar práticas que não produzem benefícios significativos, os sistemas de saúde podem melhor alocar seus recursos para tratamentos e técnicas com eficácia comprovada, aprimorando a eficiência geral do cuidado ao paciente. Informações sobre o que não funciona são tão valiosas quanto as que mostram o que funciona. Assim, esses resultados são fundamentais à educação e formação de profissionais de saúde, ajudando a moldar um currículo que enfatize a importância de questionar e testar cientificamente as práticas clínicas.

6 CONCLUSÃO GERAL

Esta tese explorou a eficácia da MRA no contexto do POCC, integrando os resultados de dois artigos com perspectivas distintas. A revisão sistemática inicial sugeriu uma melhoria temporária na oxigenação com a aplicação da MRA, mas sem impactos significativos na duração da VM ou no tempo de internação. Em contraste, o segundo estudo indicou que a MRA profilática não oferece benefícios claros em comparação com estratégias de ventilação protetora e recursos de fisioterapia.

Os resultados desta investigação destacam a complexidade do manejo de pacientes no POCC e a necessidade de uma abordagem mais personalizada. Embora a MRA possa ter um papel na melhoria da oxigenação em curto prazo, nosso estudo mostrou que esse efeito não foi significativamente maior do que a observada no grupo controle, que recebeu ventilação protetora. Isso indica que a MRA profilática, sem a presença de marcadores específicos de recrutabilidade, pode não conferir vantagens adicionais em relação aos recursos fisioterapêuticos. Logo, a inclusão desses recursos nos protocolos de manejo deve ser feita com cautela, acompanhada de monitoramento rigoroso e avaliação contínua da eficácia.

Em conclusão, esta tese contribui para a literatura existente ao reforçar a necessidade de uma abordagem cautelosa na aplicação de MRA no POCC, garantindo que as práticas de saúde sejam baseadas em evidências sólidas e centradas no paciente.

REFERÊNCIAS

1. Burroughs Peña MS, Rollins A. Environmental Exposures and Cardiovascular Disease: A Challenge for Health and Development in Low- and Middle-Income Countries. *Cardiol Clin.* 2017;35(1):71-86. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccl.2016.09.001>
2. Janczura M, Bochenek G, Nowobilski R, Dropinski J, Kotula-Horowitz K, Laskowicz B, et al. The relationship of metabolic syndrome with stress, coronary heart disease and pulmonary function - An occupational cohort-based study. *PLoS One.* 2015;10(8):1-21. doi: 10.1371/journal.pone.0133750
3. Galdino BF, Peixoto DC, Alves AC, Nascimento BR, Brant LCC. Successes and challenges in the management of cardiovascular disease in Brazil: Living longer and better. *Arq Bras Cardiol.* 2021 Aug;117(2):341-2. doi: 10.36660/abc.20210589
4. Fischer MO, Brotons F, Briant AR, Suehiro K, Gozdzik W, Sponholz C, et al. Postoperative Pulmonary Complications After Cardiac Surgery: The VENICE International Cohort Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2022 Aug 1;36(8):2344-51.
5. Li XF, Jiang RJ, Mao WJ, Yu H, Xin J, Yu H. The effect of driving pressure-guided versus conventional mechanical ventilation strategy on pulmonary complications following on-pump cardiac surgery: a randomized clinical trial. *J Clin Anesth.* 2023 Oct;89:111150. doi: 10.1016/j.jclinane.2023.111150
6. Badenes R, Lozano A, Belda FJ. Postoperative pulmonary dysfunction and mechanical ventilation in cardiac surgery. *Crit Care Res Pract.* 2015;2015(May):12-4.
7. Bignami E, Di Lullo A, Saglietti F, Guarnieri M, Pota V, Scolletta S, et al. Routine practice in mechanical ventilation in cardiac surgery in Italy. *J Thorac Dis.* 2019;11(4):1571-9. doi: 10.21037/jtd.2019.03.04
8. Mathis MR, Duggal NM, Likosky DS, Haft JW, Douville NJ, Vaughn MT, et al. Intraoperative mechanical ventilation and postoperative pulmonary complications after cardiac surgery. *Anesthesiology.* 2019 Nov 1;131(5):1046-62.
9. Leme AC, Hajjar LA, Volpe MS, Fukushima JT, De Santis Santiago RR, Osawa EA, et al. Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications a randomized clinical trial. *JAMA.* 2017;317(14):1422-32. doi: 10.1001/jama.2017.2297
10. Briceno N, Schuster A, Lumley M, Perera D. Ischaemic cardiomyopathy: Pathophysiology, assessment and the role of revascularisation. *Heart.* 2016;102(5):397-406. doi: 10.1136/heartjnl-2015-308037
11. Doenst T, Kirov H, Moschovas A, Gonzalez-Lopez D, Safarov R, Diab M, et al. Cardiac surgery 2017 reviewed. *Clin Res Cardiol.* 2018;107(12):1087-102. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00392-018-1280-9>
12. Coleman SR, Chen M, Patel S, Yan H, Kaye AD, Zebrower M, et al. Enhanced Recovery Pathways for Cardiac Surgery. *Curr Pain Headache Rep.* 2019;23(4):28. doi: 10.1007/s11916-019-0764-2

13. Ball L, Battaglini D, Pelosi P. Postoperative respiratory disorders. *Curr Opin Crit Care*. 2016;22(4):379-85. doi: 10.1097/MCC.0000000000000312
14. Kapoor P, Narula J, Chowdhury U, Kiran U, Taneja S. Serum albumin perturbations in cyanotics after cardiac surgery: patterns and predictions. *Ann Card Anaesth*. 2016;19(2):300-5. doi: 10.4103/0971-9784.179633
15. Mokhlesi B, Masa JF, Brozek JL, Gurubhagavatula I, Murphy PB, Piper AJ, et al. Evaluation and Management of Obesity Hypoventilation Syndrome. An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(3):e6–24. doi: 10.1164/rccm.201905-1071ST
16. Huffmyer JL, Groves DS. Pulmonary complications of cardiopulmonary bypass. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2015;29(2):163-75. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2015.04.002>
17. Buggeskov K, Maltesen R, Rasmussen B, Hanifa M, Lund M, Wimmer R, et al. Lung Protection Strategies during Cardiopulmonary Bypass Affect the Composition of Blood Electrolytes and Metabolites—A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med*. 2018;7(11):462. doi: 10.3390/jcm7110462
18. Beccaria LM, Cesarino CB, Werneck AL, Góes NC, Dos Santos KS, Machado MDN. Complicações Pós-Operatórias Em Pacientes Submetidos À Cirurgia Cardíaca Em Hospital De Ensino. *Arq Ciênc Saúde*. 2015;22(3):37-41.
19. Lagier D, Fischer F, Fornier W, Fellahi JL, Colson P, Cholley B, et al. A perioperative surgeon-controlled open-lung approach versus conventional protective ventilation with low positive end-expiratory pressure in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass (PROVECS): Study protocol for a randomized controlled trial *11 Medica. Trials*. 2018;19(1):1-12. doi: 10.1186/s13063-018-2967-y
20. Fusatto HAG, Figueiredo LC de, Agostini APR dos A, Sibinelli M, Dragosavac D. Factors associated with pulmonary dysfunction in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery with use of intra-aortic balloon pump. *Rev Port Cardiol*. 2018;37(1):15-23. doi: 10.1016/j.repc.2017.04.004
21. Ball L, Costantino F, Pelosi P. Postoperative complications of patients undergoing cardiac surgery. *Curr Opin Crit Care*. 2016;22(4):386-92. doi: 10.1097/MCC.0000000000000319
22. Bignami E, Saglietti F, Di Lullo A. Mechanical ventilation management during cardiothoracic surgery: an open challenge. *Ann Transl Med*. 2018;6(19):380. doi: 10.21037/atm.2018.06.08
23. Kraft F, Schmidt C, Van Aken H, Zarbock A. Inflammatory response and extracorporeal circulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2015;29(2):113-23.
24. Nataniel F, Oliveira K De. Fatores associados ao tempo de ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Rev gaúcha Enferm*. 2014;35(2):67-72. doi: <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2014.02.44697>
25. Natanov R, Gueler F, Falk CS, Kühn C, Maus U, Boyle EC, et al. Blood cytokine expression correlates with early multi-organ damage in a mouse model of moderate

- hypothermia with circulatory arrest using cardiopulmonary bypass. *PLoS One*. 2018;13(10):11-7.
26. Gologorsky E, Salerno TA. Pulmonary protective ventilation during cardiopulmonary bypass revisited. *J Card Surg*. 2019;34(6):375-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jocs.14048>
 27. Guerado E, Medina A, Mata MI, Galvan JM, Bertrand ML. Protocols for massive blood transfusion: when and why, and potential complications. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016;42(3):283-95. doi: 10.1007/s00068-015-0612-y
 28. Salameh A, Greimann W, Vollroth M, Dhein S, Bahramsoltani M, Dahnert I. Lung protection in cardio-pulmonary bypass. *J Physiol Pharmacol*. 2017;68(1):99-116.
 29. Rao VK, Khanna AK. Postoperative Respiratory Impairment Is a Real Risk for Our Patients: The Intensivist's Perspective. *Anesthesiol Res Pract*. 2018;2018: 3215923. doi: 10.1155/2018/3215923
 30. Gallart L, Canet J. Post-operative pulmonary complications: understanding definitions and risk assessment. *best pract res clin anaesthesiol*. 2015 Sep;29(3):315-30.
 31. Al Jaaly E, Zakkar M, Fiorentino F, Angelini GD. Pulmonary Protection Strategies in Cardiac Surgery: Are We Making Any Progress? *Oxid Med Cell Longev*. 2015;2015:416235. doi: 10.1155/2015/416235
 32. Student PG, Pennington GA, Guyuron B, Article R, Care I, Schraag S, et al. Anesthesia for day care surgery. *Nitte University J Health Sci [Internet]*. 2015 [cited 2023 Oct 15];5(2):97-103. Available from: <http://nitte.edu.in/journal/june2015/2r.pdf%5Cnhttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS%7B&%7DPAGE=reference%7B&%7DD=emed13%7B&%7DNEWS=N%7B&%7DAN=2015450327>
 33. Birdi I, Regragui IA, Izzat MB, Alonso C, Black AMS, Bryan AJ, et al. Effects of cardiopulmonary bypass temperature on pulmonary gas exchange after coronary artery operations. *AnnThoracic Surg*. 1996;61(1):118-23.
 34. Uhlig U, Haitsma JJ, Goldmann T, Poelma DL, Lachmann B, Uhlig S. Ventilation-induced activation of the mitogen-activated protein kinase pathway. *Eur Respir J*. 2002;20(4):946-56. doi: 10.1183/09031936.02.01612001
 35. García-Delgado M, Navarrete-Sánchez I, Colmenero M. Preventing and managing perioperative pulmonary complications following cardiac surgery. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2014;27(2):146-52. doi: 10.1097/ACO.0000000000000059
 36. Keenan JC, Formenti P, Marini JJ. Lung recruitment in acute respiratory distress syndrome: What is the best strategy? *Curr Opin Crit Care*. 2014;20(1):63-8.
 37. Zupancich E, Paparella D, Turani F, Munch C, Rossi A, Massaccesi S, et al. Mechanical ventilation affects inflammatory mediators in patients undergoing cardiopulmonary bypass for cardiac surgery: a randomized clinical trial. *J Thor cardiovasc Surg*. 2005;130(2):378-83. doi: 10.1016/j.jtcvs.2004.11.061
 38. Kyriakis JM, Avruch J. Mammalian mitogen-activated protein kinase signal transduction pathways activated by stress and inflammation. *Physiol Rev*. 2001;81(2):807-69.

