UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REABILITAÇÃO E DESEMPENHO FUNCIONAL

FABIANO OLIVEIRA DA ROCHA

IMPACTO DA MOBILIZAÇÃO PRECOCE NA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA SOBRE A MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE PACIENTES NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA E ABDOMINAL

Estudo 1 - Effects of Early Mobilization on Autonomic Modulation of Heart Rate in Postoperative Cardiac Surgery Patients: A Systematic Review

Estudo 2 - Efeito de dois protocolos de mobilização em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal alta sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca: ensaio clínico randomizado

BELÉM – PA
2026

FABIANO OLIVEIRA DA ROCHA

IMPACTO DA MOBILIZAÇÃO PRECOCE NA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA SOBRE A MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE PACIENTES NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA E ABDOMINAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional - PPGREAB, da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Reabilitação e Desempenho Funcional.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Santiago Barbosa Rocha

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com o ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48i Oliveira da Rocha, Fabiano

Impacto da mobilização precoce na unidade de terapia intensiva sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca de pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca e abdominal / Fabiano Oliveira da Rocha. — Belém, 2026.

68 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Santiago Barbosa Rocha

Dissertação (Programa de Pós Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional) - Universidade do Estado do Pará, Campus III - Curso de Educação Física, 2026.

1. Coração - cirurgia . 2. Abdômen - cirurgia . 3. Cuidados pós-operatórios. 4. Unidade de terapia intensiva. 5. Frequência cardíaca . I. Título.

CDD 22.ed. 615.82

FABIANO OLIVEIRA DA ROCHA

IMPACTO DA MOBILIZAÇÃO PRECOCE NA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA SOBRE A MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE PACIENTES NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA E ABDOMINAL

DATA DA DEFESA: 05 de AGOSTO de 2026.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Paulo Eduardo Santos Avila / UFPA (Avaliador Titular)

Drª. Beatriz Cardoso Araújo Dias / UEPA (Avaliadora Titular)

Dr. Tiago Santos Silveira / UEPA (Avaliador Titular)

Dr. Saul Rassy Carneiro / UFPA (Suplente)

Dra. Larissa Salgado de Oliveira Rocha / UEPA (Suplente)

BELÉM – PA
2026

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional ao longo de toda esta caminhada. A confiança depositada em mim e os ensinamentos recebidos foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Esta conquista também pertence a vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios e conduzir meus passos até a conclusão desta etapa.

À minha família, pelo amor, pela compreensão e pelo incentivo constante. Obrigado por acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais difíceis, e por serem minha base em todas as fases da vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Santiago Barbosa Rocha, pela confiança, pela orientação segura, pelos ensinamentos e pela disponibilidade ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. Sua contribuição foi essencial para minha formação acadêmica e científica.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional (PPGREAB), pelos conhecimentos compartilhados e pelas valiosas contribuições durante esta trajetória.

À minha dupla, Juliana Bezerra Santos, pela parceria, dedicação e companheirismo durante todas as etapas dessa jornada. Obrigado pelas discussões, pela troca de conhecimentos e pelo apoio nos momentos mais desafiadores.

Aos amigos que o mestrado me presenteou, Suellen, Ingridy, Juliana G., Will, Jennifer e Emyly, obrigado por tornarem essa jornada mais leve e por dividirem comigo cada angústia, cada dúvida e cada pequena vitória ao longo do caminho. Os cafés, as risadas, as trocas e os desabafos fizeram toda a diferença. Vocês transformaram esse processo, e por isso levo cada um de vocês com carinho para a vida.

À Ranna Barros de Souza, minha maior incentivadora, deixo um agradecimento especial. Se não fosse por você, eu sequer teria feito o processo seletivo do mestrado. Obrigado por acreditar em mim antes mesmo que eu acreditasse, por me impulsionar a dar o primeiro passo e por estar presente em cada etapa dessa caminhada. Essa conquista também é sua.

Por fim, agradeço aos pacientes que participaram desta pesquisa, pela confiança e disponibilidade. Sem a contribuição de cada um deles, este estudo não seria possível. Aos profissionais da equipe multiprofissional e a todos que colaboraram com a coleta de dados e com a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

RESUMO

Esta dissertação reúne dois estudos. O primeiro, intitulado "Efeito de dois protocolos de mobilização em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal alta sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca: ensaio clínico randomizado", avaliou os efeitos da deambulação e da cicloergometria sem carga, ambas associadas à fisioterapia convencional, sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca em pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta. Os pacientes foram randomizados para um dos protocolos e acompanhados durante o período pós-operatório por meio da análise da variabilidade da frequência cardíaca, além da avaliação do tempo de permanência na unidade de terapia intensiva e da internação hospitalar. Os dois protocolos favoreceram a recuperação da modulação autonômica. Já os pacientes submetidos à cicloergometria apresentaram maiores valores de SDNN e SD2, indicando maior recuperação da variabilidade global da frequência cardíaca. Não houve diferença entre os grupos em relação ao tempo de permanência na unidade de terapia intensiva e ao tempo de internação hospitalar. O segundo estudo, "Efeitos da mobilização precoce na modulação autonômica da frequência cardíaca em pacientes após cirurgia cardíaca: revisão sistemática", reuniu as evidências disponíveis sobre os efeitos da mobilização precoce na modulação autonômica da frequência cardíaca em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Na maioria dos estudos incluídos, observou-se aumento de índices relacionados à atividade vagal e à variabilidade da frequência cardíaca após a mobilização precoce. A revisão também evidenciou limitações da literatura, principalmente a heterogeneidade dos protocolos de mobilização e dos métodos empregados para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca, o número reduzido de ensaios clínicos e a escassez de estudos envolvendo outras populações cirúrgicas. Juntando aos dois estudos, fica claro que a mobilização precoce contribui para a recuperação da modulação autonômica no período pós-operatório e sustentam o valor da variabilidade da frequência cardíaca como ferramenta para acompanhar esse processo.

ABSTRACT

This dissertation comprises two studies. The first, entitled "Effects of Two Early Mobilization Protocols on Cardiac Autonomic Modulation in Patients Following Major Upper Abdominal Surgery: A Randomized Controlled Trial," evaluated the effects of ambulation and unloaded cycle ergometry, both combined with conventional physiotherapy, on cardiac autonomic modulation in patients undergoing major upper abdominal surgery. Participants were randomly assigned to one of the intervention protocols and followed throughout the postoperative period. Cardiac autonomic modulation was assessed using heart rate variability (HRV) analysis, in addition to intensive care unit (ICU) and hospital length of stay. Both protocols promoted recovery of cardiac autonomic modulation. However, patients in the unloaded cycle ergometry group showed higher SDNN and SD2 values, indicating greater recovery of overall HRV. No significant differences were observed between the groups regarding ICU or hospital length of stay. The second study, entitled "Effects of Early Mobilization on Heart Rate Autonomic Modulation in Patients Following Cardiac Surgery: A Systematic Review," synthesized the available evidence on the effects of early mobilization on cardiac autonomic modulation in patients undergoing cardiac surgery. Most of the included studies reported improvements in vagal-related indices and HRV following early mobilization. The review also identified important limitations in the current literature, including heterogeneity in mobilization protocols and HRV assessment methods, the limited number of randomized clinical trials, and the scarcity of studies involving other surgical populations. Taken together, the findings of both studies indicate that early mobilization contributes to the recovery of cardiac autonomic modulation during the postoperative period and support the use of HRV as a valuable tool for monitoring this recovery process.

LISTA DE ABREVIATURAS

BVS – Biblioteca Virtual em Saúde

CABG – Coronary Artery Bypass Grafting (Cirurgia de Revascularização do Miocárdio)

CPAP – Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas (Continuous Positive Airway Pressure)

CRM – Cirurgia de Revascularização do Miocárdio

DAC – Doença Arterial Coronariana

DeCS – Descritores em Ciências da Saúde

FC – Frequência Cardíaca

GC – Grupo Controle

GEx – Grupo Exercício

GI – Grupo Inicial

GMP – Grupo Mobilização Precoce

GPC – Grupo Exercícios + CPAP

GRV – Grupo Realidade Virtual

GT – Grupo Treinamento

HF – Alta Frequência (High Frequency)

IAM – Infarto Agudo do Miocárdio

LF – Baixa Frequência (Low Frequency)

LF/HF – Razão entre Baixa e Alta Frequência

MeSH – Medical Subject Headings

PICO – Population, Intervention, Comparison, Outcome

PO – Pós-operatório

PO1 – Primeiro Dia de Pós-operatório

PO2 – Segundo Dia de Pós-operatório

PO3 – Terceiro Dia de Pós-operatório

PO4 – Quarto Dia de Pós-operatório

PO5 – Quinto Dia de Pós-operatório

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PubMed – Public/Publisher MEDLINE

QCRI – Qatar Computing Research Institute

RMSSD – Root Mean Square of Successive Differences

RoB 2 – Risk of Bias 2

SD1 – Desvio Padrão da Variabilidade Instantânea (Plot de Poincaré)

SD2 – Desvio Padrão da Variabilidade de Longo Prazo (Plot de Poincaré)

SDNN – Desvio Padrão de Todos os Intervalos NN

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

UTI – Unidade de Terapia Intensiva

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

VS – Versus

Web of Science – Web of Science Core Collection

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA **4**

AGRADECIMENTOS **5**

RESUMO **6**

LISTA DE ABREVIATURAS **8**

INTRODUÇÃO GERAL **11**

REFERÊNCIAS - INTRODUÇÃO GERAL **17**

Estudo 1 - Efeito de dois protocolos de dois protocolos de mobilização em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal alta sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca: ensaio clínico randomizado **19**

RESUMO 43

ABSTRACT 45

INTRODUÇÃO 46

METODOLOGIA 47

RESULTADOS 49

DISCUSSÃO 54

LIMITAÇÕES DO ESTUDO 59

CONCLUSÃO 59

REFERÊNCIAS – ESTUDO I 61

Estudo 2 - Effects of Early Mobilization on Autonomic Modulation of Heart Rate in Postoperative Cardiac Surgery Patients: A Systematic Review **19**

ABSTRACT 19

INTRODUCTION 20

DESIGN AND METHODS 21

RESULTS 24

DISCUSSION 28

LIMITATIONS 30

CONCLUSION 30

CONFLICT OF INTEREST 31

REFERÊNCIAS – ESTUDO II 32

CONSIDERAÇÕES FINAIS **68**

ANEXOS E APÊNDICES **70**

ANEXO A - Parecer de aprovação do Comitê de Ética 70

ANEXO B - Comprovante de submissão do artigo científico 71

INTRODUÇÃO GERAL

As cirurgias realizadas nos quadrantes superiores do abdômen, conhecidas como cirurgias abdominais altas, compreende procedimentos de grande porte realizados sobre órgãos: estômago, fígado, pâncreas, baço e vias biliares. Apesar dos avanços nas técnicas anestésicas, cirúrgicas e nos cuidados perioperatórios, esses procedimentos continuam associados a altas taxas de morbimortalidade devido à intensa resposta fisiológica provocado pelo trauma cirúrgico (DESBOROUGH, 2000).

O estresse operatório promove ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e do sistema nervoso simpático, resultando em aumento da liberação de catecolaminas, cortisol e mediadores inflamatórios, os quais repercutem diretamente sobre os sistemas cardiovascular, respiratório e musculoesquelético, e podem contribuir para disfunção autonômica, redução da capacidade funcional, maior incidência de complicações pós-operatórias e aumento no tempo de internação hospitalar (DESBOROUGH, 2000; IVASCU et al., 2024).