39. Pinhu L, Whitehead T, Evans T, Griffiths M. Ventilator-associated lung injury. *2003*;361:332-40.
40. Verheij J, Van Lingen A, Raijmakers PGHM, Spijkstra JJ, Girbes ARJ, Jansen EK, et al. Pulmonary abnormalities after cardiac surgery are better explained by atelectasis than by increased permeability oedema. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2005;49(9):1302-10. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2005.00831.x>
41. Badenes R, Lozano A, Belda FJ. Postoperative pulmonary dysfunction and mechanical ventilation in cardiac surgery. *Crit Care Res Pract.* 2015;2015: 420513. doi: 10.1155/2015/420513
42. Barbas CSV, Ísola AM, De Carvalho Farias AM, Cavalcanti AB, Gama AMC, Duarte ACM, et al. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2014;26(2):89-121. doi: <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20140017>
43. Cabrini L, Plumari VP, Nobile L, Olper L, Pasin L, Bocchino S, et al. Non-invasive ventilation in cardiac surgery: a concise review. *Heart Lung Vessel.* 2013;5(3):137-41.
44. Zarbock A, Mueller E, Netzer S, Gabriel A, Feindt P, Kindgen-Milles D. Prophylactic nasal continuous positive airway pressure following cardiac surgery protects from postoperative pulmonary complications: a prospective, randomized, controlled trial in 500 patients. *Chest.* 2009;135(5):1252-9.
45. Das A, Cole O, Chikhani M, Wang W, Ali T, Haque M, et al. Evaluation of lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome using computer simulation. *Crit Care.* 2015;19(1):1-15. doi: 10.1186/s13054-014-0723-6
46. Gattinoni L, Pesenti A. The concept of “baby lung”. *Intensive Care Med.* 2005;31(6):776-84. doi: 10.1007/s00134-005-2627-z
47. Tusman G, Acosta C, Longo S, Suarez-Sipmann F. Reply to: Alveolar recruitment manoeuvres after cardiac surgery. *Eur J Anaesthesiol.* 2018;35(1):62-3.
48. Hartland BL, Newell TJ, Damico N. Alveolar Recruitment Maneuvers Under General Anesthesia: A Systematic Review of the Literature. *Respir Care [Internet].* 2015 [cited 2023 Oct 25];60(4):609-20. Available from: <http://rc.rcjournal.com/cgi/doi/10.4187/respcare.03488>
49. Celebi S, Köner Ö, Menda F, Korkut K, Suzer K, Cakar N. The pulmonary and hemodynamic effects of two different recruitment maneuvers after cardiac surgery. *Anesth Analg.* 2007;104(2):384-90.
50. Zheng Y-T, Zhang J-X. Preoperative exercise and recovery after cardiac surgery: a meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020 Jan 8;20(1):2. doi: 10.1186/s12872-019-01308-z
51. Dyhr T, Nygård E, Laursen N, Larsson A. Both lung recruitment maneuver and PEEP are needed to increase oxygenation and lung volume after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2004;48(2):187-97.
52. Minkovich L, Djaiani G, Katznelson R, Day F, Fedorko L, Tan J, et al. Effects of Alveolar Recruitment on Arterial Oxygenation in Patients After Cardiac Surgery: A Prospective,

- Randomized, Controlled Clinical Trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2007;21(3):375-8. doi: 10.1053/j.jvca.2006.01.003
53. Nielsen J, Nygård E, Kjærgaard J, Tingleff J, Larsson A. Hemodynamic effect of sustained pulmonary hyperinflation in patients after cardiac surgery: Open vs. closed chest. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2007;51(1):74-81. doi: 10.1111/j.1399-6576.2006.01195.x
 54. Unzueta C, Tusman G, Suarez-Sipmann F, Bhm S, Moral V. Alveolar recruitment improves ventilation during thoracic surgery: a randomized controlled trial. *Br J Anaesth.* 2012;108(3):517-24. doi: 10.1093/bja/aer415
 55. Pinto AS, Reis M dos, Teixeira CLC, Cardoso Junior R, Lino APB. Alveolar recruitment: who needs? how? when? *Rev Méd Minas Gerais.* 2015;25(Supll 4):48-55.
 56. Bitker L, Richard JC. Intensive alveolar recruitment strategy in the post-cardiac surgery setting: One PEEP level may not fit all. *J Thorac Dis.* 2017;9(8):2288-92.
 57. Azevedo DFC de, Lima EG, Ribeiro M de OL, Linhares Filho JPP, Serrano Júnior CV. Critical analysis of the classic indications for myocardial revascularization. *Rev Assoc Med Bras.* 2019;65(3):319-25. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.3.319>
 58. Neumann F-J, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. 2018 ESC / EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019;40(2):87-165. doi: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
 59. Hu MC, Yang YL, Chen TT, Chen JT, Tiong TY, Tam KW. Recruitment maneuvers in patients undergoing thoracic surgery: a meta-analysis. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2021 Dec 1;69(12):1553-9. doi: 10.1007/s11748-021-01673-7
 60. Serita R, Morisaki H, Takeda J. An individualized recruitment maneuver for mechanically ventilated patients after cardiac surgery. *J Anesth.* 2009;23(1):87-92.
 61. Hu MC, Yang YL, Chen TT, Lee CI, Tam KW. Recruitment maneuvers to reduce pulmonary atelectasis after cardiac surgery: a meta-analysis of randomized trials. *J Thor Cardiovasc Surg.* 2022 Jul 1;164(1):171-81.e4. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.10.142>
 62. Dyhr T, Laursen N, Larsson A. Effects of lung recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on lung volume, respiratory mechanics and alveolar gas mixing in patients ventilated after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2002;46(6):717-25.
 63. Souza SC de, Ferreira GL, Gomes Neto M, Silva CM da S e, Correia HF. Efeito da manobra de recrutamento alveolar no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. *Rev Ciênc Méd Biol.* 2023 jun 22;22(1):162-8. doi: <https://doi.org/10.9771/cmbio.v22i1.44110>
 64. Zamani MM, Najafi A, Sehat S, Janforooz Z, Derakhshan P, Rokhtabnak F, et al. The effect of intraoperative lung protective ventilation vs conventional ventilation, on postoperative pulmonary complications after cardiopulmonary bypass. *J Cardiovasc Thorac Res.* 2017;9(4):221-8. doi: <https://doi.org/10.15171/jcvtr.2017.38>

65. Kozian A, Schilling T, Schütze H, Senturk M, Hachenberg T, Hedenstierna GR. Ventilatory Protective Strategies during Thoracic Surgery Effects of Alveolar Recruitment Maneuver and Low-tidal Volume Ventilation on Lung Density Distribution. *Anesthesiol* [Internet]. 2011 [cited 2023 Oct 15];114(5):1025-35. Available from: <http://pubs.asahq.org/anesthesiology/article-pdf/114/5/1025/254343/0000542-201105000-00012.pdf>
66. Bhattacharjee S, Soni KD, Maitra S. Recruitment maneuver does not provide any mortality benefit over lung protective strategy ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome: A meta-analysis and systematic review of the randomized controlled trials. *J Intensive Care*. 2018;6(1):1-8. doi: 10.1186/s40560-018-0305-9
67. Chacko J, Rani U. Alveolar recruitment maneuvers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome. *Indian J Crit Care Med*. 2009;13(1):1-7. doi: 10.4103/0972-5229.53107
68. Renault JA, Costa-Val R, Rossetti B. Fisioterapia respiratória na disfunção pulmonar pós cirurgia cardíaca. *Braz. J. Cardiovasc. Surg*. 2008;23(4):562-9. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-76382008000400018>
69. Mendenhall W. *Statistics for management and economics*. 198AD. 801-7 p.
70. Barbas CSV, Ísola AM, De Farias AMC, Cavalcanti AB, Gama AMC, Duarte ACM, et al. Brazilian recommendations of mechanical ventilation 2013. Part 2. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2014;26(3):215-39.
71. Calles AC do N, Lira JLF, Granja KSB, Medeiro JD de, Farias AR, Cavalcanti RC. Pulmonary complications in patients undergoing coronary artery bypass grafting at a hospital in Maceio, Brazil. *Fisioter Mov*. 2016;29(4):661-7. doi: <https://doi.org/10.1590/1980-5918.029.004.A001>
72. Belda J, Ferrando C, Garutti I, Pozo N, Soro M, Suarez-Sipmann F, et al. The Effects of an Open-Lung Approach During One-Lung Ventilation on Postoperative Pulmonary Complications and Driving Pressure: A Descriptive, Multicenter National Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018;32(6):2665-72. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jvca.2018.03.028>
73. Chen YH, Yeh MC, Hu HC, Lee CS, Li LF, Chen NH, et al. Effects of Lung Expansion Therapy on Lung Function in Patients with Prolonged Mechanical Ventilation. *Can Respir J*. 2016;2016:5624315. doi: 10.1155/2016/5624315
74. Hess DR, Faarc RRT. Recruitment Maneuvers and PEEP Titration. *Respir Care*. 60(11):1688-704. doi: 10.4187/respcare.04409
75. Lovas A, Szakmány T. Haemodynamic Effects of Lung Recruitment Manoeuvres. *Biomed Res Int*. 2015;2015.
76. Hanouz J, Coquerel A, Persyn C, Radenac D, Gérard J, Fischer M. Changes in stroke volume during an alveolar recruitment maneuvers through a stepwise increase in positive end expiratory pressure and transient continuous positive airway pressure in anesthetized patients. A prospective observational pilot study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2019 Oct 1;35(4):453-9. doi: 10.4103/joacp.JOACP_167_18

77. Gahlinger P, Abramson J. Programs for EPIdemiologists. 2016. WinPep.
78. Hulzebos EH j., Helder PJM, Favié NJ, Bie RA De, Riviere AB de la, Meeteren NLU Van. Muscle Training to Prevent Postoperative Pulmonary Complications in High-Risk Patients Undergoing CABG Surgery A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2016;296(15):1851-7.
79. Kim HY. Statistical notes for clinical researchers: Chi-squared test and Fisher's exact test. *Restor Dent Endod*. 2017;42(2):152-5. doi: 10.5395/rde.2017.42.2.152
80. Andy Field. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. 2013.
81. Xi D, Chen Y. Optimal weighted Bonferroni tests and their graphical extensions. *Stat Med*. 2024 Feb 10;43(3):475-500. doi: <https://doi.org/10.1002/sim.9958>
82. Sanchez AF, Ambrósio AM, Pinto ACBCF, Pereira MAA, Andrade FSRM, Rodrigues RR, et al. Effects of a stepwise alveolar recruitment maneuver on lung volume distribution in dogs assessed by computed tomography. *Front Vet Sci*. 2023;10. doi: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1232635>
83. Jo YY, Lee KC, Chang YJ, Jung WS, Park J, Kwak HJ. Effects of an alveolar recruitment maneuver during lung protective ventilation on postoperative pulmonary complications in elderly patients undergoing laparoscopy. *Clin Interv Aging*. 2020;15:1461-9. doi: 10.2147/CIA.S264987
84. Parmeswaran P, Gupta P, Ittoop AL, Kaushal A, Kumar A, Singla D. Effect of intraoperative alveolar recruitment maneuver on intraoperative oxygenation and postoperative pulmonary function tests in patients undergoing robotic-assisted hysterectomy: a single-blind randomized study. *Braz J Anesthesiol*. 2023 Jul 1;73(4):418-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2022.07.001>
85. Bluth T, Serpa Neto A, Schultz MJ, Pelosi P, Gama de Abreu M, Bobek I, et al. Effect of Intraoperative High Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) with Recruitment Maneuvers vs Low PEEP on Postoperative Pulmonary Complications in Obese Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019 Jun 18;321(23):2292-305. doi:10.1001/jama.2019.7505
86. Zhou X, Pan J, Wang H, Xu Z, Zhao L, Chen B. Prophylactic noninvasive respiratory support in the immediate postoperative period after cardiac surgery - a systematic review and network meta-analysis. *BMC Pulm Med*. 2023 Dec 1;23(1).
87. Mohamed MA, Cheng C, Wei X. Incidence of postoperative pulmonary complications in patients undergoing minimally invasive versus median sternotomy valve surgery: propensity score matching. *J Cardiothorac Surg*. 2021 Dec 1;16(1).
88. Odor PM, Bampoe S, Gilhooly D, Creagh-Brown B, Moonesinghe SR. Perioperative interventions for prevention of postoperative pulmonary complications: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2020 Mar;368:m540. doi: 10.1136/bmj.m540
89. Kirov MY, Kuzkov VV. Protective ventilation from ICU to operating room: State of art and new horizons. *Korean J Anesthesiol*. 2020;73(3):179-93. doi: 10.4097/kja.19499

90. Keleher E, Iftikhar H, Schulz LF, McCanny P, Austin D, Stewart A, et al. Capnodynamic monitoring of lung volume and pulmonary blood flow during alveolar recruitment: a prospective observational study in postoperative cardiac patients. *J Clin Monit Comput.* 2023 Dec 1;37(6):1463-72. doi: 10.1007/s10877-023-01033-1
91. Aquino TN de, Prado JP, Crisafulli E, Clini EM, Galdino G. Efficacy of Respiratory Muscle Training in the Immediate Postoperative Period of Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2024;39. doi: <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2022-0165>

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**Instituto de Ciências da Saúde
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA)****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****"Manobra de Recrutamento Alveolar no pós-operatório de Cirurgia Cardíaca: Ensaio Clínico Randomizado".**

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa **"Manobra de Recrutamento Alveolar no pós-operatório de Cirurgia Cardíaca: Ensaio Clínico Randomizado"**. Nesta pesquisa procuramos conhecer a importância de um tratamento da fisioterapia, a Manobra de Recrutamento Alveolar (MRA) no pós-operatório de cirurgias do coração, o que ajudará a melhorar o atendimento de pessoas como você, que possuem doenças do coração que necessitam de cirurgia cardíaca.

O motivo que nos leva a estudar este tema é que as complicações pulmonares como pneumonias, por exemplo, atrasam a saída do paciente do hospital após a realização de cirurgias do coração. Na MRA o fisioterapeuta manda ar para o pulmão através do ventilador, até que ele fique cheio como uma bola de soprar, isto impede que o pulmão feche e o indivíduo tenha dificuldade para respirar. Queremos entender se esse tratamento ou conduta reduzem ou melhoram o aparecimento das complicações nos pulmões, bem como, se melhoram a quantidade de oxigênio presente no sangue e se o tempo que você ou outros pacientes ficam internados na UTI é reduzido.

Nesta pesquisa, vão ter dois grupos, os dois serão atendidos pela equipe de fisioterapia, mas um vai receber adicionalmente a MRA e o outro não. Você poderá receber a MRA, caso seja sorteado no grupo deste teste. O tratamento vai ser feito logo após sua saída da cirurgia, para diminuir possíveis complicações do pós-operatório e reduzir o tempo que você vai ficar no ventilador.

Os riscos deste procedimento é queda ou aumento da pressão arterial, diminuição dos batimentos do coração e a dessaturação, que é a queda do nível de oxigênio no sangue. Estes riscos são revertidos com a suspensão da técnica, portanto você será monitorizado atentamente e a qualquer sinal de risco a técnica será suspensa imediatamente e a equipe

médica será acionada para realizar ajustes medicamentosos, caso necessário. O barotrauma, que é uma lesão pulmonar provocada por aumento de pressão, apesar de ser um importante risco, aparece pouco, apenas em 1% dos casos. Para evitar a ocorrência de barotrauma iremos respeitar o limite de pressão estabelecido para a manobra (35 cmH₂O) e garantir o ajuste adequado dos alarmes. Caso ocorra, a equipe médica avaliará a necessidade de drenagem dando todo o suporte ao paciente. Toda a equipe é devidamente treinada a realizar esses procedimentos, e, em nenhum momento você ficará desassistido. Essa técnica já faz parte da rotina de tratamento da unidade. Qualquer risco, dificuldade ou problema será devidamente resolvido em tempo real. O principal benefício da MRA é que ela ajuda a impedir que o pulmão “feche” (atelectasia) e que você respire melhor, reduzindo o tempo em ventilação mecânica. Além desta manobra, você fará exercícios, vai caminhar, receberá todo o tratamento necessário, e não ficará sem assistência em momento algum.

É muito importante que você saiba que o tratamento médico não será alterado por conta do estudo. Caso aceite participar deste estudo, será adicionado ao tratamento proposto a MRA. Caso não aceite participar, nada vai mudar no seu tratamento.

Para participar deste estudo você não vai pagar nada, nem vai receber dinheiro. Caso você venha a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa você terá direito à indenização. Você pode tirar sua permissão a qualquer momento. A sua participação é voluntária e se você não quiser participar, o seu atendimento pela equipe ou o pesquisador não vai mudar e seu nome será mantido em segredo.

Caso o Senhor (a) tenha alguma dúvida ou deseje tirar sua permissão de participação, por favor, entre em contato com os pesquisadores abaixo a qualquer momento.

Pesquisador responsável: Helena França Correia dos Reis – (71) 3283-8910

Pesquisador Colaborador: Séres Costa de Souza – (71) 3117-1875

Pesquisador Colaborador: Mansueto Gomes Neto – (71) 3283-8910

Também em caso de dúvida, o (a) senhor (a) poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia (CEP/ICS/UFBA). O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) busca defender os interesses dos participantes de pesquisa. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. O Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia (CEP/ICS/UFBA) está localizado na Avenida Reitor Miguel Calmon, s/n, - Instituto de Ciências da Saúde – 4º andar, Vale do Canela. Horário de funcionamento: Segunda das 13:30h às 19:30h e de terça à sexta das 7:00h às 13:00h. Telefone: (71) 3283-8951. E-mail:

cepics@ufba.br.

Todos os resultados desta pesquisa serão entregues a você no momento da alta hospitalar. O material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Seu nome não será divulgado em nenhuma publicação que possa resultar em prejuízo à sua imagem, intimidade e confidencialidade, isto é garantido pelo fato de apenas os pesquisadores terem acesso ao banco de dados, e com senha, onde se encontram as suas informações.

Este termo de consentimento tem duas vias originais, sendo que uma vai ficar com os pesquisadores, e a outra será dada ao(à) senhor (a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade _____, fui informado (a) dos objetivos da pesquisa "**Manobra de Recrutamento Alveolar no pós-operatório de Cirurgia Cardíaca: Ensaio Clínico Randomizado**", de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de consentimento, se assim o desejar. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Salvador, _____ de _____ de 20__ .

Nome completo (participante)

Data

Nome completo (pesquisador responsável)

Data

Nome completo (testemunha)

Data

Em caso de desistência em permanecer na pesquisa, autorizo que meus dados já

coletados referentes a resultados de exames, questionários respondidos e similares ainda sejam utilizados na pesquisa, com os mesmos propósitos já apresentados neste TCLE.

Nome completo (participante)

Data

APÊNDICE B – FICHA DE COLETA DE DADOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROCESSOS INTERATIVOS
DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO • ICIE • UFBA



FICHA DE COLETA DE DADOS

GRUPO CONTROLE (GC) GRUPO INTERVENÇÃO (GI)

Manobra de Recrutamento Alveolar no Pós Operatório de Cirurgia Cardíaca

Ficha nº: _____

Nome do responsável pela coleta: _____ Data da coleta: ____ / ____ / ____

IDENTIFICAÇÃO	
Nome: _____	
Registro: _____	UTI: _____ Leito: _____ Data de nascimento: ____ / ____ / ____ Idade: _____ anos
Sexo: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F	Altura: _____ cm Peso (predito): _____ Kg Profissão: _____
Est. Civil: <input type="checkbox"/> casado(equivalente) <input type="checkbox"/> solteiro <input type="checkbox"/> divorciado <input type="checkbox"/> viúvo <input type="checkbox"/> outro: _____	
Endereço: _____	
Cidade: _____	Estado: _____ CEP: _____ - Tel.: () _____
Responsável: _____	Tel. Resp.: () _____
INFORMAÇÕES SOBRE A CIRURGIA	
Data da admissão na UTI: ____ / ____ / ____	Hora da admissão na UTI: _____ :
Diagnóstico: _____	Tempo de CEC: _____ Tempo de Anóxia: _____
Tipo de cirurgia: _____	
INFORMAÇÕES DA CARDIOPATIA	
Tipo de Cardiopatia: _____	Doenças Associadas: _____
FEVE: _____	
Histórico breve: _____	
Cirurgia com Esternotomia? <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	Complicações? <input type="checkbox"/> Sepsis <input type="checkbox"/> Sangramento <input type="checkbox"/> HAP
	<input type="checkbox"/> Arritmias <input type="checkbox"/> IRA
Outros: <input type="checkbox"/> _____	
Antecedentes: HAS: <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> I DM: S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Doenças Pulmonares: _____	

<input type="checkbox"/> outro(s): _____	
VENTILAÇÃO MECÂNICA	PARA USO NA UPC

Data da intubação: ____ / ____ / ____ **Via aérea:** TOT TQT **Modo ventilatório da admissão na UTI:** VCV PCV PSV outro ____

VC: ____ FR: ____ FiO₂: ____ PEEP: ____ VE: ____ SpO₂: ____ PaO₂/ FiO₂: ____

Pinsp (se PCV: ____ PSV (se PSV): ____ PA inicial: ____

Sedação: sim não Informar sedação e drogas vasoativas _____

COMPLICAÇÕES PULMONARES DURANTE A PERMANÊNCIA NA UTI

Pneumonia Atelectasia Derrame Pleural Pneumotórax Hemorragia pulmonar SDRA

Edema Agudo de Pulmão (EAP) Paralisia diafragmática Hipertensão Pulmonar (HAP)

DADOS DA EXTUBAÇÃO

Extubação: S N **Data da extubação:** ____ / ____ / ____ **Hora da extubação:** ____ : ____

Tipo de extubação: programada
acidental autoextubação

PROCEDIMENTOS PÓS-EXTUBAÇÃO

Oxigenoterapia: máscara venturi ____% catéter ____ L/min cânula ____ L/min

VNI: S N **Tipo de VNI:** BIPAP CPAP PSV + PEEP **Frequência da VNI:** ____ h/dia

Nebulização: S N **Falência:** sim (Reintubação ≤ 48h) não (> 48h sem VM)

DADOS DA REINTUBAÇÃO

Data da reintubação: ____ / ____ / ____ **Hora da reintubação:** ____ :

Causa da reintubação: excesso de secreção pulmonar + incapacidade de manipular secreção


obstrução das vias aéreas superiores falência respiratória (FR ≥ 35 ipm, uso da musculatura acessória, respiração paradoxal, sudorese, cianose, hipoxemia, hipercapnia)

broncoaspiração depressão do SNC (evento neurológico ou metabólico)

broncoespasmo laringoespasmo outra: _____

dado ausente ou ignorado

Traqueostomia: sim não **Data da traqueostomia** ____ / ____ / ____

Eventos adversos até 48 Horas pós extubação 

Apneias S N Data: ____ / ____ / ____ Data: ____ / ____ / ____ Data: ____ / ____ / ____

Desconforto respiratório S N Data: ____ / ____ / ____ Data: ____ / ____ / ____

GASOMETRIA ARTERIAL E VENOSA (admissão/ 60 min/ 6 horas)

ARTERIA L	Admissão	60 min	6 horas
Data	____ / ____ / ____	____ / ____ / ____	____ / ____ / ____
Hora	____ :	____ :	____ :
pH			
pCO ₂			
pO ₂			
SO ₂			
HCO ₃			
BE			
PaO ₂ /FiO ₂			

Lactato				SEDAÇÃO			
---------	--	--	--	---------	--	--	--

DADOS DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA (admissão/ 60 min/ 6 horas)

	Admissão	60 min	6 horas	Hemodinâmica	Admissão	60 min	6 horas
Data	/ /	/ /	/ /	Data	/ /	/ /	/ /
Hora	:	:	:	Hora	:	:	:
VT				FC			
Fluxo				PA			
PEEP				PAM			
P _{pico}				DVA			
P _{platô}							
P _{res}							
C _{est}							

CAMPO DE ANOTAÇÕES PARA A MRA:

Data	Exemplo							
Hora	16:30h							
VM	VM							
P _{insp}	15							
PEEP	25							
FIO ₂	30%							
Tempo	3 X 1'							
PaO ₂ /FIO ₂ (antes MRA)	230							
PaO ₂ /FIO ₂ (pós MRA)	350							
C _{est} <small>SR (antes MRA)</small>	33							
C _{est} <small>SR (pós MRA)</small>	42							
Data suspensão MRA por melhora ou piora do quadro clínico	05/11/17 (PIORA) Hemodinâmica (não tolera PEEP)							

DADOS DA ALTA DA UTI E ALTA HOSPITALAR

 Data da saída da UTI ____/____/____ alta óbito

Data da Alta Hospitalar : ____/____/____

EUROSCORE II

Obs.: Usar a calculadora interativa na internet caso não tenha preenchido no prontuário.