O trauma cirúrgico não se limita ao eixo neuroendócrino e também envolve a liberação de mediadores inflamatórios, como interleucinas, fator de necrose tumoral e proteínas de fase aguda. A intensidade dessa resposta pode variar conforme a extensão da lesão tecidual, a duração do procedimento, o tipo de anestesia, a presença de comorbidades e a condição clínica pré-operatória do paciente. Esse conjunto de alterações justificam a maior vulnerabilidade dos pacientes a arritmias, instabilidade hemodinâmica, infecções, disfunções orgânicas e prolongamento da internação (PAN et al., 2025; DESBOROUGH, 2000).

O período pós-operatório está associado a diversas complicações decorrentes da resposta ao trauma cirúrgico e dos efeitos da anestesia. No sistema respiratório, a dor, a manipulação da cavidade abdominal, a anestesia geral e a redução da mobilidade diafragmática comprometem a mecânica ventilatória, promovendo diminuição dos volumes pulmonares e favorecendo o desenvolvimento de complicações como atelectasia, hipoxemia, pneumonia e aumento do trabalho respiratório. Paralelamente, no sistema musculoesquelético, a permanência no leito e a redução da mobilidade contribuem para perda de força e massa muscular, diminuição da capacidade aeróbica e comprometimento da

funcionalidade, dificultando a realização de atividades básicas, como sentar, levantar e deambular (MISKOVIC, 2017; LIMA DE ARAUJO et al., 2025).

A capacidade do corpo de ajustar-se às alterações causadas pelo trauma cirúrgico está ligada à atuação do sistema nervoso autônomo, responsável pela regulação das funções cardiovasculares, metabólicas e respiratórias. Os ramos simpático e parassimpático contribuem para preservar a homeostase e regular a frequência cardíaca, a pressão arterial e o débito cardíaco conforme as demandas fisiológicas. A ativação do sistema simpático leva ao aumento da frequência cardíaca, da contratilidade miocárdica e da resistência vascular periférica. Por outro lado, o sistema parassimpático atua de forma oposta, diminuindo a frequência cardíaca e auxiliando na recuperação do corpo após períodos de estresse. (SHAFFER; GINSBERG, 2017).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) captura a dinâmica entre os dois ramos autonômicos. As pequenas variações no tempo entre um batimento e outro, são reflexos da interação contínua entre simpático, parassimpático, ritmo respiratório e barorreflexo. Um coração saudável não apresenta intervalos regulares. Pequenas oscilações entre um batimento e outro demonstram a capacidade do sistema cardiovascular de adaptar-se às mudanças internas e ambientais. A presença dessa irregularidade demonstra que o sistema cardiovascular é capaz de se ajustar a mudanças internas e externas em tempo real. Dentro dos limites fisiológicos, mais oscilação significa maior capacidade adaptativa, menos oscilação, menor capacidade autonômica regulatória (SHAFFER; GINSBERG, 2017; MENUET et al., 2025).

A VFC é um método não invasivo e de baixo custo utilizado para avaliar a modulação autonômica cardíaca. Entre os parâmetros mais empregados destacam-se o intervalo R-R, o RMSSD e o SDNN, obtidos no domínio do tempo, além dos componentes de baixa (LF) e alta frequência (HF) e da razão LF/HF, derivados da análise espectral. Também podem ser utilizados métodos não lineares, como o plot de Poincaré, do qual se obtêm os índices SD1 e SD2. Em conjunto, esses parâmetros permitem caracterizar a atividade autonômica, desde que interpretados considerando a interação entre mecanismos simpáticos, parassimpáticos e

barorreflexos, especialmente no caso dos índices espectrais (LIU, CUI & CHEN, 2025; MALIK et al., 1996).

Da mesma forma, a razão entre baixa e alta frequência, utilizada como indicador de balanço simpatovagal, deve ser analisada sempre em conjunto com outros índices, nunca isolada. O plot de Poincaré, representa cada intervalo R-R em função do intervalo seguinte. O índice SD1, descreve a dispersão transversal do gráfico, espelha o RMSSD e a modulação vagal de curto prazo, enquanto o SD2, descreve a dispersão longitudinal, espelha o SDNN e a variabilidade global dos intervalos cardíacos, mantendo relação próxima com o SDNN (MALIK et al., 1996; VAN ROON et al., 2025).

A recuperação do paciente cirúrgico não depende apenas do sucesso do procedimento operatório em si. Intervenções realizadas no período pós-operatório imediato, dentro da própria UTI ou enfermaria, exercem influência na recuperação funcional, na incidência de complicações e no tempo de internação. A mobilização precoce é hoje um dos pilares dos programas de recuperação acelerada após cirurgia, e diferentes sociedades científicas já a recomendam como estratégia central para conter os efeitos da imobilidade e acelerar o restabelecimento fisiológico do paciente (LJUNGQVIST, SCOTT & FEARON, 2017; GUSTAFSSON et al., 2025).

O repouso prolongado no leito aumenta os efeitos do trauma cirúrgico e favorece alterações musculoesqueléticas, cardiovasculares e respiratórias, como perda de força muscular, redução da capacidade funcional, diminuição do retorno venoso, intolerância ortostática e maior risco de complicações pulmonares. Nesse contexto, a mobilização precoce tem sido adotada para minimizar esses efeitos por meio de intervenções progressivas, como sedestação, ortostatismo, exercícios ativos, cicloergometria e deambulação, contribuindo para a recuperação funcional e para o restabelecimento das respostas cardiovasculares e respiratórias durante o período pós-operatório (XU et al., 2025; LEWIS et al., 2025).

A mobilização precoce não favorece apenas a função muscular. A realização de exercícios ativos no pós-operatório também influencia na resposta cardiovascular ao favorecer o retorno venoso, a manutenção do débito cardíaco e a regulação autonômica. Esses efeitos justificam sua ampla utilização em programas

de reabilitação cardiovascular. Além disso, exercícios de baixa e moderada intensidade têm sido frequentemente associados ao aumento da VFC, seguidos por redução da atividade simpática e maior participação do sistema parassimpático durante a recuperação pós-operatória (BROWN et al., 2024).

A deambulação é amplamente utilizada como estratégia de mobilização precoce por favorecer a recuperação funcional e estimular respostas cardiovasculares, respiratórias e musculoesqueléticas. Entretanto, nem todos os pacientes conseguem caminhar nas fases iniciais do pós-operatório em razão da dor, fadiga, instabilidade hemodinâmica ou da necessidade de dispositivos invasivos. Nesses casos, modalidades alternativas de mobilização permitem manter o exercício terapêutico até que a marcha possa ser realizada com segurança (WILLNER et al., 2023; O'GRADY et al., 2024).

A cicloergometria representa uma alternativa de mobilização para pacientes que ainda não conseguem realizar a deambulação no período pós-operatório. O método pode ser aplicado de forma ativo, ativo-assistida ou passivos, de acordo com a condição clínica do paciente, possibilitando o início precoce ao exercício. Além dos benefícios sobre a função muscular e a capacidade funcional, estudos indicam que a cicloergometria também favorece a recuperação das respostas cardiovasculares e da modulação autonômica durante a internação (LÜ, et al., 2026; O'GRADY et al., 2024).

A deambulação e a cicloergometria fazem parte dos programas de mobilização precoce, mas diferem quanto ao tipo e à intensidade do estímulo imposto ao paciente. Mesmo assim, poucos estudos compararam seus efeitos sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca. A maior parte das pesquisas concentrou-se em desfechos clínicos, como capacidade funcional, força muscular, tempo de internação e ventilação mecânica, e foi realizada com pacientes submetidos à cirurgia cardíaca ou internados em unidades de terapia intensiva. Em pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta, as evidências ainda são limitadas (SCHWEICKERT et al., 2009; KANEJIMA et al., 2020; O'GRADY et al., 2024).

Embora os benefícios da mobilização precoce sobre a recuperação funcional estejam amplamente estabelecidos na literatura, ainda existem lacunas quanto aos seus mecanismos fisiológicos, no que se refere à recuperação da modulação

autonômica cardíaca. Foi justamente essa necessidade que motivou o desenvolvimento do primeiro estudo desta dissertação, apresentado sob a forma de uma revisão sistemática, com objetivo de sintetizar as evidências disponíveis sobre os efeitos da mobilização precoce na modulação autonômica da frequência cardíaca em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. As lacunas identificadas serviram de base para o desenvolvimento do ensaio clínico randomizado apresentado no segundo artigo.

O primeiro estudo desta dissertação consistiu em uma revisão sistemática, a qual evidenciou que a mobilização precoce está associada à melhora da modulação autonômica após a cirurgia cardíaca, com aumento de índices relacionados à atividade vagal e à VFC, especialmente quando iniciada nos primeiros dias de pós-operatório. No entanto, também evidenciou limitações relevantes, como a heterogeneidade dos protocolos de mobilização, dos métodos de análise da VFC e a escassez de ensaios clínicos relevantes, limitando a comparação entre os estudos e a extrapolação dos resultados para outras populações cirúrgicas.

A revisão sistemática mostrou que a maior parte dos estudos sobre mobilização precoce e modulação autonômica da frequência cardíaca foi realizada em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, enquanto as investigações em cirurgia abdominal alta permanecem escassas. Embora ambas as condições compartilhem alterações fisiológicas decorrentes do trauma cirúrgico, como resposta inflamatória sistêmica, aumento da atividade simpática e redução da VFC, elas diferem quanto à extensão da lesão cirúrgica, ao comprometimento respiratório, à intensidade da dor e à evolução funcional no período pós-operatório. Essas particularidades podem modificar a resposta à mobilização precoce, justificando a realização de estudos específicos nessa população (PAN et al., 2025; ZAHID et al., 2025).

Outro aspecto observado foi que a maioria dos estudos comparava mobilização precoce com cuidados convencionais ou ausência de mobilização, havendo escassez de estudo que comparem diferentes estratégias de reabilitação entre si. Consequentemente, permanecia sem resposta uma questão clinicamente relevante: diferentes modalidades de mobilização seriam capazes de produzir respostas autonômicas distintas durante a recuperação pós-operatória? (MENGES, et al., 2021).

Essa lacuna motivou o desenvolvimento da segunda etapa desta linha de pesquisa, representada pelo ensaio clínico randomizado *"Efeito de dois protocolos de mobilização em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal alta sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca"*, com o objetivo de comparar duas estratégias utilizadas na prática fisioterapêutica, deambulação e cicloergometria sem carga, mantendo os demais componentes da fisioterapia convencional. Essa abordagem permitiu investigar especificamente o efeito da modalidade de mobilização sobre a recuperação autonômica.

Nesse contexto, esta dissertação foi estruturada em dois estudos complementares. O primeiro sintetizou as evidências disponíveis sobre os efeitos da mobilização precoce na modulação autonômica da frequência cardíaca e identificou aspectos ainda pouco explorados pela literatura. A partir dessas informações, foi conduzido um ensaio clínico randomizado para avaliar os efeitos de dois protocolos de mobilização precoce em pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta. A integração desses estudos amplia o conhecimento sobre a resposta autonômica ao exercício no pós-operatório e contribui para o desenvolvimento de estratégias de reabilitação baseadas em evidências.