PONTUAÇÃO TOTAL: _____

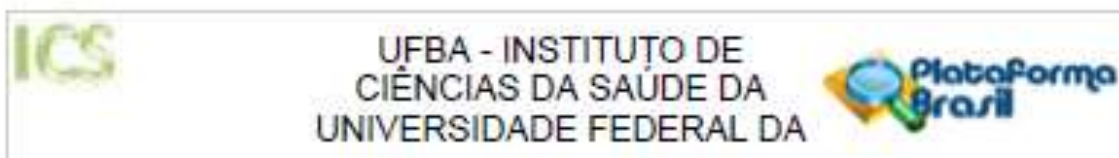
STS SCORE

Mortalidade: _____

Morbimortalidade: _____

ANEXOS

ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA ICS/UFBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MANOBRA DE RECRUTAMENTO ALVEOLAR NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Pesquisador: Helena França Correia dos Reis

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 89880818.4.0000.5662

Instituição Proponente: Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.967.971

Apresentação do Projeto:

"As doenças cardiovasculares estão entre as principais causas de morte nos países desenvolvidos e sua ocorrência tem aumentado de forma epidêmica nos países em desenvolvimento. Cirurgias cardíacas são procedimentos ainda amplamente utilizados em todo mundo para tratamento de tal grupo de pacientes e as taxas de complicações pós-operatórias a elas relacionadas permanecem expressivas, despontando entre elas, as complicações pulmonares. As complicações pulmonares nessa população apresentam fisiopatologia multifatorial. Seu desenvolvimento é resultado da combinação dos efeitos da anestesia, do trauma cirúrgico e da circulação extracorpórea. Atelectasia e hipoxemia são as complicações mais importantes. A incidência de atelectasia em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com CEC é alta, variando de 60% a 90%. O atendimento fisioterapêutico ao paciente cardiopata cirúrgico é essencial e engloba diversas estratégias, entre elas a manobra de recrutamento alveolar, técnica que utiliza o aumento da pressão transpulmonar com o objetivo de recrutar unidades alveolares colapsadas, aumentando a área pulmonar disponível para a troca gasosa e, conseqüentemente a oxigenação arterial. Desse modo, esta abordagem maximiza as trocas gasosas, melhora oxigenação arterial e minimiza as lesões pulmonares induzidas pela ventilação mecânica, conhecidas como volutrauma, atelectrauma e biotrauma. A manobra de recrutamento alveolar também tem sido utilizada para aumentar a oxigenação após intervenção cirúrgica cardíaca. Os quadros hipoxêmicos desses pacientes ocorrem em razão das facções de shunt intrapulmonar causadas por alvéolos colapsados."

Endereço: Miguel Calmon

Bairro: Vale do Carreta

UF: BA

Município: SALVADOR

CEP: 40.110-002

Telefone: (71)3283-8951

E-mail: cep.ics@outlook.com



Continuação do Parecer: 2.1

Objetivo da Pesquisa

“Objetivo Primário:

Identificar o impacto

no pós-operatório II

Objetivo Secundário:

• Verificar se um pr

pacientes no pós op

• Avaliar se a mano

ocorrência de reintu

• Verificar se a m;

hospitalar.

• Avaliar o impacto

(reinternamento, m

Avaliação dos Riscos

“Os riscos que este

seja, riscos diretos

em ambiente hospit

como técnicas e m

alveolar, a mesma

em relação a press

será interrompida;

registrada antes da

bpm em relação a l

registrada antes da

90%. Por fim, a MR

da anestesia durar

acionada. A mesma

o teste de caminh

câmbrias, angina o

um médico. OUTR

SÃO AS QUEDAS.

Endereço: Miguel Cai
Bairro: Vale do Canel
UF: BA M
Telefone: (71)3263-8

UFBA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA



UFBA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA



Continuação do Parecer: 2.067.071

TONTURA, OBSTÁCULOS OU TROPEÇOS.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pendências solucionadas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Ok.

Recomendações:

Adequar a hipótese na PB, pois está no formato de pergunta de Investigação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde (CEP ICS), de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº. 466 de 2012 e na Norma Operacional nº. 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela **APROVAÇÃO** do projeto de pesquisa proposto. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP ICS de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, a cada 6 meses e ao término do estudo. O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 466/12 em substituição à Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d). O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata. O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Miguel Cai
Bairro: Vale do Canel
UF: BA CEP: 40.110-002
Município: SALVADOR
Telefone: (71)3263-8951 E-mail: cep.ics@outlook.com



Continuação do Parecer: 2.967.971

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1112710.pdf	08/10/2018 23:22:01		Aceito
Outros	novo_tcle_apos_ajustes_parecer_cep.pdf	08/10/2018 23:18:20	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	projeto_apos_ajustes_parecer_cep.pdf	08/10/2018 23:17:44	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_resposta.pdf	02/10/2018 19:55:59	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	projeto_apos_ajustes_parecer_cep.docx	02/10/2018 19:55:23	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_instituicao_coparticipante.pdf	02/10/2018 18:02:17	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_anuencia_coordenadorfisio_han.pdf	02/10/2018 18:01:20	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_anuencia_diretormedico_han.pdf	02/10/2018 18:00:56	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_anuencia_coordenadorunidade_han.pdf	02/10/2018 18:00:35	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	novo_tcle_apos_ajustes_parecer_cep.docx	01/10/2018 14:05:24	Seres Costa de Souza	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projctomrahancep.pdf	17/05/2018 16:02:36	Seres Costa de Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tclmrahan.pdf	17/05/2018 16:02:04	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	termobasedados.pdf	14/05/2018 12:28:10	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	termocompromisso.pdf	14/05/2018 12:27:24	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	declaracaoconfidencialidade.pdf	14/05/2018 12:26:56	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	equipedetalhada.pdf	14/05/2018 12:26:15	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	cartaencaminhamento.pdf	14/05/2018 12:24:47	Seres Costa de Souza	Aceito
Folha de Rosto	folharostopesquisaseres.pdf	09/05/2018 10:54:06	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_anuencia_coordenador_fisio_HAN.pdf	09/05/2018 10:51:03	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_anuencia_coordenador_medico_UPC_HAN.pdf	09/05/2018 10:50:25	Seres Costa de Souza	Aceito
Outros	carta_anuencia_diretor_medico_HAN_oficial.pdf	09/05/2018 10:48:42	Seres Costa de Souza	Aceito
Orçamento	orcamentoseres.pdf	09/05/2018	Seres Costa de Souza	Aceito

Endereço: Miguel Calmon

Bairro: Vale do Canela

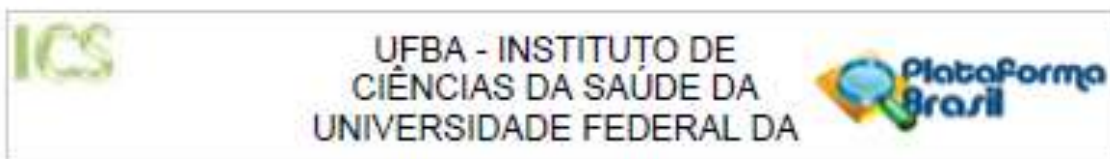
CEP: 40.110-002

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3253-8951

E-mail: cep.ics@outlook.com



Continuação do Parecer: 2.987.971

Orçamento	orcamentoseres.pdf	10:47:35	Souza	Acelto
Cronograma	cronogramaseres.pdf	09/05/2018 10:47:21	Seres Costa de Souza	Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SALVADOR, 17 de Outubro de 2018

Assinado por:
NILDO MANOEL DA SILVA RIBEIRO
 (Coordenador(a))

Endereço: Miguel Calmon
 Bairro: Vale do Carreta CEP: 40.110-002
 UF: BA Município: SALVADOR
 Telefone: (71)3283-8951 E-mail: cep.ics@outlook.com

ANEXO B – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA DO HOSPITAL ANA NERY HAN/SESAB

HOSPITAL ANA NERY -
HAN/SESAB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MANOBRA DE RECRUTAMENTO ALVEOLAR NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Pesquisador: Helena França Correia dos Reis

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 89880818.4.3001.0045

Instituição Proponente: Hospital Ana Nery - HAN/SESAB

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.029.782

Apresentação do Projeto:

As doenças cardiovasculares estão entre as principais causas de morte nos países desenvolvidos e sua ocorrência tem aumentado de forma

epidêmica nos países em desenvolvimento. Cirurgias cardíacas são procedimentos ainda amplamente utilizados em todo mundo para tratamento de

tal grupo de pacientes e as taxas de complicações pós-operatórias a elas relacionadas permanecem expressivas, despontando entre elas, as

complicações pulmonares. As complicações pulmonares nessa população apresentam fisiopatologia multifatorial. Seu desenvolvimento é resultado

da combinação dos efeitos da anestesia, do trauma cirúrgico e da circulação extracorpórea. Atelectasia e hipoxemia são as complicações mais

importantes. A incidência de atelectasia em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com CEC é alta, variando de 60% a 90%. O atendimento

fisioterapêutico ao paciente cardiopata cirúrgico é essencial e engloba diversas estratégias, entre elas a manobra de recrutamento alveolar, técnica

que utiliza o aumento da pressão transpulmonar com o objetivo de recrutar unidades alveolares colapsadas, aumentando a área pulmonar disponível

para a troca gasosa e, conseqüentemente a oxigenação arterial. Desse modo, esta abordagem maximiza as trocas gasosas, melhora oxigenação

Endereço: Rua Saldanha Maranhão, s/nº

Bairro: Canela D'Água

CEP: 40.323-010

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3342-2505

Fax: (71)3117-1972

E-mail: amario@fema.com.br

HOSPITAL ANA NERY - HAN/SESAB



Continuação do Protocolo: 3.023.762

arterial e minimiza as lesões pulmonares induzidas pela ventilação mecânica, conhecidas como volutrauma, atelectrauma e biotrauma. A manobra de recrutamento alveolar também tem sido utilizada para aumentar a oxigenação após intervenção cirúrgica cardíaca. Os quadros hipoxêmicos desses pacientes ocorrem em razão das faixas de shunt intrapulmonar causadas por alvéolos colapsados.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Identificar o impacto da manobra de recrutamento alveolar sobre a incidência de complicações pulmonares no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca de pacientes adultos.