REFERÊNCIAS - INTRODUÇÃO GERAL

BROWN, Todd M. et al. Core components of cardiac rehabilitation programs: 2024 update: a scientific statement from the American Heart Association and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. **Circulation**, v. 150, n. 18, p. e328-e347, 2024.

DESBOROUGH, J. P. The stress response to trauma and surgery. **British journal of anaesthesia**, v. 85, n. 1, p. 109-117, 2000.

GUSTAFSSON, Ulf O. et al. Guidelines for perioperative care in elective colorectal surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society recommendations 2025. **Surgery**, p. 109397, 2025.

KANEJIMA, Yuji et al. Effect of early mobilization on physical function in patients after cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 19, p. 7091, 2020.

LEWIS, Kimberley et al. Executive summary of a focused update to the clinical practice guidelines for the prevention and management of pain, anxiety, agitation/sedation, delirium, immobility, and sleep disruption in adult patients in the ICU. **Critical care medicine**, v. 53, n. 3, p. e701-e710, 2025.

LIMA DE ARAUJO, Caio Augusto et al. Effect of early postoperative mobilization on functional recovery, hospital length of stay, and postoperative complications after immediate internal pudendal artery perforator flap reconstruction for irradiated abdominoperineal resection defects: a prospective, randomized controlled trial. **Annals of Surgical Oncology**, v. 32, n. 2, p. 993-1004, 2025.

LIU, Shujuan; CUI, Yunyi; CHEN, Meihong. Heart rate variability: A multidimensional perspective from physiological marker to brain-heart axis disorders prediction. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 12, p. 1630668, 2025.

LJUNGQVIST, Olle; SCOTT, Michael; FEARON, Kenneth C. Enhanced recovery after surgery: a review. **JAMA surgery**, v. 152, n. 3, p. 292-298, 2017.

MALIK, Marek et al. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European heart journal**, v. 17, n. 3, p. 354-381, 1996.

MENGES, Dominik et al. Systematic early versus late mobilization or standard early mobilization in mechanically ventilated adult ICU patients: systematic review and meta-analysis. **Critical Care**, v. 25, n. 1, p. 16, 2021.

MENUET, Clément et al. Redefining respiratory sinus arrhythmia as respiratory heart rate variability: an international Expert Recommendation for terminological clarity. **Nature Reviews Cardiology**, v. 22, n. 12, p. 978-984, 2025

MISKOVIC, A.; LUMB, A. B. Postoperative pulmonary complications. **BJA: British Journal of Anaesthesia**, v. 118, n. 3, p. 317-334, 2017.

O'GRADY, Heather K. et al. Leg cycle ergometry in critically ill patients—an updated systematic review and meta-analysis. **NEJM evidence**, v. 3, n. 12, p. EVIDoa2400194, 2024.

PAN, Wei-Tong et al. Effect of perioperative autonomic nervous system imbalance on surgical outcomes: a systematic literature review. **British Journal of Anaesthesia**, 2025.

SCHWEICKERT, William D. et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. **The Lancet**, v. 373, n. 9678, p. 1874-1882, 2009.

SHAFFER, Fred; GINSBERG, Jay P. An overview of heart rate variability metrics and norms. **Frontiers in public health**, v. 5, p. 290215, 2017.

WILLNER, Antonie et al. Effects of early postoperative mobilization following gastrointestinal surgery: systematic review and meta-analysis. **BJS open**, v. 7, n. 5, p. zrad102, 2023.

XU, Jing et al. Effectiveness of Nurse-Led Early Mobility Protocols on the Outcomes of Critical Care Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nursing open**, v. 12, n. 5, p. e70206, 2025.

ZAHID, Maheen et al. Assessment of Postoperative Pain, Anxiety, and Functional Recovery Among Patients Undergoing Elective Abdominal Surgery. **Cureus**, v. 17, n. 6, 2025.

Estudo I - Effects of Early Mobilization on Autonomic Modulation of Heart Rate in Postoperative Cardiac Surgery Patients: A Systematic Review

ABSTRACT

Background and purpose: The autonomic modulation of heart rate is altered by cardiac surgery and physical exercise, making it an important tool to monitor during different phases of hospitalization and the rehabilitation process. To evaluate the effects of early mobilization on autonomic modulation of heart rate in postoperative cardiac surgery patients. Methods: This is a systematic review with a high-sensitivity search conducted in electronic databases: Cochrane Library, MEDLINE via PUBMED, Regional Health Portal (BVS), Web of Science, and Scopus. Studies in Portuguese, English, Spanish, and French were included. Indexed descriptors from the Health Sciences Descriptors (DeCS) and Medical Subject Headings (MeSH) were used: “Thoracic Surgery,” “Adults,” “Rehabilitation,” “Mortality Rate,” and “Autonomic Nervous System.” Inclusion criteria encompassed full-text studies involving adult patients of both sexes who underwent cardiac surgery and participated in an early mobilization program postoperatively. The methodological quality of the selected studies was independently assessed using the RoB 2 tool. Results: A total of 525 studies were identified, of which only 3 met the eligibility criteria for inclusion in this review. The selected studies were randomized clinical trials that evaluated heart rate variability behavior during early mobilization protocols. The findings demonstrated an increase in heart rate variability indices associated with parasympathetic activity and an improvement in sympathovagal balance after an early mobilization program in adult postoperative cardiac surgery patients. Discussion: Early mobilization showed significant effects on autonomic modulation of heart rate and may be associated with improved heart rate modulation in these patients.

Trial registration

CRD420261286978

Keywords: Adults. Autonomic Modulation of Heart Rate. Early Mobilization. Cardiac Surgery.

INTRODUCTION

Cardiovascular surgeries aim to restore heart functionality, reducing symptoms and enabling patients to regain their autonomy (Graham, Brown, 2017). However, the postoperative (PO) period of these procedures has significant effects on the respiratory mechanism and, most notably, on muscle strength loss due to systemic inflammation, immobilization, and electrolyte imbalances, which can lead to physical impairments such as fatigue when walking or performing daily activities (Cameron et al. 2015; Borges et al. 2022). Additionally, postoperative cardiac autonomic modulation is depressed, with vagal regulation suppression and increased adrenergic cardiac activity, reaching reduced levels up to six days after surgery, which also contributes to the onset and maintenance of atrial fibrillation (Park et al. 2014).

Patients undergoing cardiac rehabilitation experience adjustments in sympathovagal balance due to adaptive changes in neural regulation induced by physical exercise, which can be observed through an increase in heart rate variability (HRV) (Shaffer et al. 2017; Zhao et al. 2024). Cardiac cells generate action potentials that establish heart rate, mediated by the autonomic nervous system (ANS), where sympathetic activity acts on the myocardium, and parasympathetic activity influences the sinoatrial node, atrial myocardium, and atrioventricular node, ultimately determining the intensity of heartbeats (El-Malahi et al. 2024).

HRV is a measure that describes the variations in intervals between consecutive heartbeats and is considered a non-invasive, reproducible, and effective tool. This variability reflects the heart's efficiency in responding to physiological and external stimuli, such as respiration, physical activity, stress, postural or behavioral changes, and metabolic and hemodynamic alterations. Higher HRV indicates better cardiac adaptability, signifying efficient physiological mechanisms, whereas lower HRV suggests ANS insufficiency. Reduced HRV is associated with increased morbidity and mortality (Vanderlei et al. 2009; Thayer et al. 2020; Picard et al. 2021; Tiwari et al. 2021).

A decrease in HRV is recognized as a strong risk indicator for adverse outcomes in both healthy individuals and patients with underlying conditions. Reduced vagal activity is linked to higher morbidity and mortality risks. HRV analysis serves as a tool for understanding underlying causes, diagnosing cardiovascular and metabolic health, monitoring disease progression, planning preventive treatments, and assessing the long-term efficacy of therapeutic interventions. Consequently, HRV is considered a promising predictive marker of ANS behavior before the onset of chronic disease complications, particularly in postoperative cardiac surgery patients (Huikuri et al. 2012).

The postoperative period of cardiac surgery is also associated with bed rest-induced immobility, which contributes to severe physical deconditioning and deleterious physiological effects (Engel et al. 2013). Prolonged immobility leads to acquired muscle weakness, affecting approximately 60% of critically ill adult patients (Morris et al., 2008; Zang et al. 2020). This condition is linked to increased morbidity and mortality, long-term functional impairments, and reduced quality of life, in addition to decreased HRV (Ferretti et al. 2009).

These findings highlight the potential role of early mobilization in mitigating continuous physical and neuropsychological impairments, both in the short and long term, as well as its possible contribution to improving autonomic modulation of heart rate (Kasaoka et al. 2010; Wieczorek et al. 2015). Therefore, this systematic review aims to examine the effects of early mobilization on autonomic modulation of heart rate in postoperative cardiac surgery patients.

DESIGN AND METHODS

2.1 Search Strategy

This systematic review was conducted in accordance with the recommendations and criteria outlined in the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) and the Cochrane Handbook. The formulated research question was: *Does early mobilization alter autonomic modulation of heart rate in postoperative cardiac surgery patients?* A high-sensitivity search was conducted across electronic databases, including the

Cochrane Library, MEDLINE via PUBMED, the Regional Health Portal (BVS), Web of Science, and Scopus.

2.2 Data Sources and Search

A high-sensitivity search was performed across multiple electronic databases to identify relevant studies. To define the review, a research question was initially formulated, followed by the development of a PICO strategy, where P represented adults undergoing thoracic surgery, I referred to rehabilitation, C denoted placebo, and O included mortality rate and autonomic modulation.

Data collection was conducted between September and November 2024, targeting articles discussing autonomic modulation of heart rate behavior in postoperative thoracic surgery patients undergoing a rehabilitation program. The search was performed by three researchers across Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE), the Virtual Health Library (BVS), Cochrane, Web of Science, and Scopus. The following indexed descriptors from Health Sciences Descriptors (DeCS) and Medical Subject Headings (MeSH) were used: *"Thoracic Surgery," "Adults," "Rehabilitation," "Mortality Rate,"* and *"Autonomic Nervous System."* Advanced search functions in each database were used to combine descriptors in Portuguese, English, Spanish, and French with Boolean operators AND and OR**.**

2.3 Study Types and Participants

Inclusion criteria were randomized clinical trials involving adult postoperative cardiac surgery patients who underwent early mobilization and whose autonomic modulation of heart rate was assessed. Exclusion criteria included dissertations, theses, monographs, books, and duplicate articles across different databases. No language or time restrictions were applied to the studies obtained.

2.4 Data Extraction

Following database searches, retrieved articles were imported into Rayyan QCRI®, a systematic review screening tool. Studies were selected based on eligibility criteria by three researchers using a blind-off approach, with conflicts resolved by a fourth researcher. The selected studies were then imported into

Mendeley® for reference management. The final selection process was documented using a PRISMA flow diagram (Figure 1).

Screening was conducted in two stages: first, three researchers (JS, FO, and CM) independently evaluated study titles and abstracts to identify articles for potential inclusion. In cases of disagreement, a fourth independent researcher (KCC) resolved discrepancies.

For data extraction, the three independent researchers (JS, FO, and CM) utilized a standardized form to record key study details, including authorship, journal name, country and study setting, year of publication, methodological aspects (study objective, design, total sample size), and variables related to quality of life, exercise interventions, and assessment tools used.

2.5 Study Quality Assessment

The RoB 2 tool, developed by Cochrane, was used to evaluate the quality of randomized clinical trials. RoB 2 assesses six bias domains: Bias arising from the randomization process; Bias due to deviations from intended interventions; Bias due to missing outcome data; Bias in outcome measurement; Bias in selecting reported outcomes; Overall risk of bias. Each domain was categorized as low risk, some concerns, or high risk of bias.

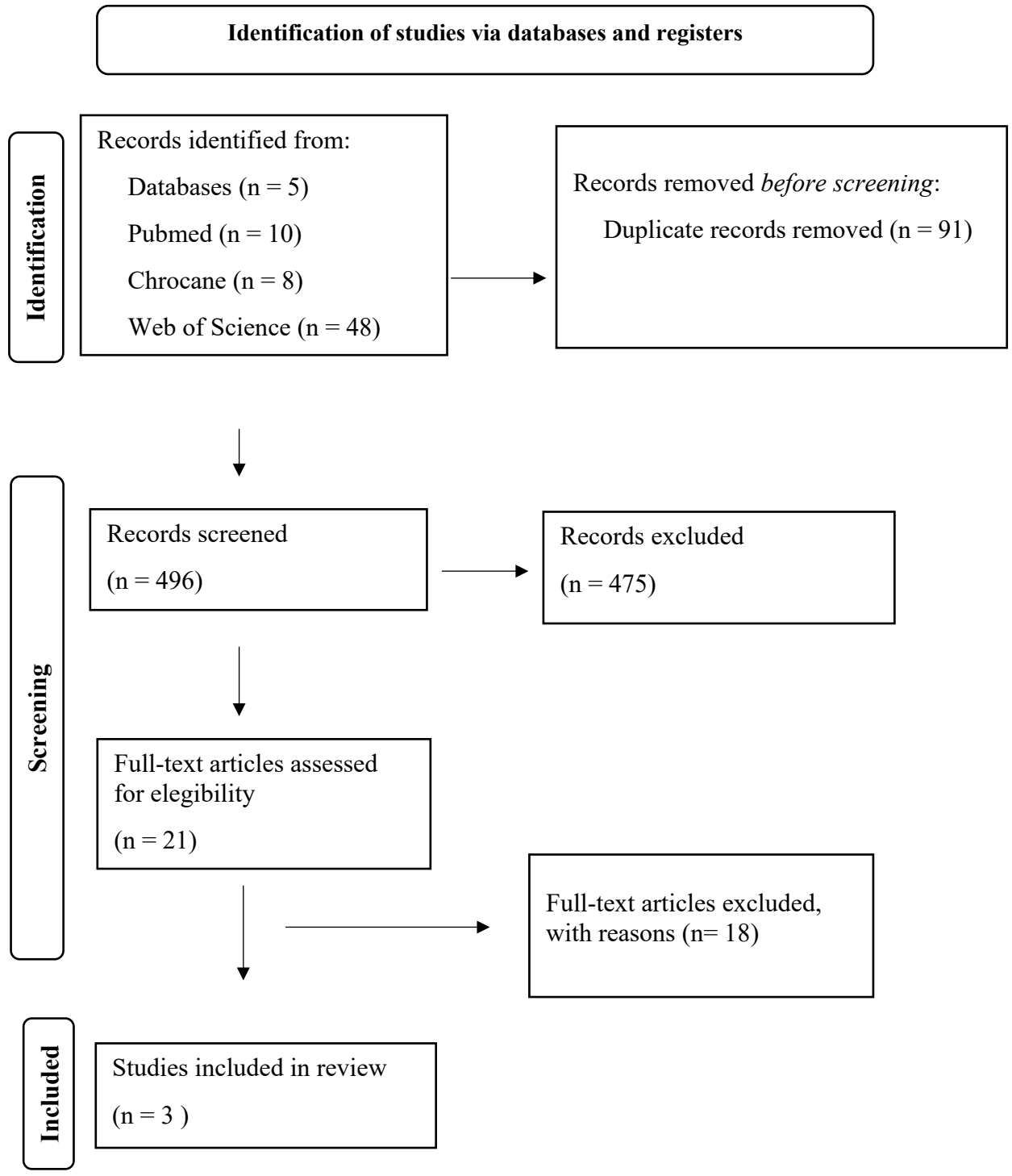
Three authors (JS, FO, and CM) independently assessed the risk of bias in the selected studies, with evaluations reviewed by experts (KCC, RSBR) according to the Cochrane Collaboration guidelines. Potential sources of bias in randomized studies included random sequence generation, allocation concealment, blinding of participants and personnel, blinding of outcome assessors, incomplete outcome data, selective reporting, and other biases. Each item was rated as yes, no, or unclear, corresponding to high, low, or uncertain risk of bias, respectively. For randomized controlled trials, the RevMan 5 software was used to generate bias assessment plots.

Quality assessments were performed independently by one researcher to minimize bias within the analysis, and discrepancies were resolved through consensus among evaluators.

RESULTS

A total of 525 studies were identified across five electronic databases: 10 from PUBMED, 43 from the Virtual Health Library (BVS), 8 from Cochrane, 48 from Web of Science, and 416 from Scopus. After eliminating 91 duplicates**,** a detailed analysis of 496 study titles and abstracts was performed. Ultimately, 7 studies met the eligibility criteria and were included in this systematic review (Table 1).

Figure 1 – PRISMA Flow Diagram.



The study by Mendes et al. (2010) employed only the Early Mobilization Protocol, the study by Ribeiro et al. (2021) in addition to Early Mobilization, also implemented interventions using virtual reality and respiratory exercises to evaluate patients, whereas Pantoni et al. (2021) conducted an exercise protocol that included respiratory exercises and physical exercises, either associated or not with Continuous Positive Airway Pressure (CPAP).

In each study, participants were randomized into groups that underwent a form of rehabilitation, compared to groups that either did not follow the same protocol or received no intervention (placebo), to evaluate heart rate variability (HRV) behavior in linear variables, such as time-domain and frequency-domain measures, or in nonlinear variables after cardiac surgery. The study by Mendes et al. (2010) assessed differences in HRV responses between a control group (no intervention) and another group that underwent early mobilization, which included active-assisted upper and lower limb exercises performed in inclined bed, sitting, standing, and walking positions. Initially, ambulation was performed for 5 minutes, then increased to 10 minutes, and finally progressed to the standing position with stair climbing (four steps).

The study by Ribeiro et al. (2020) compared HRV behavior by randomizing participants into three groups: a control group performing only respiratory exercises (incentive spirometer and BiPAP) and circulatory exercises for ankles and feet; a virtual reality group, which performed the same respiratory and circulatory exercises as the control group but additionally engaged in Wii Sports and cycle ergometry on postoperative days 1 and 2 (PO1 and PO2). On PO3, ambulation and Wii Fit Basic Run were added; and a third group, which underwent early mobilization, incorporating cycle ergometer activities, exercises, and ambulation.

Finally, Pantoni et al. (2021) compared two groups undergoing a cardiovascular rehabilitation program: a control group (CG) that followed only the exercise protocol and a group that followed the protocol combined with CPAP (CPG) during exercises, applied from the first postoperative day until hospital discharge. On PO1, the intervention included respiratory exercises (deep breathing from functional residual capacity to total lung capacity in three inspiratory phases; sustained inspiration at the end of inhalation; bronchial hygiene maneuvers

followed by cough exercises) and physical exercises (45° inclined bed: active-assisted upper/lower limb exercises; ankle and wrist flexion/extension). On PO2, respiratory exercises were maintained, but physical exercises were performed in the sitting position at 90°: active-assisted extension and flexion of upper and lower limbs, hip adduction and abduction, and standing position. On PO3 and PO4, PO2 exercises were maintained, with the addition of 5- and 10-minute ambulation sessions, respectively, within the hospital ward. On PO5, PO4 exercises were maintained, with the addition of stair climbing (four steps). The CPG group used CPAP at pressures between 10 and 12 cmH_2O during all postoperative exercises.

3.1 Results of the Studies Included in the Systematic Review

Table 2 presents the results of each study in the time and frequency domains, while Table 3 shows the results for non-linear variables. Table 2 presents the effects of early mobilization on heart rate autonomic modulation in various studies, analyzing the time domains (RMSSD, SDNN) and frequency domains (LF, HF, LF/HF). Each study considered different approaches and populations.

In the study by Mendes et al. (2010) the exercise group had a higher RMSSD value (16.2 ± 6.6 ms) compared to the control group (14.5 ± 7.7 ms), although this difference was not statistically significant ($p = 0.18$). Parameters such as LF and HF also showed no significant differences, suggesting that early mobilization has a modest effect on HRV in this population.

Ribeiro et al. (2021) compared three interventions: respiratory exercises, early mobilization, and virtual reality. The control group (CG) showed a significant reduction in RMSSD (from 33.18 ± 9.89 to 9.74 ± 6.88 ms). The early mobilization group (EMG) showed better preservation of HRV, with relatively stable RMSSD, while the virtual reality group (VRG) showed intermediate results, indicating that active interventions like early mobilization better preserve autonomic modulation.

Finally, Pantoni et al. (2021) investigated the effects of CPAP combined with respiratory exercises versus exercise alone. The CG showed statistical significance with a reduction in RMSSD (from 15.8 ± 9.5 to 6.7 ± 4.8 ms; $p = 0.03$) and SDNN (from 14.6 ± 6.1 to 6.2 ± 4.0 ms; $p = 0.001$), while the CPAP + exercise group (GPC) showed relatively stable RMSSD and a reduction in SDNN, both

statistically significant (p = 0.08 and p = 0.02), suggesting that CPAP did not influence cardiac autonomic modulation.

Mendes et al. (2010) found that in the comparison between the exercise group (Gex) and CG, SD1 for Gex was 11.6 ± 4.7 ms, slightly higher than in the CG (10.0 ± 5.6 ms), though the difference was not statistically significant (p = 0.14). SD2 values for Gex were lower compared to CG, but again without statistical significance (p = 0.40). These findings suggest that early mobilization may not have significant effects on HRV in non-linear variables in this context.

Ribeiro et al. (2021) showed more pronounced results when comparing three groups: the CG (basic respiratory exercises), the EMG (including activities with cycle ergometer), and the VRG. For SD1, the CG showed a significant reduction in pre- and post-intervention (pre: 28.26 ± 21.6 ms; post: 2.73 ± 1.31 ms). The EMG group showed a reduction (pre: 12.7 ± 5.53 ms; post: 6.3 ± 4.18 ms), while the VRG showed the best results, maintaining a higher value (pre: 22.60 ± 15.5 ms; post: 16.16 ± 13.47 ms). Similar results were observed for SD2, with a marked reduction in the CG (pre: 39.28 ± 26.1 ms; post: 7.0 ± 2.85 ms) and better values in the VRG (pre: 47.00 ± 23.93 ms; post: 30.97 ± 18.59 ms). These data suggest that both early mobilization and virtual reality contributed to better autonomic modulation compared to the CG, with greater benefits in the VRG.

Pantoni et al. (2021) evaluated the impact of exercises combined with CPAP versus exercise alone. They found that the CG had a significant reduction in SD1 (pre: 11.2 ± 6.7 ms; post: 4.8 ± 3.4 ms) (p = 0.03), while the GPC showed a non-significant trend towards improvement (pre: 4.8 ± 3.4 ms; post: 5.7 ± 3.1 ms). These findings suggest that CPAP did not influence long-term cardiac autonomic modulation.