Objetivo Secundário:

- Verificar se um protocolo de manobra de recrutamento alveolar é eficaz na melhora das trocas gasosas de pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca.
- Avaliar se a manobra de recrutamento alveolar é eficaz na redução do tempo de ventilação mecânica e na ocorrência de reintubação.
- Verificar se a manobra de recrutamento alveolar está associada ao tempo de internação na UTI e hospitalar.
- Avaliar o impacto da manobra de recrutamento alveolar na capacidade funcional e desfechos clínicos (reinternamento, mortalidade, mobilidade) a curto, médio e longo prazo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos que este estudo apresenta são basicamente relacionados às manobras e testes aplicados, ou seja, riscos diretos ao paciente, sendo estes os mínimos possíveis, pois, o paciente em todo o tempo estará em ambiente hospitalar, monitorizado sempre por equipe especializada, e que em sua prática clínica utilizam como técnicas e manobras justamente a manobra e testes propostos. Para a Manobra de Recrutamento alveolar, a mesma será interrompida ao sinal de: a. Hipotensão, ou seja, caso haja uma queda de 20 mmHg em relação a pressão arterial registrada antes da

Endereço: Rua Saldanha Maranhão, s/nº

Bairro: Caixa D'Água

CEP: 40.323-010

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3342-2505

Fax: (71)3117-1972

E-mail: armenio@terra.com.br

HOSPITAL ANA NERY - HAN/SESAB



Continuação do Protocolo: 3.029.792

MRA ou abaixo do limite inferior ideal para idade a técnica será interrompida; b. Hipertensão, traduzida por uma elevação de 20 mmHg em relação a pressão arterial registrada antes da MRA ou do limite superior ideal para idade; c. Taquicardia, ao sinal de elevação de 20 bpm em relação a FC registrada antes da manobra; d. Bradicardia, ocorrência de queda de 20 bpm da FC registrada antes da MRA; e. Dessaturação ou queda sustentada da saturação arterial de oxigênio abaixo de 90%. Por fim, a MRA será suspensa caso haja uma assincronia paciente/ventilador causado pelo despertar da anestesia durante a técnica. Na ocorrência de eventualidades a equipe médica será imediatamente acionada. A mesma está apta a utilizar drogas e procedimentos para reversão do quadro complicador. Para o teste de caminhada de 6 minutos, os riscos esperados são: dispnéia, sudorese, mal estar, tontura, cãibras, angina ou palidez. Caso isto ocorra, o paciente poderá parar o teste, e se preciso, examinado por um médico. **OUTRO RISCO IMINENTE NA REALIZAÇÃO DO TESTE DE CAMINHADA DE 6 MINUTOS SÃO AS QUEDAS. SEJAM POR MAL ESTAR, TONTURA, OBSTÁCULOS OU TROPEÇOS.**

Benefícios:

Os resultados esperados desse trabalho podem ser o ponto de partida para a incorporação de protocolos de recrutamento alveolar bem mais estruturados, fruto de observação ao longo do tratamento desses pacientes. Esse benefício contribuirá para uma melhor percepção de estratégias terapêuticas a este perfil de pacientes. Os pacientes que forem submetidos à circulação extracorpórea, como estratégia de ventilação adotam-se baixos volumes correntes, esperando como resultados diminuição da resposta inflamatória pulmonar, e ainda associada ao recrutamento alveolar, reversão da hipoxemia pós operatória. As manobras de recrutamento alveolar são alicerçadas e justificadas como forma terapêutica necessária para maximizar as trocas gasosas, melhorar a oxigenação arterial e minimizar as lesões pulmonares induzidas pela ventilação mecânica, conhecidas como volutrauma, atelectrauma e biotrauma. Além dos benefícios da MRA, o teste de caminhada de 6 minutos avalia a capacidade física dos pacientes submetidos a cirurgias cardíacas, se a capacidade às atividades de maior impacto

Endereço: Rua Saldanha Maranhão, s/nº
 Bairro: Caixa D'Água CEP: 40.323-010
 UF: BA Município: SALVADOR
 Telefone: (71)3342-2505 Fax: (71)3117-1072 E-mail: armenio@terra.com.br

HOSPITAL ANA NERY - HAN/SESAB



Continuação do Parecer: 3.020.702

melhoraram.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este trabalho já foi aprovado no CEP do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia, apresentando os ajustes necessários ao projeto inicial.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados.

Recomendações:

Corrigir a divergência de Informação do limite de pressão que consta no TCLE e no projeto: TCLE: "Para evitar a ocorrência de barotrauma iremos respeitar o limite de pressão estabelecido para a manobra (35 cmH2O) e garantir o ajuste adequado dos alarmes." Projeto: "A MRA será realizada em modo assistido-controlado a pressão (PCV), da seguinte forma - P1: 15 cmH2O, PEEP = 25 cmH2O."

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Outros	novo_tcle_apos_ajustes_parecer_cep.pdf	08/10/2018 23:18:20	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	projeto_apos_ajustes_parecer_cep.pdf	08/10/2018 23:17:44	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	carta_resposta.pdf	02/10/2018 19:55:59	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	projeto_apos_ajustes_parecer_cep.docx	02/10/2018 19:55:23	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	carta_instituicao_coparticipante.pdf	02/10/2018 18:02:17	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	carta_anuencia_coordenadorfisio_han.pdf	02/10/2018 18:01:20	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	carta_anuencia_diretomedico_han.pdf	02/10/2018 18:00:56	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	carta_anuencia_coordenadorunidade_han.pdf	02/10/2018 18:00:35	Seres Costa de Souza	Acelto
Outros	novo_tcle_apos_ajustes_parecer_cep.docx	01/10/2018 14:05:24	Seres Costa de Souza	Acelto

Endereço: Rua Saldanha Maranhão, s/nº

Bairro: Caixa D'Água

CEP: 40.323-010

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3342-2505

Fax: (71)3117-1972

E-mail: armenio@fema.com.br

ANEXO C – MAPA VENTILATÓRIO DO SERVIÇO DE FISIOTERAPIA



MAPA DE MONITORIZAÇÃO VENTILATÓRIA
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

PACIENTE:	UNIDADE/LEITO:
DIAGNÓSTICO INICIAL:	

PARÂMETROS INICIAIS / BASE

VT	FLUXO	FR	T _{pausa} /T _{insp}	I:E	T. ret. Insp.	PEEP	Pres	Cest	P/F
----	-------	----	---------------------------------------	-----	---------------	------	------	------	-----

DIAM VAA:	ALTURA:	PESO IDEAL:	IDADE:	PaO2 IDEAL:
-----------	---------	-------------	--------	-------------

DATA	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

HORA									
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PROCEDIMENTO									
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

MODO									
VENT									
PINS									
TINS									
FLUXO									
VT									
VT/KG									
FR _{PROG/TOT}									
I:E									
PEEP									
VE									
VE ₄₀									
P _{TRAQ}									
P _{ALV}									
P _{RES}									
C _{EST}									
R _{RAW,SR}									
CV - CV/KG									
PI _{MAX}									
P _{CUFF}									
FIO2									
SpO2									

T E P	PINS								
	PEEP								
	FIO2								
	TEMPO								

H G A	HORA								
	P/F								
	pH								
	PaO2								
	PaCO2								
	HCO3								
	BE								
	SoO2								
LACTATO									

FILTRO	TROCADO	TROCADO	TROCADO	TROCADO	TROCADO	TROCADO	TROCADO	TROCADO	TROCADO
SECREÇÃO	COLETADO	COLETADO	COLETADO	COLETADO	COLETADO	COLETADO	COLETADO	COLETADO	COLETADO
FISIO									

PESO IDEAL: Homem: $50 + 0,91 \times (\text{Altura} - 152,4)$ Cest = $\frac{VT}{\text{Palv} - \text{PEEP}}$ Raw = $\frac{\text{Pres}}{\text{Fluxo (l/seg)}}$ Pres = Ptraq - Palv
 (ARDSNET) Mulher: $45,5 + 0,91 \times (\text{Altura} - 152,4)$

ANEXO D – ARTIGO DOS RESULTADOS PRELIMINARES DO ENSAIO CLÍNICO

ARTIGO ORIGINAL

ISSN 1677-5090

© 2022 Revista de Ciências Médicas e Biológicas

DOI: <https://doi.org/10.9771/cmbio.v25i3.49327>

Effect of the alveolar recruitment manoeuvre on pulmonary complications in the immediate postoperative period of cardiac surgery: preliminary results of a randomised controlled trial

Efeito da manobra de recrutamento alveolar em complicações pulmonares no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca: resultados preliminares de ensaio clínico randomizado

Séres Costa de Souza^{1*}, Mansueto Gomes Neto², Cássio Magalhães da Silva e Silva¹, Amanda Ákita Pimentel da Silva Conceição³, Pedro Lucas de Oliveira Soares⁴, Helena França Correia⁵

¹Master in Interactive Processes of Organs and Systems, Federal University of Bahia, Salvador, BA; ²Doctor in Medicine and Human Health, Federal University of Bahia, Salvador, BA; ³Doctor in Interactive Processes of Organs and Systems, Federal University of Bahia, Salvador, BA; ⁴Physiotherapy Student, Federal University of Bahia, Salvador, BA; ⁵Doctor in Medicina Salud Humana Federal University of Bahia, Salvador, BA

Abstract

Introduction: given the great variability in ventilation protocols, postoperative management, characteristics of the alveolar recruitment maneuver (ARM) (frequency, duration and intensity) and tolerability in patients undergoing cardiac surgery (CS), this study investigates whether ARM is beneficial in this area, situation in order to standardize its use. *Objective:* we investigated the effectiveness of ARM against pulmonary complications (PCs) immediately after CS. *Methods:* this randomised clinical trial included 134 patients aged >18 years who underwent coronary artery bypass graft or valve replacement surgery at our institution between February and September 2019. Participants were allocated to receive standard physiotherapy (control group [CG], n=67) or standard physiotherapy plus ARM (intervention group [IG], n=67). *Results:* there was no statistically significant difference in the incidence of PCs between the CG and IG groups (p=0.85). ARM did not improve gas exchange or lower total mechanical ventilation time, reintubation requirement, or intensive care unit and hospital stay. *Conclusions:* prophylactic ARM does not decrease the insufficiency of PCs in the postoperative period of CS, it did not improve gas exchange, nor did it reduce the time of MV. MRA was associated with an increased risk of hemodynamic instability. Patients must be screened before performing ARM.

Keywords: Adverse effects. Physiotherapy. Positive-pressure ventilation. Postoperative care. Thoracic surgery

Resumo

Introdução: dada a grande variabilidade nos protocolos de ventilação, manejo pós-operatório, características da manobra de recrutamento alveolar (MRA) (frequência, duração e intensidade) e tolerabilidade em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca (CC), este estudo investiga se a MRA é benéfica nesta área, a fim de padronizar seu uso. *Objetivo:* investigou-se a eficácia da MRA contra complicações pulmonares (CPs) imediatamente após a CC. *Metodologia:* este ensaio clínico randomizado incluiu 134 pacientes com idade > 18 anos submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio ou cirurgia de substituição valvar em nossa instituição entre fevereiro e setembro de 2019. Os participantes foram alocados para receber fisioterapia padrão (grupo controle [GC], n=67) ou fisioterapia padrão com adição da MRA (grupo intervenção [GI], n=67). *Resultados:* não houve diferença estatisticamente significativa na incidência de CPs entre os grupos GC e GI (p=0,85). A MRA não melhorou as trocas gasosas ou reduziu o tempo total de ventilação mecânica, necessidade de reintubação na unidade de terapia intensiva e internação hospitalar. *Conclusão:* a MRA profilática não diminui a incidência de CPs no pós-operatório de CC, não melhora as trocas gasosas, nem reduziu o tempo de VM. A MRA foi associada a um risco aumentado de instabilidade hemodinâmica. Os pacientes devem ser avaliados antes de realizar MRA. *Palavras-chave:* Efeitos adversos. Fisioterapia. Ventilação com pressão positiva. Cuidados pós-operatórios. Cirurgia torácica.

INTRODUCTION

Cardiac surgery (CS) for severe conditions can be long and complex, with organic repercussions that could alter the physiological mechanisms and can cause critical postoperative complications¹⁻⁴.

Pulmonary complications (PCs) after CS are relatively frequent; pleural effusion (27%–95%), atelectasis

(16.6%), and postoperative hypoxemia (3%–10%) are the most common complications. CS may also lead to acute respiratory distress syndrome (ARDS), which even though it occurs in only 0.2%–0.7%, entails high mortality (50%–90%). The systemic inflammatory response elicited by CS can cause lung injury through various mechanisms, including anomalies in gas exchange, increased pulmonary shunt fraction and pulmonary vascular resistance, and intrapulmonary aggregation of leukocytes and platelets. Moreover, changes in pulmonary mechanics, such as reduced lung compliance, functional residual capacity, and vital capacity, may occur⁵.

Corresponding/Correspondente: *Séres Costa de Souza – End: Av Joana Angélica, 1576, apt. 502, Cond. Edif. Cidade de Sevilha-Salvador/BA – Tel: (71) 99165-0883 – E-mail: seres.souza@gmail.com

To date, different therapeutic measures have been used to minimise the adverse effects of surgical manipulation for pulmonary re-expansion. These therapeutic measures aim to lower the risk of atelectasis and pulmonary infection⁶.

Alveolar recruitment manoeuvres (ARMs) increase oxygenation post-CS. ARMs are indicated in clinical situations that lead to alveolar collapse, such as anaesthesia, sedation, and neuromuscular blockage, as well as when a patient is weaned from mechanical ventilation⁷. The beneficial effects of postoperative ARM in mechanically ventilated patients, in addition to reversing atelectasis⁸, involve improved ventilation in previously collapsed areas, decreased risk of volutrauma, decreased hypoxic pulmonary vasoconstriction, improved performance of the right ventricle (RV) and reduced need for mechanical ventilation (MV)⁹.

However, despite its benefits, alveolar recruitment in the immediate POP of CS is still not widely used. Considering the great variability in ventilation protocols, postoperative management, ARM characteristics (frequency, duration, and intensity), and tolerability in patients who undergo CS, more studies are needed to investigate whether ARMs are beneficial in this situation and to standardise their use. ARMs benefit for improving gas exchange and lowering PCs among adult patients in the POP of CS needs to be elucidated.

This study primarily aimed to determine whether ARM lowers the incidence of immediate postoperative PCs in adult patients who undergo CS. Specifically, we investigated the impact of ARM on gas exchange, MV time, reintubation requirement, and length of hospital and intensive care unit (ICU) stay. We also assessed the main adverse effects of ARM.

METHODS

This randomized, parallel, prospective, and monocentric clinical trial was conducted between February and September 2019 in the cardiovascular unit (CVU) from Ana Nery Hospital, Salvador – BA, Brazil. It is registered in the Brazilian clinical trials platform, in accordance with the current norms for research involving human beings, according to Resolution Res. 466/12 CNS/MS. Approved by the Research Ethics Committees of the Institute of Health Sciences (ICS) and Ana Nery Hospital (HAN/SESAB). All participants provided informed consent before the surgery was performed, where it was clarified that ARM would be applied in the immediate POP of CS, still under the effect of general anesthesia and sedation.

We enrolled patients aged >18 years admitted to CVU in the immediate POP of a CS that required cardiopulmonary bypass (CPB) and continued MV for a minimum period of 4–8 h after surgery.

Of the main exclusion criteria, we highlight hemodynamic instability, such as hypotension⁹. The initial sample size was 104 patients in each group to detect a

17% difference in PPCs¹⁰ and obtain a power of 80% and an alpha of 5%.

Patients were randomly assigned to receive the standard physiotherapy treatment used in the CVU (control group [CG]) or the standard physiotherapy treatment plus ARM (intervention group [IG]).

Using R software version 2.15.1 (Duxbury Press, Boston, Massachusetts), a researcher unrelated to the study generated a simple random allocation list representing each group. Patients were allocated to both groups according to the sequence in the list. Based on a protocol previously prepared for this study, and in agreement with the entire physiotherapy team at the Ana Nery hospital, the physiotherapist on duty continued with the interventions¹⁰. The randomization list was manipulated by a single researcher, stored electronically and kept confidential¹¹.

Patients in both groups connected to one of the mechanical ventilators available at the unit (Bird® Candle, SERVO-S Maquet® or Savina Drager®) were ventilated under a protective strategy, with a tidal volume of 6 mL/kg of predicted weight.

In IG patients, ARM was performed immediately after setting the ventilator parameters and starting hemodynamic and respiratory monitoring, only once, after ensuring adequate adaptation to MV. Before performing the ARM, preliminary conditions were ensured:^{12–17} such as correction of the limitation by the resistive component, if necessary; adequate sedation to suppress the respiratory drive; and continuous hemodynamic and oxygenation monitoring before, during and after the intervention. Performed in pressure-controlled ventilation mode, insufflation pressure and PEEP were adjusted to 15 and 25 cm H₂O, respectively, and maintained for 1 minute if hemodynamic conditions permitted. This maneuver was repeated three times at 2 minute intervals. After ARM, ventilatory parameters returned to baseline, including PEEP.

ARM was interrupted when there was a sign of hemodynamic instability, in cases of patient/ventilator asynchrony caused by awakening from anesthesia during the maneuver⁹. In some cases, volume expansions or norepinephrine infusions were necessary to correct hypotension. Due to this intercurrent in some cases, there are chances of increased costs for the use of vasoactive amines.

Arterial blood samples were collected from all patients to assess the arterial partial pressure of oxygen (PaO₂)/FiO₂ ratio immediately after admission to the CVU. Measurements were collected at admission, 1 h after admission, and 6 h after admission.

The occurrence of PC within 5 days post-CS was the primary outcome. Data were collected regarding the total time of MV; UVC time and hospitalization; presence of respiratory distress; need for reintubation or non-invasive ventilation (NIV); and occurrence of apnea, desaturation, pulmonary complications (PPC) or death, considered secondary outcomes, in addition to gas exchange.

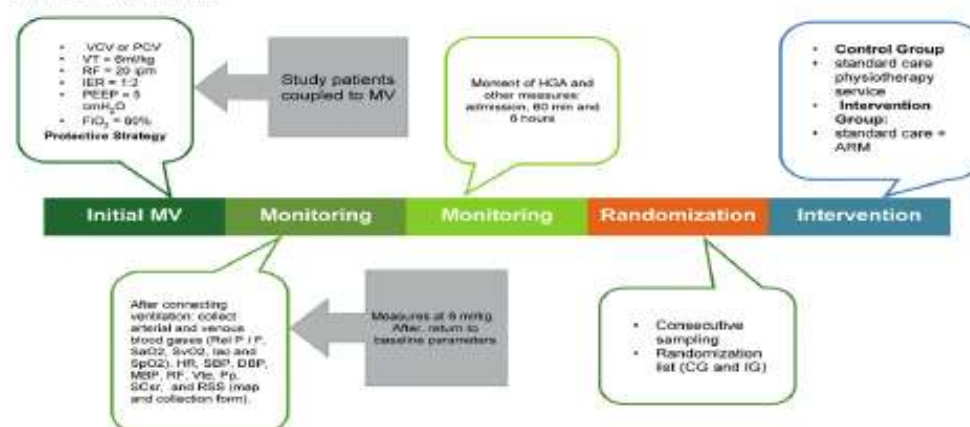
Some of the PCs considered included: pneumonia, leukopenia or leukocytosis; change in tracheal secretion (new purulent secretion); wheezing; rhonchi on pulmonary auscultation and gas exchange worsening; atelectasis diagnosed based on imaging or physical examination; pleural effusion and pneumothorax; pulmonary hemorrhage¹⁰.

Other complications considered in the study: post-operative wound infection (mediastinitis); septic shock; reoperation, performed in case of bleeding unresponsive

to clinical measures or cardiac tamponade; hemodynamic instability associated with ARM (10% drop in mean arterial pressure after the maneuver); use of NIV after extubation, due to desaturation, poor gas exchange or respiratory distress; reintubation; adverse events in the 48 hours after extubation; and death.

Figure 1 shows the research and intervention timeline in the postoperative period.

Figure 1 – Study timeline



Fonte: Autoria própria

Statistical Analysis

Categorical variables were expressed as absolute and relative frequencies (percentages). Mean±standard deviation and median (interquartile range) used for numerical variables. The chi-square test used to compare categorical variables; when appropriate, use of Fisher's exact test or likelihood ratio. Numerical variables were compared using Student's t test or Mann-Whitney test in the case of non-parametric distribution. The Kolmogorov-Smirnov test was used to assess the normality of quantitative variables.

The analysis of variance (ANOVA) test for repeated measures was used to assess differences among functional variables over time and between groups. To analyze the effect of the intervention on the primary and secondary outcomes, two analyses were performed: a per-protocol analysis that included only patients who effectively re-

ceived the intervention and an intention-to-treat analysis that considered all patients, regardless of whether the intervention was administered.

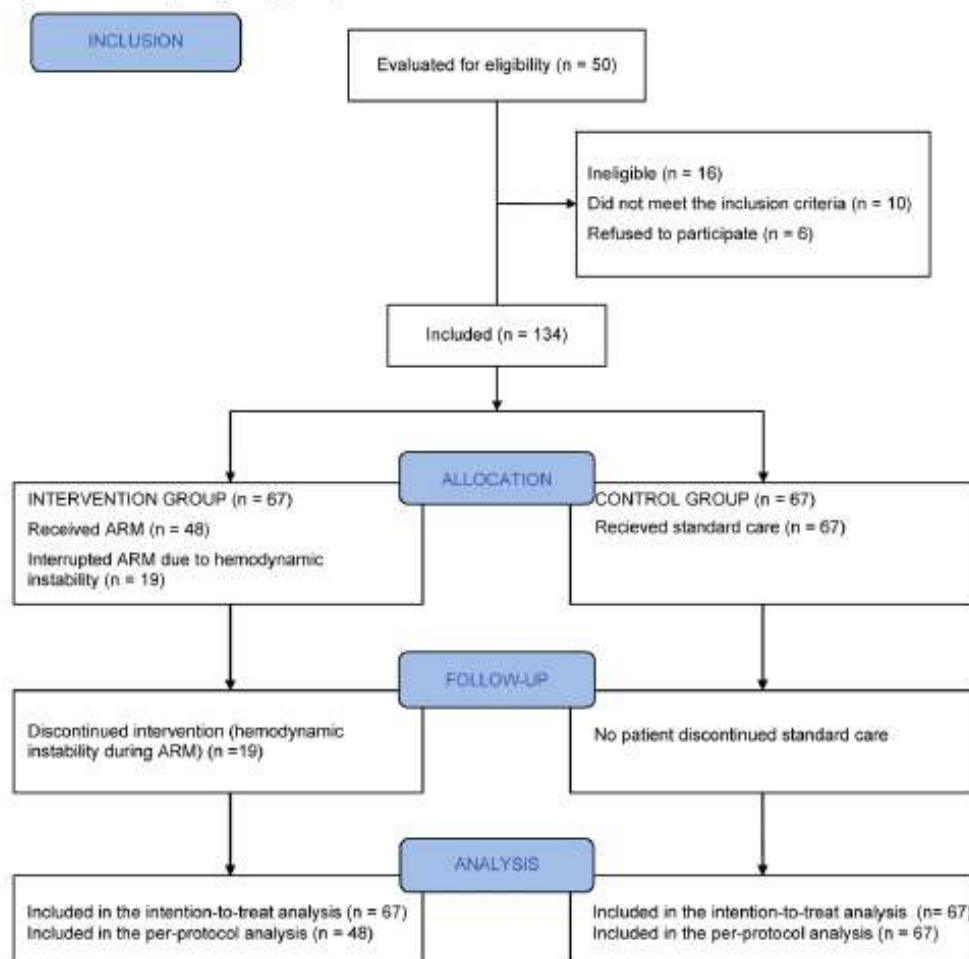
To evaluate the trends in gas exchange over time, the PaO₂/FiO₂ ratio was evaluated at three time points: (1) immediately after unit arrival and immediately after the patient's accommodation on the ventilator; (2) after 60 min of the new gas admission, and (3) after 6 hours. The level of significance was set at 5%.

RESULTS

For our results, figure 2 presents a flowchart of the study participants. All patients received the originally assigned intervention. ARM was interrupted in 19 patients due to hemodynamic instability. Thus, 67 GI patients were eligible for the final analysis.