3.2 Bias Risk Assessment of the Selected Studies

The risk of bias was assessed in all the articles included in this review. The studies are randomized clinical trials and were evaluated using the Rob 2 tool. The results are presented in Table 3.

Upon individual assessment of the articles, it was found that Mendes et al. (2010) showed a high risk of bias in two domains: the bias in the selection of reported outcomes and the overall bias, while showing a low risk of bias in the other

four domains. The studies by Ribeiro et al. (2021) showed a moderate risk of bias in the domain arising from the randomization process, a low risk of bias in two domains: bias from deviations in the intended interventions and bias due to missing outcome data, and a high risk in the remaining three domains. The study by Pantoni et al. (2021) showed a low risk of bias in three domains: bias from the randomization process, bias due to missing outcome data, and bias in outcome measurement. It presented a moderate risk of bias in the domain of bias arising from deviations in the intended interventions and a high risk in the domains of bias in the selection of reported outcomes and overall bias.

DISCUSSION

This review aimed to assess the effects of early mobilization on the autonomic modulation of heart rate in adult patients post-cardiac surgery. Seven articles were identified that conducted randomized clinical trials to evaluate heart rate variability (HRV) in both linear and nonlinear variables following an early mobilization program. These studies demonstrated that groups who engaged in some form of exercise showed a statistically significant increase in HRV, suggesting that early mobilization in this population is directly linked to improved autonomic modulation of heart rate.

According to Dolezal et al. (2014) the long-term effects of physical activity are related to an increase in parasympathetic activity, better sympathovagal balance, and consequently higher HRV. This occurs as a result of chronic adaptations induced by exercise, such as a lower resting heart rate, associated with the reversal of sympathovagal balance toward greater parasympathetic activation. This trend is beneficial, as increased sympathetic activity is associated with higher vulnerability and greater cardiac risk.

Silveira et al. (2021) evaluated whether early mobilization in patients undergoing percutaneous coronary transluminal angioplasty (PTCA) influenced components of autonomic modulation of heart rate. Thirty-two patients were divided into two groups: the control group (CG - no physical exercise) and the early mobilization group (EMG - with physical exercises). The mobilization protocol was adapted from protocols used at Grady Memorial Hospital and Emory University

School of Medicine. Linear indices in the time and frequency domains were analyzed, as well as nonlinear indices. At discharge, the EMG showed an increase in SDNN (23.55 ± 12.05 to 37.29 ± 16.25; p = 0.042), indicating greater variability compared to the CG, but there were no significant changes in the nonlinear evaluation. The study by Ribeiro et al. (2021) where the VR group presented intermediate results, indicating that active interventions such as early mobilization better preserve autonomic modulation by improving patient engagement with therapy through external feedback on motor performance.

Barbosa et al. (2010) analyzed the effect of early mobilization on cardiovascular and autonomic responses in post-myocardial revascularization patients, using 5 patients who underwent passive and active lower limb exercises. Heart rate increased during active mobilization compared to passive mobilization, and HRV variables such as RMSSD and HF showed a decrease during active mobilization compared to passive, although not statistically significant, suggesting a withdrawal of the parasympathetic and vagal systems. This finding is similar to the study by Mendes et al. (2010) where the exercise group showed a higher RMSSD than the control group, but without statistical significance, as well as for LF and HF variables.

However, according to Yamamoto et al. (1991) a reduction in parasympathetic activity accompanied by an increase in sympathetic activity only occurs when exercise exceeds 50% of maximum oxygen consumption. This suggests that the early mobilization protocols in the studies by Barbosa et al. (2010) and Mendes et al. (2010) were of low intensity. In the study by Pantoni et al. (2021) it was observed that, although CPAP improves oxygenation and reduces pulmonary complications, both the CG and CPAP group showed statistical significance in linear variables, suggesting that the addition of CPAP to physical exercises did not influence cardiac autonomic modulation. This is consistent with Ribeiro et al. (2021) which highlighted that respiratory exercises combined with early mobilization promote greater autonomic stability by preserving RMSSD and SDNN. This combination proved effective in alveolar ventilation and hemodynamic stabilization, with positive effects on vagal tone and sympathovagal balance, reinforcing its relevance in cardiovascular rehabilitation.

The increase in linear indices is indicative of high HRV, represented by increased parasympathetic activity and global autonomic activity after the application of the Early Mobilization Protocol. This result implies improved overall cardiovascular health, as increased parasympathetic activity is linked to higher HRV and lower cardiovascular mortality, demonstrating the beneficial influence of exercises performed in the ICU. HRV studies through nonlinear analyses have shown better correlation with biological systems, as living organisms are associated with complex and nonlinear patterns. When one mechanism predominates over another, this results in a decrease in complexity, i.e., an increase in regularity and predictability of events. (Vanzella et al. 2020).

The data found suggest that early mobilization contributed to better autonomic modulation in post-cardiac surgery patients. Research based on the analysis of nonlinear variables is increasingly gaining interest due to its superiority in identifying hidden alterations in autonomic modulation in various diseases, as the mechanisms involved in cardiovascular regulation likely interact in a nonlinear fashion (Roy; Ghatak, 2013). Thus, it was observed that early mobilization is directly related to improved HRV, regardless of the chosen intervention, and is necessary as part of the treatment for patients in the postoperative period of cardiac surgery.

LIMITATIONS

The limitations of this study included a small number of studies, particularly those involving nonlinear variables, a heterogeneous population, different methods of HRV assessment, difficulty in finding relevant full-text articles, and studies with methodological quality. Therefore, further investigations with large populations and prolonged follow-up are needed for more definitive conclusions.

CONCLUSION

Early mobilization demonstrated satisfactory results in the postoperative period of cardiac surgery, such as improvements in global muscle strength, respiratory capacity, functionality, quality of life, and may be related to improvements in heart rate variability (HRV). It should be initiated as early as

possible after clinical release and patient stability, with careful evaluation, follow-up, and monitoring of specific parameters to ensure safety and achieve good outcomes.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest in this study.

REFERÊNCIAS – ESTUDO I

1. Graham A, Brown CH 4th. Frailty, Aging, and Cardiovascular Surgery. Anesth Analg. 2017;124(4):1053-1060. https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001560
2. Cameron S, Ball I, Cepinskas G, Choong K, Doherty TJ, Ellis CG, Martin CM, Mele TS, Sharpe M, Shoemaker JK, Farser DD. Early mobilization in the critical care unit: A review of adult and pediatric literature. J Crit Care. 2015;30(4):66472. https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.03.032.
3. Borges MGB, Borges DL, Ribeiro MO, Lima LSS, Macedo KCM, Nina VJDS. Early Mobilization Prescription in Patients Undergoing Cardiac Surgery: Systematic Review. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2022;37(2):227-238. https://doi.org/10.21470/1678-9741-2021-0140
4. Park SJ, On YK, Kim JS, Jeong DS, Kim WS, Lee YT. Heart rate turbulence for predicting new-onset atrial fibrillation in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Int J Cardiol*. 2014;174(3):579-585. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.04.130
5. Zhao Y, Yu H, Gong A, Zhang S, Xiao B. Heart rate variability and cardiovascular diseases: A Mendelian randomization study. *Eur J Clin Invest*. 2024;54(1):e14085. https://doi.org/10.1111/eci.14085
6. Shaffer F, Ginsberg J. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*. 2017;5(9):1-17. https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258
7. El-Malahi O, Mohajeri D, Mincu R, et al. Beneficial impacts of physical activity on heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2024;19(4):e0299793. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299793
8. Vanderlei LC, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart zate variability and its clinical applicability. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2009;24(2):205-17. https://doi.org/10.1590/s0102-76382009000200018
9. Tiwari R, Kumar R, Malik S, Raj T, Kumar P. Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability. *Curr Cardiol Rev*. 2021;17(5):e160721189770. https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854

10. Picard M, Tauveron I, Magdasy S, et al. Effect of exercise training on heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2021;16(5):e0251863. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251863
11. Thayer JF, Yamamoto SS, Brosschot JF. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int J Cardiol*. 2010;141(2):122-131. https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.09.543
12. Huikuri HV, Stein PK. Clinical application of heart rate variability after acute myocardial infarction. *Front Physiol*. 2012;3:41. https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00041
13. Engel H, Needham D, Morris P, Gropper M. ICU Early Mobilization. *Critical Care Medicine*. 2013;41:S69-S80. https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3182a240d5.
14. Morris PE, Goad A, Thompson C, et al. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2008;36(8):2238-2243 https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318180b90e.
15. Zang K, Chen B, Wang M, et al. The effect of early mobilization in critically ill patients: A meta-analysis. *Nurs Crit Care*. 2020;25(6):360-367. https://doi.org/10.1111/nicc.12455
16. Ferretti G, Iellamo F, Pizzinelli P, et al. Prolonged head down bed rest-induced inactivity impairs tonic autonomic regulation while sparing oscillatory cardiovascular rhythms in healthy humans. *J Hypertens*. 2009;27(3):551-561. https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e328322ca2f
17. Kasaoka S, Nakahara T, Kawamura Y, Tsuruta R, Maekawa T. Real-time monitoring of heart rate variability in critically ill patients. *J Crit Care Med*. 2010; 25(2): 313-316. https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2009.06.047.
18. Wieczorek B, Burke C, Al-Harbi A, Kudchadkar S. Early Mobilization in the Pediatric Intensive Care Unit: A Systematic Review. *J Pediatr Intensive Care*. 2015; 4(4): 212-217. https://doi.org/10.1055/s-0035-1563386.
19. Mendes RG, Simões RP, Costa FSM, Pantoni CBF, Di Thommazo L, Luzzi S, et al. Short-term supervised inpatient physiotherapy exercise protocol improves cardiac autonomic function after coronary artery bypass graft

surgery- a randomized controlled trial. *Disabil Rehabil* 2010; 32: 1320–1327. https://doi.org/10.3109/09638280903483893

20. Ribeiro BC, Poça JJGD, Rocha AMC, et al. Different physiotherapy protocols after coronary artery bypass graft surgery: A randomized controlled trial. *Physiother Res Int*. 2021;26(1):e1882. https://doi.org/10.1002/pri.1882
21. Pantoni CBF, Thommazo-Luporini LD, Mendes RG, et al. Effect of continuous positive airway pressure associated to exercise on the breathing pattern and heart rate variability of patients undergoing coronary artery bypass grafting surgery: a randomized controlled trial. *Braz J Med Biol Res*. 2021;54(11):e10974. https://doi.org/10.1590/1414-431X2021e10974
22. Dolezal BA, Chudzynski J, Dickerson D, et al. Exercise training improves heart rate variability after methamphetamine dependency. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(6):1057-1066. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000201
23. Silveira BO, Melo JL Neri GP, Gregório ML, et al. Influence of an Early Mobilization Protocol on the Autonomic Behavior of Patients Undergoing Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty. *Arq Bras Cardiol*. 2021;117(6):1161-1169. https://doi.org/10.36660/abc.20200296
24. Barbosa P, Santos FV, Neufeld PM, Bernardelli GF, Castro SS, Fonseca JHP, et al. Effects of early mobilization on cardiovascular and autonomic behavior in postoperative myocardial revascularization. ConScientiae Saúde. 2010;9(1):111–8. https://doi.org/10.1590/S0103-507X2012000100011
25. Yamamoto Y, Hughson RL, Peterson JC. Autonomic controlo f heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. J Appl Physiol.1991;71:1136-42 https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.3.1136.
26. Vanzella LM, Bernardo AFB, Carvalho TD, Vanderlei FM, Silva AKF, Vanderlei LCM. Complexity of autonomic nervous system function in individuals with COPD. *J Bras Pneumol*. 2018; 44(1): 24-30. https://doi.org/10.1590/S1806-37562017000000086.
27. Roy B, Ghatak S. Nonlinear methods to assess changes in heart rate variability in type 2 diabetic patients. *Arq Bras Cardiol*. 2013;101(4):317-327. https://doi.org/10.5935/abc.20130181.

Table 1. Characteristics of the selected studies (n=7)

First author	Country	n	Gender (M-F)	Study Duration (weeks)	Population	Intervention	Comparator
Mendes et al.,	Brazil	47	26-21	24	CABG	Early mobilization	No intervention
Pantoni et al.,[25]	Brazil	20	12-08	24	CABG	Exercise + CPAP	Exercise
Ribeiro et al.,	Brazil	48	14-34	36	CABG	Realidade Virtual + Mobilização Precoce + Exercícios Respiratórios	Realidade Virtual + Mobilização Precoce + Exercícios Respiratórios

Legend: CAD: chronic arterial disease, CABG: coronary artery bypass grafting, AMI: acute myocardial infarction, CPAP: continuous positive airway pressure.

Table 2

Results of the selected articles – HRV in the time and frequency domains

		Time domain		Frequency domain		
First author	**Type of analyses**	**RMSSD (ms)**	**SDNN (ms)**	**LF (ms²)**	**HF (ms²)**	**LF/HF**
Mendes et al.,[19]	Exercise group (EG)	EG 16.2±6.6	-	EG 56.8±22.1	EG 43.2±22.1	EG 2.2±2.1
	VS	CG: 14.5±7.7		CG 63.6±18.3	CG 37.8±17.4	CG 2.3±1.6
	Conventional group (CG)	(p 0.18)		(p 0.26)	(p 0.36)	(p 0.50)
	Pre	Pre 25 (8–95)	Pre 124 (61–207)	Pre 488.6 (75.3–1828.6)	Pre 115.1 (6.9–914.8)	Pre 3.1 (1.2–11.6)
	Pre	CR 26 (8–120)	CR 126 (57–249)	CR 482.2 (55.4–1564.1)	CR 126.4 (10–1100)	CR 3.1 (1.2–11.6)
	VS	(p ns)	(p ns)	(p ns)	(p 0.03)	(p ns)

	Cardiac rehabilitation	CABG	CABG	CABG	CABG	CABG
		Pre	Pre	Pre	Pre	Pre
		19* (8–810.6)	93* (39–174)	291.4* (0.1–958.8)	63.9* (0–554.7)	3.7 (0.13–13.9)
		CR	CR	CR	CR	CR
		22Δ (11–69)	107Δ (35–203)	359Δ (38.7–2489.5)	80.1Δ (13.3–834.4)	3.7 (0.13–13.9)
		(p 0.033)	(p 0.03)	(p 0.032)	(p 0.039)	(p ns)
Ribeiro et al.,[24]	Respiratory exercise (RE) *VS*	RE	RE	RE	RE	RE
		Pre	Pre	Pre	Pre	Pre
		33.18±9.89”	25.48 ± 7.50”	47.92 ± 13.2”	52.07 ± 13.2	0.92 ± 0.27
		PO4	PO4	PO4	PO4	PO4
		9.74 ± 6.88	5.23 ± 11.2	50.25 ± 9.82	49.75 ± 9.82	1.01 ± 1.58

	Early mobilization (EM)	EM	EM	EM	EM
	VS	Pre 17.92 ±7.78	Pre 22.36±5.35	Pre 56.06±26.25	Pre 43.93±26.25	Pre 3.1±4.46
	Virtual reality (VR)	PO4 20.07±36.70	PO4 18.06±31.33	PO4 30.03±23.50	PO4 69.96 ± 23.50	PO4 0.42±2.48
		VR	VR	VR	VR	VR
		Pre 31.9±21.86	Pre 37.53±18.4	Pre 56.25±22.33	Pre 43.74±22.33	Pre 2.29±2.80
		PO4 22.8±18.96	PO4 24.40±15.06	PO4 47.65±25.54	PO4 52.34±25.54	PO4 0.91±2.34
Pantoni et al.,[25]		Exercise Pre 15.8±9.5	Exercise Pre 14.6±6.1	-	-	-

	Post	Post
	6.7±4.8	6.2±4.1
Exercise	(p 0.03)	(p 0.01)
VS		
Exercise + CPAP	Exercise + CPAP	Exercise + CPAP
	Pre	Pre
	13.6±8.2	12.7±6.8
	Post	Post
	13.6±8.2	6.6±3.6
	(p 0.08)	(p 0.02)

RMSSD: Root Mean Square of Successive Differences; SDNN: Standard Deviation of NN intervals; LF: Low Frequency; HF: High Frequency; frequência alta; LF/HF: Ratio between low- and high-frequency bands*; CPAP:* continuous positive airway pressure

Table 3. Results of the selected articles – HRV in nonlinear variables

First author	Type of analyses	SD1	SD2
Mendes et al.,	Exercise Group (EG) *VS* Conventional Group (CG)	EG 11.6±4.7 CG 10.0±5.6 (p 0.14)	EG 31.6±13.8 CG 35.4±16.8 (p 0.40)
Ribeiro et al.,	Respiratory exercise (RE) VS Early mobilization (EM) *VS* Virtual Reality (VR)	<u>RE</u> Pre 28.26±21.6 PO4 2.73±1.31 <u>EM</u> Pre 12.7±5.53 PO4 6.3±4.18	<u>RE</u> Pre 39.28±26.1 PO4 7±2.85 <u>EM</u> Pre 38.55±7.52 PO4 19.84±16.15

		VR Pre 22.60±15.5 PO4 16.16±13.47	VR Pre 47±23.93 PO4 30.97±18.59
Pantoni et al.,	Exercise *vs* Exercise+CPAP	Exercise Pre 11.2±6.7 Post 4.8±3.4 (p 0.03) Exercise+CPAP Pre 4.8±3.4 Post 5.7±3.1 (p 0.08)	-

Legend: SD1: Standard Deviation 1; SD2: Standard Deviation 2; *CPAP:* continuous positive airway pressure

Table 4. Risk of bias assessed using RoB 2

Identificação	D1	D2	D3	D4	D5	Geral
Mendes et al.,[19]	+	+	+	+	+	+
Ribeiro et al.,[24]	!	+	+	+	+	+
Pantoni et al.,[25]	+	!	+	+	-	-

+	Low risk
!	Some concerns
-	High Risk

Legend: D1 – bias arising from the randomization process; D2 – bias due to deviations from intended interventions; D3 – bias due to missing outcome data; D4 – bias in the measurement of outcomes; D5 – bias in the selection of reported outcomes.

Estudo II - Efeito de dois protocolos de mobilização em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal alta sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca: ensaio clínico randomizado

(O artigo será submetido na Nursing in Critical Care - Editora Wiley- Indexado na SCOPUS - Fator de impacto 2,8)

RESUMO

Introdução: A redução da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) após cirurgia abdominal alta está associada à eventos cardíacos e à pior evolução clínica. Embora a mobilização precoce seja recomendada nesse contexto, os efeitos de diferentes estratégias de mobilização sobre a modulação autonômica permanecem pouco esclarecidos. **Objetivo:** Comparar os efeitos de dois protocolos de mobilização precoce sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca em pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta. **Métodos:** Ensaio clínico randomizado, prospectivo e duplo-cego, realizado em unidade de terapia intensiva de um hospital privado. Quarenta pacientes foram alocados em grupo controle (fisioterapia convencional com deambulação) ou grupo intervenção (fisioterapia convencional associada à cicloergometria sem carga em substituição à deambulação). A VFC foi avaliada por monitor Polar H10® e analisada pelo software Kubios HRV, considerando índices dos domínios temporal (R-R, RMSSD e SDNN), espectral (LF, HF e LF/HF) e não linear (SD1 e SD2). **Resultados:** Ambos os protocolos promoveram melhora significativa dos índices de VFC após a intervenção. No grupo controle observaram-se aumentos de RMSSD, SDNN, SD1 e SD2 e redução da razão LF/HF. No grupo intervenção, verificaram-se aumentos de RMSSD, SDNN, SD1, SD2 e HF, além de redução de LF e LF/HF ($p<0,05$). Na comparação entre grupos, apenas o SDNN e o SD2 apresentaram valores superiores no grupo submetido à cicloergometria, indicando uma tendência à significância estatística ($p=0,05$). Não houve diferenças entre os grupos quanto ao tempo de permanência na UTI ou à internação hospitalar. **Conclusão:** Ambos os protocolos favoreceram a recuperação da modulação autonômica cardíaca após cirurgia abdominal alta. Entretanto, a cicloergometria associada à fisioterapia convencional promoveu maior incremento da variabilidade global da frequência cardíaca,

sugerindo que esse recurso pode representar uma estratégia complementar para a mobilização precoce desses pacientes.

Palavras-chave: Reabilitação; Cirurgia Geral; Sistema Nervoso Autônomo; Deambulação Precoce; Fisioterapia;

ABSTRACT

Introduction: Reduced heart rate variability (HRV) following major upper abdominal surgery is associated with cardiac events and poorer clinical outcomes. Although early mobilization is recommended in this setting, the effects of different mobilization strategies on cardiac autonomic modulation remain poorly understood. **Objective:** To compare the effects of two early mobilization protocols on cardiac autonomic modulation in patients undergoing major upper abdominal surgery. **Methods:** This prospective, double-blind, randomized controlled trial was conducted in the intensive care unit of a private hospital. Forty patients were randomly allocated to either a control group (conventional physiotherapy including ambulation) or an intervention group (conventional physiotherapy combined with unloaded cycle ergometry replacing ambulation). Heart rate variability was assessed using the Polar H10® heart rate monitor and analyzed with Kubios HRV software. Time-domain (R-R interval, RMSSD, and SDNN), frequency-domain (LF, HF, and LF/HF), and nonlinear (SD1 and SD2) HRV indices were evaluated. **Results:** Both intervention protocols significantly improved HRV indices after treatment. In the control group, significant increases were observed in RMSSD, SDNN, SD1, and SD2, along with a reduction in the LF/HF ratio. In the intervention group, significant increases were found in RMSSD, SDNN, SD1, SD2, and HF, accompanied by reductions in LF and the LF/HF ratio ($p < 0.05$). Between-group analysis showed significantly higher SDNN and SD2 values in the cycle ergometry group ($p = 0.05$). No significant differences were observed between groups regarding intensive care unit or hospital length of stay. **Conclusion:** Both early mobilization protocols promoted recovery of cardiac autonomic modulation following major upper abdominal surgery. However, cycle ergometry combined with conventional physiotherapy produced greater improvements in overall heart rate variability, suggesting that this modality may represent a valuable complementary strategy for early mobilization in this patient population.

Keywords: Rehabilitation; General Surgery; Autonomic Nervous System; Early Ambulation; Physical Therapy.

INTRODUÇÃO

A cirurgia abdominal alta é considerada um procedimento complexo e invasivo, sendo frequentemente associada a uma série de alterações fisiológicas, sobretudo no sistema cardiovascular e respiratório. Dentre as complicações encontradas no período pós-operatório (PO), as complicações cardiovasculares mais frequentes são as arritmias, isquemia miocárdica, trombose venosa profunda (TVP), insuficiência cardíaca aguda e a disautonomia cardíaca, e as complicações respiratórias atelectasias, pneumonia, embolia pulmonar, diminuição da função diafragmática e síndrome do desconforto respiratório (SDRA) (BITTENCOURT et al., 2021; MISKOVIC & LUMB, 2017; VILEFORT et al., 2021).