Effect of the alveolar recruitment manoeuvre on pulmonary complications in the immediate postoperative period of cardiac surgery: preliminary results of a randomised controlled trial

Figure 2 – Flow diagram of study participants



Fonte: Autoria própria

As for baseline characteristics, there were no significant differences between groups (Table 1). In Table 2, which shows the characteristics of the patients in the postoperative period by group, it is possible to see that the time of cardiopulmonary bypass (CPB) was significantly shorter in the control group (CG) than in the intervention group (IG) (71.4 min vs. 84.7 min, $p=0.01$). The most common systemic complications were bleeding and

arrhythmia. Table 3 shows the mechanical ventilatory and respiratory characteristics of both groups. Of the 67 patients in the CG, 19 (28.4%) and 46 (68.7%) patients were ventilated in the assisted-volume-controlled and pressure-assisted-controlled modes, respectively. In the IG, 15 (22.4%) and 50 (74.6%) patients were ventilated in the assisted-volume controlled and pressure-assisted controlled modes, respectively.

Table 1 – Patient characteristics according to study group (n=154)

	Control group (n=67)	Intervention group (n=67)	p-value
Demographic characteristics			
Age, years	36.7(±2.1)	36.6(±2.0)	0.27
Male sex	45 (64.2%)	34 (50.7%)	0.12
BMI (kg/m ²)	26.6(±2.8)	25.7(±2.5)	0.24
Medical background			
Current smoker	10 (14.9%)	10 (14.9%)	1.00
Former smoker	10 (14.9%)	8 (11.9%)	0.61
CHF	20 (29.8%)	26 (38.8%)	0.46
LDL %	36.0(±13.3)	37.2(±13.8)	0.88
SAH	48 (68.7%)	49 (70.1%)	0.77
Diabetes mellitus	16 (23.9%)	18 (26.9%)	0.70
DVT	1 (1.5%)	1 (1.5%)	1.00
asthenia	4 (5.9%)	3 (4.5%)	0.26
long disease	1 (1.5%)	1 (1.5%)	1.00
DLP	12 (17.9%)	13 (19.4%)	0.84
Preoperative risk			
EuroScore II	0.84 (0.76–1.44)	1.13 (0.82–1.11)	0.40
STS Risk mortality	1.4 (0.58–4.03)	1.87 (0.40–2.22)	0.23
STS Risk mortality and morbidity	0.89 (0.68–12.88)	0.46 (0.22–14.54)	0.80

Values are expressed as mean ± SDs, n (%), or mediana (interquartile range), as appropriate.

BMI = body mass index; CHF = congestive heart failure; DLP = dyslipidaemia; DVT = deep vein thrombosis; EuroScore II = European System for Cardiac Operative Risk Evaluation II; LDL = left ventricular ejection fraction; SAH = systemic arterial hypertension; STS Risk = Society of Thoracic Surgeons risk score.

Fonte: dados da pesquisa

Table 2 – Perioperative patient characteristics according to study group (n=134)

	Control group (n=67)	Intervention group (n=67)	p-value
Type of surgery			
MR	42 (62.7%)	34 (50.7%)	0.57
VR	30 (44.8%)	27 (40.3%)	
MR + VR	5 (7.5%)	4 (6.0%)	
Valve repair	2 (3.0%)	2 (3.0%)	
CPB			
CPB time, min	71.4(±26.4)	68.7(±32.3)	0.01
Anoxia time, min	60.2(±24)	72.2(±26.2)	0.01
Systemic complications			
Sepsis	5 (7.5%)	8 (11.9%)	0.39
Bleeding	8 (11.9%)	5 (7.5%)	0.59
Arrhythmias	9 (13.4%)	6 (9.0%)	0.41
Pulmonary hypertension	1 (1.5%)	1 (1.5%)	1.00
ARF	3 (4.5%)	4 (6.0%)	1.00

Values are expressed as mean ± SDs or n (%).

ARF = acute renal failure; CPB = cardiopulmonary bypass; min = minute; MR = myocardial revascularisation; VR = valve replacement.

Fonte: dados da pesquisa

Table 3 – Mechanical ventilatory and respiratory characteristics according to the study group

	Control group (n=67)	Intervention group (n=67)	p-value
Ventilatory mode			
VCV	19 (28.4%)	19 (28.4%)	0.73
PCV	46 (68.7%)	50 (74.6%)	
SPV	2 (3.0%)	2 (3.0%)	
Respiratory mechanics			
Static compliance, mL/cmH ₂ O	36.9(±11.6)	36.2(±14.7)	0.42

Values are expressed as n (%) or mean ± SDs.

PCV = pressure controlled ventilation; SPV = support pressure ventilation; Static compliance = static compliance of the respiratory system; VCV = volume-controlled ventilation.

Fonte: dados da pesquisa

Morepinephrine and nifedipine were used in hypotensive patients not responsive to volume expansions and patients with difficult-to-control hypertension, respectively. All patients were extubated on a scheduled basis, except for those who died within 5 days postoperatively. Table 4 shows the overall PPC incidence according to the intention-to-treat analysis. No difference was observed in this regard between the CG and IG groups (32.8% vs. 31.3%, p=0.85); similar results were observed for each type of PPC. All PPCs occurred up within the first 5 days postoperatively.

Table 4 – Incidence of postoperative pulmonary complications according to the study group in the intention-to-treat analysis

	Control group n=67	Intervention group n=67	p-value
Pulmonary complications			
Pneumonia	4 (6.0%)	10 (14.9%)	0.30
Atelectasis	7 (10.4%)	6 (9.0%)	0.77
Pleural effusion	10 (14.9%)	9 (13.4%)	0.80
Pneumothorax	2 (3.0%)	1 (1.5%)	1.00
Acute pulmonary oedema			
	3 (4.5%)	1 (1.5%)	0.62

Values are expressed as n (%).

Fonte: dados da pesquisa

Nineteen patients were included in the per-protocol analysis (Table 5). There was no difference in the overall incidence of PPCs between the CG and IG patients who presented with hemodynamic instability during ARM. Additionally, there were no differences when individual PPCs were analysed.

Effect of the alveolar recruitment manoeuvre on pulmonary complications in the immediate postoperative period of cardiac surgery: preliminary results of a randomised controlled trial

Table 5 – Incidence of postoperative pulmonary complications according to the study group in the per-protocol analysis

	Control group (n=67)	Intervention group (n=48)	p-value
Pulmonary complications	22 (32.8%)	13 (27.1%)	0.51
Pneumonia	4 (6.0%)	6 (12.5%)	0.32
Atelectasis	7 (10.4%)	4 (8.3%)	0.76
Pleural effusion	10 (14.9%)	4 (8.3%)	0.29
Pneumothorax	2 (3.00%)	1 (2.1%)	1.00
Acute pulmonary oedema	3 (4.5%)	0 (0.0%)	0.26

Values are expressed as n (%).

Fonte: dados de pesquisa

Regarding secondary outcomes, the intention-to-treat analysis showed that there were no significant between-group differences in the total MV time, total length of ICU or hospital stay, NIV requirement, need for reintubation, and mortality (Table 6). Similar results were obtained in the per-protocol analysis (Table 7).

Table 6 – Secondary outcomes according to the study group in the intention-to-treat analysis

Variables	Control group (n=67)	Intervention group (n=67)	p-value
Total MV time, h	8.9 (4.7–12.2)	8.5 (5.5–12.0)	0.87
Total ICU stay, days	3.0 (2–5.0)	3.0 (2–5.0)	0.50
Total length of hospital stay, days	9.0 (7–15.0)	9.0 (7–16.0)	0.85
Use of NIV	10 (14.9%)	5 (7.5%)	0.20
Reintubation	2 (3.0%)	4 (6.0%)	0.68
Death	3 (4.5%)	4 (6.0%)	1.00

Values are expressed as medians (interquartile ranges) or n (%).

ICU = intensive care unit; MV = mechanical ventilation; NIV = non-invasive ventilation.

Fonte: dados de pesquisa

Table 7 – Secondary outcomes according to the study group in the per-protocol analysis

Variables	Control group (n=67)	Intervention group (n=48)	p-value
Total VM time, h	8.9 (4.7–12.2)	8.2 (5.2–12)	0.90
Total ICU stay, days	3.0 (2–5.0)	3.0 (2–4.0)	0.61
Total length of hospital stay, days	9.0 (7–15.0)	9.0 (7–16.0)	0.92
Use of NIV	10 (14.9%)	6 (9.1%)	0.31
Reintubation	2 (3.0%)	3 (6.3%)	0.65
Death	3 (4.5%)	4 (8.3%)	0.45

Values are expressed as medians (interquartile ranges) or n (%).

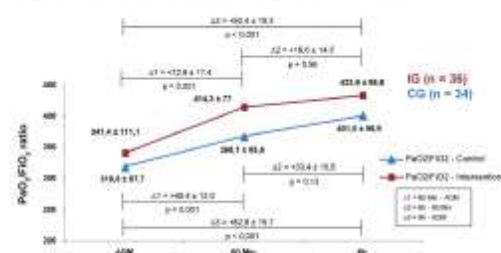
ICU = intensive care unit; MV = mechanical ventilation; NIV = non-invasive ventilation.

Fonte: dados de pesquisa

Figure 3 shows the changes in the PaO₂/FiO₂ ratio over time. Overall, the data of 34 and 36 participants from

the CG and the IG, respectively, were evaluated; this data loss was attributed to the technical limitations. In both groups, there was a significant increase in gas exchange within 60 min of admission (CG: 49.4±12.0, p=0.001; IG: 72.8±17.4, p=0.001), but not between 60 min and 6 h. A significant difference was observed after 6 h in relation to admission (CG: 82.8±15.7, p<0.001; IG: 92.4±19.3, p<0.001). No significant between-group difference was observed in the changes in the PaO₂/FiO₂ ratio (p=0.58).

Figure 3 – Behaviour of intragroup gas exchanges



DISCUSSION

The effectiveness of ARM for managing PCs in the immediate POP of CS has not yet been established. Our preliminary results demonstrate that MRA does not decrease the incidence of PC in the immediate POP of CS. We will continue this study and enroll more patients to ensure the power of affirmation of the primary outcome or at most its tendency.

In our study, ARM was used prophylactically, and our patients did not exhibit severe PC or significant hypoxemia in the first hours of admission or during the first 5 days of hospitalisation. Other studies have included patients with different characteristics. For example, a randomised clinical trial comparing intensive and moderate ARMs in hypoxemic patients found that the former was associated with a lower incidence of severe PPCs within 5 days after CS²⁰.

Unlike ARMs applied in other studies, we used moderate prophylactic manoeuvres. Despite this, interruption was required in a subgroup of patients who were unable to proceed, even when using vasoactive drugs. Although the procedure improves oxygenation, high intrathoracic pressures can seriously affect cardiovascular functions due to interactions between the heart and the lung and between the right and left ventricles²¹.

We believe that individuals with hemodynamic instability and requirement of vasoactive amines should not undergo ARMs. In this regard, studies conducted in patients with ARDS and severe pneumonia have not performed ARMs to avoid increasing the insult to healthy and homogeneous pulmonary areas²². By observing the subgroup requiring ARM interruption, we investigated other factors involved. Atrial fibrillation was the most prevalent systemic complication, followed by bleeding;

comorbidities included smoking, hypertension, and type 2 diabetes mellitus.

In 2017, Longo et al.²³ conducted a study in a population similar to ours and found that CS with CPB affected RV function in 95% of patients with normal preoperative cardiac function. This mechanism of RV dysfunction may have relevant clinical implications²³. In this regard, the incidence of arrhythmia in this study was higher in the CG than in the IG.