Dentre as metodologias utilizadas em pesquisas para avaliar o paciente crítico encontra-se o estudo da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), a qual permite avaliar a modulação autonômica da frequência cardíaca, identificando o equilíbrio do sistema nervoso autônomo e demonstrando o funcionamento de seus componentes simpáticos e parassimpáticos e a influência sobre o ritmo cardíaco. No contexto do cuidado PO, particularmente em cirurgias de grande porte, como as abdominais, a VFC pode desempenhar um papel essencial no monitoramento da recuperação, estresse cirúrgico e adaptabilidade destes pacientes (KISS et al., 2016).

A redução da VFC tem sido relacionada a desordens pós-operatórias, em especial eventos cardiovasculares e pior prognóstico, que podem englobar um risco elevado de infecções, disfunção orgânica e aumento do tempo de internação. Avaliar a VFC garante a instalação de uma melhor estratégia de reabilitação, promovendo um processo de recuperação mais seguro e eficaz. Intervenções de reabilitação precoce, como a deambulação e o uso de cicloergômetro, têm sido incorporadas como estratégias para otimizar a recuperação funcional e reduzir o tempo de hospitalização desses pacientes (HYNYNEN et al., 2010; PISSOLATO et al., 2018).

A análise da VFC tem sido utilizada para se avaliar o efeito de diferentes protocolos de reabilitação em pacientes no ambiente hospitalar (RIBEIRO et al., 2021), no entanto, existe uma lacuna de como essas duas abordagens específicas influenciam a VFC em pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta. Deste modo, este estudo tem como objetivo comparar os efeitos de dois protocolos de

mobilização em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal alta sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca.

METODOLOGIA

Aspectos éticos

O estudo foi registrado no registrado no Clinical Trials com o parecer NCT03771573 e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital Porto Dias, sob parecer número: 7.620.924.

Desenho do estudo

Foi realizado um ensaio clínico randomizado controlado (ECR), controlado, duplo cego, prospectivo e quantitativo. Realizado com pacientes submetidos a cirurgia abdominal alta, durante o período pós-operatório, em uma unidade de terapia intensiva (UTI) em um hospital privado.

Participantes

Foram incluídos neste estudo estudo indivíduos adultos, de ambos os sexos, previamente independentes funcionais, submetidos a cirurgia abdominal alta eletiva, que estivessem em pós operatório imediato ou até 48h após o processo cirúrgico, hemodinamicamente estáveis, sem uso de drogas vasoativas ou em doses baixas (< 0,2mcg/Kg/min), com ausência de aumento de dose vasopressora nas últimas 2 horas, ausência de arritmia e que estejam com nível de consciência satisfatório, capazes de compreender e assinar o TCLE.

Foram excluídos os pacientes que apresentaram complicações pós-operatórias graves, doenças crônicas descompensadas, como diabetes mellitus, insuficiência cardíaca grave ou doenças neurológicas, faziam uso de medicamentos capazes de interferir na variabilidade da frequência cardíaca, como betabloqueadores, antiarrítmicos ou outros fármacos com ação direta sobre a frequência cardíaca e sua variabilidade, apresentavam instabilidade hemodinâmica, hipertermia (temperatura corporal >38 °C) ou disglicemia.

Protocolo do estudo

Os participantes foram recrutados entre outubro de 2025 à junho de 2026, sendo o estudo realizado na Unidade de Terapia Intensiva. A randomização simples dos participantes foi realizada por um pesquisador cego que não conhecia o estudo, utilizando-se o site http://www.randomization.org. Ele gerou uma lista de randomização, que foi seguida para alocar os participantes após a avaliação dos critérios de elegibilidade, conhecida apenas pelo pesquisador principal. Fez-se o cegamento apenas da equipe assistencial, a qual desconhecia a alocação dos pacientes, sendo que todas as intervenções foram aplicadas pelo pesquisador principal.

A alocação dos grupos foi realizada conforme fluxograma do Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) (Figura 1). A pesquisa foi composta por dois grupos, descritos a seguir. Os pacientes alocados no grupo-controle (GC) receberam o programa de reabilitação convencional, composto por sedestação beira leito, exercícios ativos em MMSS e MMII, ortostase e deambulação no corredor, e no grupo intervenção (GI) os pacientes receberam o protocolo padrão de reabilitação, porém, a deambulação foi substituída por exercício no cicloergômetro sem carga.

Coleta de dados

A coleta da variabilidade da frequência cardíaca ocorreu no pós-operatório imediato e no quarto dia de pós-operatório. Para a coleta de dados o paciente foi posicionado em repouso na posição supino, evitando se movimentar ou falar durante a coleta. A captação da variabilidade da frequência cardíaca foi realizada por meio de um monitor de frequência cardíaca da marca POLAR®, modelo H10 (Polar Electro TM, Kempele, Finland), onde o sinal da FC é captado por uma cinta com o receptor do sinal que será colocada no tórax do voluntário na altura do processo xifóide do esterno.

Os dados captados pelo frequencímetro em seguida foram transferidos para o Software Polar ProTrainer (Polar Electro OY, Kempele, Finland) via Bluetooth e salvos em forma de siglas para que, posteriormente, sejam analisados por uma rotina matemática no programa Kubios HRV 2.2 (MATLAB, Kuopio, Finland) por um

pesquisador cego, de acordo com as orientações apresentadas no Task Force da Sociedade Europeia de Cardiologia e pela Sociedade Norte Americana de Eletrofisiologia (MALIK *et al.*, 1996).

Para a análise, foi selecionado o trecho de 5 minutos com maior estabilidade do sinal, descartando os 30 segundos iniciais e os 30 segundos finais da coleta, sendo utilizado 256 pontos com maior estabilidade para análise da variabilidade da frequência cardíaca (RIBEIRO et al., 2021).

Análise estatística

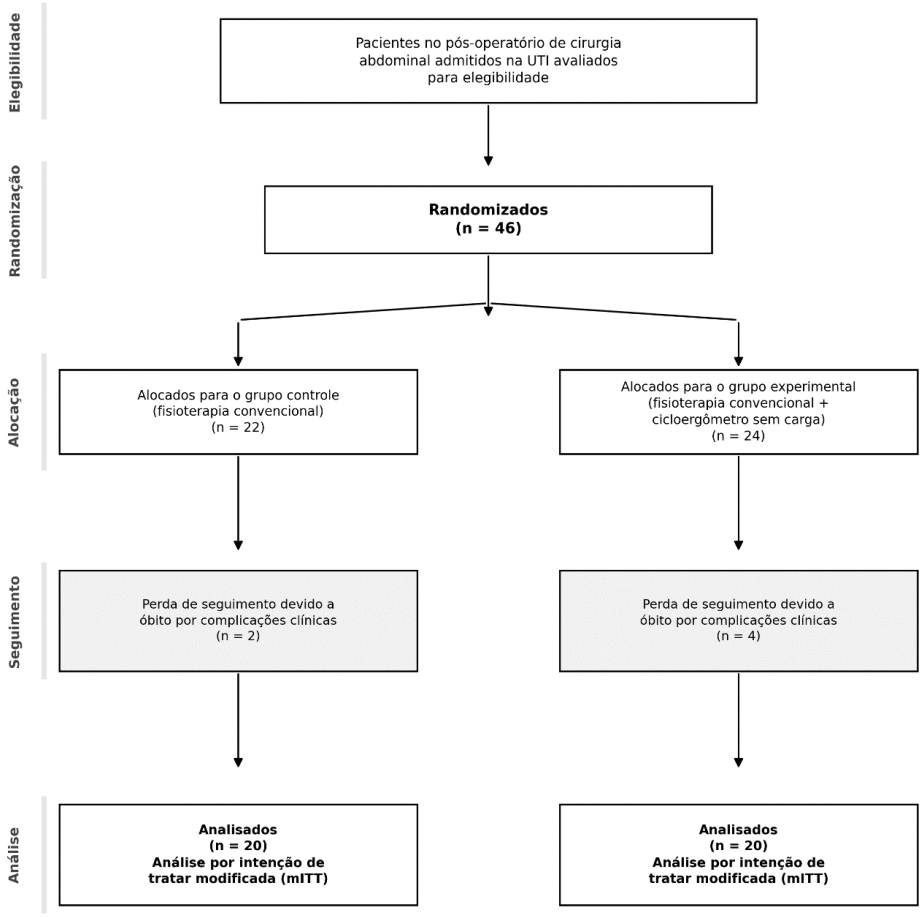
Os dados foram tabulados em uma planilha do Excel para em seguida, ser realizada a análise dos dados no programa JAMOVI 2.7.26.0. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Como os dados apresentaram normalidade foram aplicados testes estatísticos paramétricos, sendo realizadas análises de variância ANOVA com post hoc de Tukey.

Além dos testes citados, a possível influência dos tratamentos foi testada utilizando uma medida do efeito (Effectsize) para comparar o GC com o GI. Para isso foi utilizado o método Cohen's d pooled. Esta análise será realizada pelo aplicativo
"EffectSizeGenerator", versão 2.3 (SwinburneUniversityof Technology, Center for Neuropsychology, Melbourne, Australia). Os resultados foram interpretados de acordo com o proposto por Cohen (1988), sendo considerado um valor inferior a 0,49 como pequeno efeito, entre 0,5 e 0,79, médio efeito, e de 0,8 a 1,29 um grande efeito, considerando-se insignificantes valores inferiores a 0,19.

RESULTADOS

De acordo com os critérios de inclusão utilizados para o desenvolvimento do presente estudo, foram selecionados 40 indivíduos elegíveis, os quais foram randomizados igualmente entre o grupo controle (n=20) e o grupo intervenção (n=20). O fluxograma dos participantes está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de inclusão, randomização e análise dos grupos de pesquisa, adaptado do Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT).



A caracterização demográfica e clínica dos participantes encontra-se apresentada na Tabela 1. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos quanto à idade, distribuição por sexo, tipo de cirurgia realizada, utilização de drogas vasoativas, tempo de internação hospitalar e tempo de permanência em unidade de terapia intensiva. Esses achados indicam homogeneidade entre os grupos, reduzindo potenciais vieses.

Tabela 1. Características basais dos grupos controle e experimental

Variável	Controle (n = 20)	Experimental (n = 20)	p
Idade (anos)	52,20 ± 12,51	55,85 ± 14,07	0,41
Gênero			**0,16**
Feminino, n	10	12	
Masculino, n	10	8	
Tipo de cirurgia			**0,16**
Laparotomia (LE), n	10	9	
Colectomia, n	4	4	
Laparotomia (LE) + colectomia, n	6	7	
Drogas vasoativas			**0,57**
Noradrenalina, n	10	9	
Noradrenalina + vasopressina, n	3	6	
Sem drogas vasoativas, n	7	5	
Internação hospitalar (dias)	9,45 ± 2,01	9,30 ± 2,34	0,84
Internação em UTI (dias)	5,10 ± 1,44	5,00 ± 1,97	0,86

Valores expressos em média ± desvio-padrão ou n (frequência absoluta). LE = laparotomia exploradora. Comparações entre grupos: teste t de Student para variáveis contínuas e qui-quadrado ou exato de Fisher para variáveis categóricas.