Additionally, anaesthesia-induced atelectasis and CPB can affect the RV function during the perioperative period. Lung collapse increases RV impedance through a hypoxic pulmonary vasoconstriction reflex and due to geometric changes in the pulmonary capillaries within the atelectatic lung. Consequently, the RV can become dysfunctional post-CPB²³. Similar to Longo et al.'s findings, the patients who underwent ARM in our study presented improved pulmonary aeration with a consequent reduction in hemodynamic and systemic responses similar to how protective ventilation and individualised positive end-expiratory pressure (PEEP) improve RV dysfunction.

Despite being controversial to our study, and knowing that ARM induces significant hemodynamic changes in patients undergoing CS, ARM when properly applied, and with safe parameters, can be used, due to its ability to improve arterial oxygenation. Thonnerieux et al.²⁴ showed that, through cardiopulmonary interactions, ARM influences cardiac output reversibly and safely. Some of the patients undergoing ARM in our study presented hemodynamic changes that resolved partly with clinical measures, while others required interruption of the manoeuvre.

In a systematic review, Hartland et al.²⁵ showed that atelectasis occurs in up to 100% of patients undergoing general anaesthesia. After myocardial revascularisation surgery, atelectasis causes hypoxemia and pulmonary shunting. Performing ARMs in this population has been suggested to prevent PCs²⁵. Our results are consistent with the cited review because atelectasis was the second most common PC, and most patients underwent myocardial revascularisation (MR) surgery.

Although MR is the most commonly performed surgery, valve replacement remains the most commonly performed surgery in women. Wong et al.²⁶ showed that the post-surgical performance of women differs because of innate sex differences in cardiovascular physiology²⁵. Women have a 5%–10% higher cardiac output, an adjusted maximum aerobic capacity of 10–15%, and lower body mass. Moreover, compared with men, women have lower haemoglobin levels and body surface areas, and smaller left and atrial ventricle dimensions²⁶.

In our intragroup analysis, the gas exchange for both groups at 6 h after CVU arrival increased. However, there was no significant between-group difference in this regard. We also observed that using ARM did not result in a reduction in the MV time, length of stay, NIV or reintubation requirement, or number of deaths²⁸.

In our study, both groups had maintained gas exchange. The maintenance of a baseline PEEP of 8 cm H₂O since admission to MV, as well as the use of the protective strategy, seemed to ensure gas exchange maintenance for both groups. We believe that gas exchange maintenance for both groups and absence of results in agreement with other studies on the other outcomes is a result of some strategies we adopted for patient management. The maintenance of a baseline PEEP of 8 cm H₂O from the beginning of MV, as well as the use of a protective strategy, seemed to ensure gas exchange maintenance in both groups. Therefore, we recommend the use of protective ventilation with low volumes and PEEP \geq 8 cm H₂O in the POP of CS²⁷. As stated in a previous study,²⁸ PEEP has advantages and disadvantages, as the beneficial effect on alveolar recruitment and compliance is counterbalanced by the risk of lung hyperinflation and hemodynamic worsening. A protective strategy can improve the pulmonary function and contribute to a shorter ICU and hospital stay in patients undergoing CS²⁷.

ARM should be applied carefully in older patients because of the risk of significant hemodynamic deterioration²⁹. Our findings confirm that ARM causes significant hemodynamic changes, which our study, to date, has not included.

An important consideration in our study was that both groups were exposed to an early mobilisation protocol on the 1st postoperative day. Those who were extubated without vasoactive drugs were encouraged to resume walking and seated in an armchair. Extubated patients who required low and stable doses of vasoactive drugs were seated in an armchair or with their lower limbs dangling over the side of the bed.

Finally, our results revealed that prophylactic ARMs assure an adequate gas exchange in the POP of CS, especially in patients without severe PCs, implying that the use of protective MV strategies is an interesting tool to be considered in this population. Additionally, early patient mobilisation can likely increase the chances of a positive outcome in these individuals. Another point to consider is that an elevated PEEP should be used with caution in patients with an increased postoperative risk, because of the possibility of inducing hemodynamic instability.

This study had several limitations. First, it had a small sample size. Additionally, the control of other variables, such as early mobilisation, was not performed in any group. Finally, as this was a single-centre study, our results cannot be extrapolated to populations with different clinical or ethnic characteristics. Future studies addressing the role of ARM in CS should include a larger number of patients and adequately control for mobilisation variables.

Despite these limitations, to the best of our knowledge, this is one of the first clinical trials conducted in Bahia to focus specifically on pulmonary re-expansion techniques for CS patients. Considering that CS usually

Effect of the alveolar recruitment manoeuvre on pulmonary complications in the immediate postoperative period of cardiac surgery: preliminary results of a randomised controlled trial

generates multiple physiological repercussions in the POP, the findings can be helpful to improve the outcomes of CS patients. Future studies should distinguish the profile of the CS patients who will optimally benefit from ARM.

CONCLUSION

Prophylactic ARM did not lower the incidence of immediate PCs during the POP of CS and was not effective in improving gas exchange and reducing MV time, reintubation occurrence, and length of ICU and hospital stay. ARM did not improve the primary and secondary outcome measures and was associated with an increased risk of hemodynamic instability. Patients should be screened thoroughly before undergoing ARM.

Acknowledgements

We thank Dr. Luis Carlos Santana Passos, director of Hospital Ana Nery, who trusted and believed in our research and allowed us to carry out this study; and to all those directly involved with this study. We would also like to thank Editage (www.editage.com) for the English language edition.

REFERENCES

- AZEVEDO, D. F. C. et al. Critical analysis of the classic indications for myocardial revascularisation. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, São Paulo, v. 65, n.3, p. 319-325, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.3.319>.
- NEUMANN, F. J. et al. ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularisation. *Eur Heart J*, London, v. 40, p.87-165, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>.
- STEPHENS, R. S. Whitman GJR. Postoperative critical care of the adult cardiac surgical patient. Part II: procedure-specific considerations, management of complications, and quality improvement. *Crit Care Med.*, New York, v. 43, n.9, p.1985-2014, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001171>.
- VOS, R.J.; Van PUTTE, B.P.; KLOPPENBURG, G.T. L. Prevention of deep sternal wound infection in cardiac surgery: a literature review. *J. Hosp. Infect.*, v.100, n.4, p.411-420, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2018.05.026>.
- BADENES, R.; LOZANO, A.; BELDA, F. J. Postoperative pulmonary dysfunction and mechanical ventilation in cardiac surgery. *Crit. Care Res. Pract.*, [s.l.], v. 2015, p. 420513, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/420513>.
- BIGNAMI, E. et al. Routine practice in mechanical ventilation in cardiac surgery in Italy. *J. Thorac. Dis.*, [S.l.], v. 2019, n.11, p.1571-1579. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.03.04>.
- MINKOVICH, L. et al. Effects of alveolar recruitment on arterial oxygenation in patients after cardiac surgery: a prospective, randomised, controlled clinical trial. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, [s.l.], v.21, n.3, p. 375-378, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2006.01.003>.
- SERITA, R.; MORISAKI, H.; TAKEDA, J. An individualised recruitment manoeuvre for mechanically ventilated patients after cardiac surgery. *J. Anesth.*, v.23, p.87-92, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00540-008-0686-3>.
- CHACKO, J.; RANI, U. Alveolar recruitment maneuvers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome. *Indian J. Crit. Care Med.*, Mumbai, v.13, p.1-7, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4103/0972-5229.53107>.
- MENDENHALL, W. *Statistics for management and economics*. 4th ed. Massachusetts: Duxbury Press, 1987. p.801-807.
- Prince M, et al. Measuring disability across physical, mental, and cognitive disorders. In: REGIER, D. A. et al. (eds.). *The conceptual evolution of DSM-5*. Washington, DC: American Psychiatric Publishing Inc, 2011. p.189-227.
- CAVALCANTI, A. B. et al. Effect of lung recruitment and titrated positive end-expiratory pressure (PEEP) vs low PEEP on mortality in patients with acute respiratory distress syndrome – a randomized clinical trial. *JAMA*, Chicago, v.318, n.14, p.1335-1345, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.14171>.
- BELDA, J.; FERRANDO, C.; GARUTTI, I. The effects of an open-lung approach during one-lung ventilation on postoperative pulmonary complications and driving pressure: a descriptive, multicenter national study. *J Cardiothorac Vasc Anesth.*, [S.l.], 2018, v.32, n.6, p.2665-2672. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2018.03.028>.
- CHEN, Y.H. et al. Effects of lung expansion therapy on lung function in patients with prolonged mechanical ventilation. *Can. Respir. J.*, Oakville, v. 2016, p. 5624315, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/5624315>.
- HESS, D. R. Recruitment maneuvers and PEEP titration. *Respir. Care*, v.60, n.11, p.1688-1704, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.04409>.
- COSTA LEME, A. et al. Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications a randomized clinical trial. *JAMA*, Chicago, 2017, v.317, n.14, p.1422-1432. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.2297>.
- BHATTACHARJEE, S.; SONI, K.D.; MAITRA, S. Recruitment maneuver does not provide any mortality benefit over lung protective strategy ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis and systematic review of the randomized controlled trials. *J. Intensive Care*, Cambridge, v. 6, p.1-8, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40560-018-0305-9>.
- RENAULT, J. A.; COSTA-VAL R.; ROSSETTI, B. Fisioterapia respiratória na disfunção pulmonar pós cirurgia cardíaca. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, São Paulo, v. 23, n.4, p.562-569, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-76382008000400018>.
- HULZEBOS, E. H. et al. Muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial. *JAMA*, v.296, n.15 p.1851-1857, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.296.15.1851>.
- COSTA LEME, A. et al. Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications a randomised clinical trial. *JAMA*, Chicago, 2017, v.317, p.1422-1432. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.2297>.
- LOVAS, A.; SZAKMÁNY, T. Haemodynamic effects of lung recruitment manoeuvres. *Biomed. Res. Int.*, Hindawi, v.2015, p.478970, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/478970>.
- ZAMPIERI, F.G. et al. Heterogeneous effects of alveolar recruitment in acute respiratory distress syndrome: a machine learning reanalysis of the Alveolar Recruitment for Acute Respiratory Distress Syndrome Trial. *Br. J. Anaesth.* Altrincham, v.123, p. 88-95, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.02.026>.

23. LONGO, S. et al. Lung recruitment improves right ventricular performance after cardiopulmonary bypass: a randomised controlled trial. *Eur. J. Anaesthesiol., Oxford*, v. 34, n.2, p.66-74, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000559>.
24. Thonnerieux, M. et al. The ability of esCCO and ECOM monitors to measure trends in cardiac output during alveolar recruitment manoeuvre after cardiac surgery: a comparison with the pulmonary thermodilution method. *Anesth Analg., Cleveland*, v.121, n.2, p. 383-391, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000753>.
25. HARTLAND, B. L.; NEWELL, T.J.; DAMICO, N. Alveolar recruitment manoeuvres under general anaesthesia: a systematic review of the literature. *Respir. Care*, v.60, n.4, p.609-620, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.03488>.
26. WONG, S. C. et al. The influence of gender on in-hospital clinical outcome following isolated mitral or aortic heart valve surgery. *Cardiovasc. Revasc. Med., New York*, v. 20, n.6, p. 468-474, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2018.08.004>.
27. PARK, S. H. Perioperative lung-protective ventilation strategy reduces postoperative pulmonary complications in patients undergoing thoracic and major abdominal surgery. *Korean J. Anesthesiol., Seoul*, v.69, p.3-7, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4097/kjae.2016.69.1.3>.
28. BITKER, L.; RICHARD, J. C. Intensive alveolar recruitment strategy in the post-cardiac surgery setting: one PEEP level may not fit all. *J. Thorac. Dis. [S.l.]*, v.9, n.8, p.2288-2292, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.07.54>.
29. JO, Y.Y. et al. Effects of an alveolar recruitment manoeuvre during lung protective ventilation on postoperative pulmonary complications in elderly patients undergoing laparoscopy. *Clin. Interv. Aging, Auckland*, v.15, p.1461-1469, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2147/CIA.5264>.

Submetido em: 12/05/2022

Aceito em: 26/10/2022