A tabela 2 apresenta resultados de comportamentos distintos entre os grupos, no que se refere à variabilidade da frequência cardíaca (VFC). No grupo controle, observou-se manutenção aumento significativo dos índices RMSSD, SDNN, SD1 e SD2, além de redução significativa da razão LF/HF. Embora tenha sido observada tendência ao aumento do intervalo R-R e alterações nas componentes espectrais LF e HF, essas diferenças não atingiram significância estatística ($p > 0,05$).

Tabela 2. Índices de VFC nos momentos pré e pós-intervenção

VARIÁVEL	GC PRÉ (n=10)	GC PÓS (n=10)	*p*-valor	GI PRÉ (n=10)	GI PÓS (n=10)	*p*-valor	*p*-valor PRÉ	*p*-valor PÓS
R-R (ms)	698,73±69,05	731,33±51,46	0,08	702,35±67,04	739,10±73,25	0,07	0,87	0,7
RMSSD (ms)	16,60±5,42	22,00±7,75	0,03	14,30±5,49	20,75±5,24	<0,001	0,26	0,58
SDNN (ms)	20,25±5,93	24,08±5,57	<0,01	17,66±6,60	29,53±9,63	<0,001	0,25	0,05
LF (%)	67,44±7,96	58,03±13,17	0,08	70,42±9,24	53,12±11,52	<0,001	0,36	0,1
HF (%)	20,55±7,96	41,96±13,17	0,08	29,57±9,24	46,87±11,52	<0,001	0,36	0,1
LF/HF (u.n)	2,19±0,54	1,58±0,67	<0,001	3,04±2,54	1,34±0,99	<0,001	0,19	0,28
SD1 (ms)	11,70±3,80	15,56±5,44	0,03	10,15±3,91	14,68±3,78	<0,001	0,25	0,58
SD2 (ms)	25,50±7,61	30,37±7,52	<0,001	22,26±8,10	36,71±12,44	<0,001	0,25	0,05

Valores expressos em média ± desvio-padrão. u.n. = unidades normalizadas. p refere-se à comparação intragrupo (pré vs. pós, teste t pareado ou Wilcoxon, conforme distribuição). As duas últimas colunas referem-se à comparação entre grupos (teste t independente ou Mann-Whitney) nos momentos pré e pós-intervenção, respectivamente. Valores de p ≤ 0,05 estão destacados em negrito. n = 20 por grupo.*

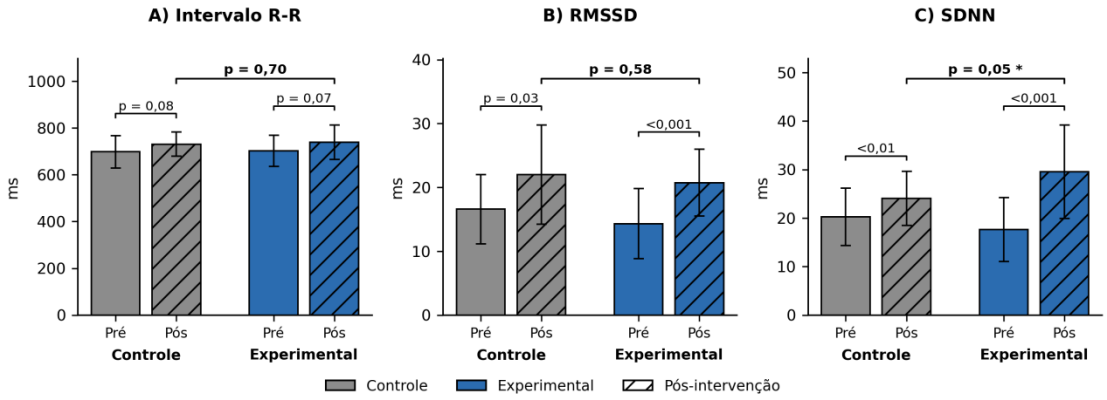
Na análise intragrupos, observou-se que no momento pré-intervenção, não foram evidenciadas diferenças estatisticamente significativas para nenhuma das variáveis analisadas (Figura de 2 a 4), demonstrando a equivalência das condições basais entre os participantes. Entretanto, no período pós-intervenção, de maneira isolada, o índice SDNN apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos, indicando possível relevância clínica no que diz respeito ao aumento da variabilidade global e da modulação vagal. Para as demais variáveis, apesar da tendência de respostas mais favoráveis no grupo experimental, as comparações intergrupos não revelaram diferenças estatisticamente significativas.

O Effect Size foi considerado elevada para os valores de SDNN (0,95) e SD2 (0,91) maior para o protocolo com cicloergometro, no grupo intervenção, do que o protocolo realizado com a deambulação no grupo controle. Para as variáveis de R-R (0,15), RMSSD (0,25), LF (022), HF (0,22), LF/HF (0,2), SD1 (0,25) os valores de Effect Size demonstraram-se com pequeno efeito.

De forma geral, ambos os protocolos promoveram melhora dos índices de variabilidade da frequência cardíaca após a intervenção. Entretanto, o protocolo que incluiu o cicloergômetro foi associado a alterações mais consistentes nos

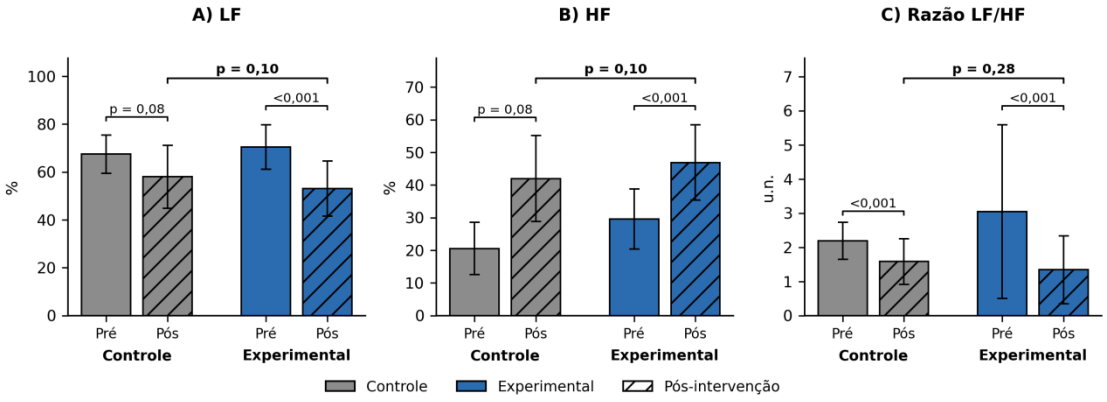
marcadores autonômicos, particularmente nos índices relacionados ao predomínio parassimpático e à variabilidade global da frequência cardíaca.

Figura 2. Índices temporais da VFC (média ± desvio-padrão; n = 20/grupo)



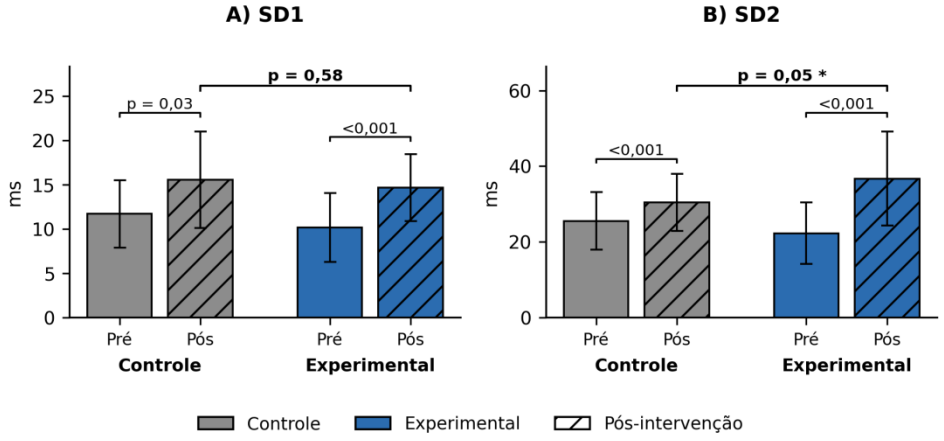
*Índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca (intervalo R-R, RMSSD e SDNN) nos grupos controle e experimental, nos momentos pré e pós-intervenção. Barras representam média ± desvio-padrão. Colchetes horizontais indicam comparações intragrupo (pré vs. pós); colchete superior indica comparação entre grupos no momento pós-intervenção. * p ≤ 0,05.*

Figura 3. Índices espectrais da VFC (média ± desvio-padrão; n = 20/grupo)



*Índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca (LF, HF e razão LF/HF) nos grupos controle e experimental, nos momentos pré e pós-intervenção. Barras representam média ± desvio-padrão. * p ≤ 0,05.*

Figura 4. Índices não lineares (plot de Poincaré) da VFC (média ± desvio-padrão; n = 20/grupo)



*Colchetes indicam comparações intragrupo (pré vs. pós); colchete superior indica comparação entre grupos no momento pós-intervenção. * p ≤ 0,05. Análise por intenção de tratar modificada (mITT).*

*Índices geométricos não lineares derivados do plot de Poincaré (SD1 e SD2) nos grupos controle e experimental, nos momentos pré e pós-intervenção. Barras representam média ± desvio-padrão. * p ≤ 0,05.*

DISCUSSÃO

O presente ensaio clínico randomizado teve por objetivo investigar o efeito de dois protocolos de mobilização em pacientes no pós-operatório de cirurgia abdominal alta sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca. Independentemente do protocolo empregado, observou-se melhora dos índices de variabilidade da frequência cardíaca após a intervenção, sugerindo recuperação progressiva do controle autonômico ao longo da internação. Esse comportamento é compatível com a redução gradual da resposta fisiológica ao trauma cirúrgico e com os benefícios esperados da mobilização precoce. Na comparação entre os grupos, apenas o SDNN apresentou diferença estatisticamente significativa após a intervenção (p = 0,05). Embora os demais índices tenham demonstrado variações numericamente mais acentuadas no grupo submetido ao cicloergômetro, essas diferenças não alcançaram significância estatística.

A inexistência de mudanças significativas no intervalo R-R corrobora que a intervenção não provocou alterações relevantes na frequência cardíaca média ao longo do período analisado. Em pacientes no período pós-operatório, o intervalo R-R é condicionado por múltiplos fatores além da modulação autonômica; entre eles destacam-se o estado volêmico, a administração de analgésicos e sedativos, o uso

de fármacos vasoativos e a resposta inflamatória sistêmica, fatores que Karmali et al. (2017) já haviam identificado como os principais confundidores da VFC em pacientes críticos, e que Wojtanowski et al. (2025) retomam na revisão mais recente sobre o tema. Neste contexto, o incremento simultâneo de índices como RMSSD e SDNN indica que as principais adaptações deram-se na variabilidade dos intervalos cardíacos, e não na frequência cardíaca em si (SHAFFER & GINSBERG, 2017; KARMALI et al. 2017; WOJTANOWSKI et al. 2025).

Comportamento do intervalo RR, do RMSSD e do SDNN

A avaliação dos índices temporais da VFC mostrou que ambos os protocolos ajudaram a recuperar a modulação autonômica ao longo da internação. Embora o intervalo R-R não tenha apresentado diferenças estatisticamente significativas nas comparações intra ou entre os grupos, pode-se observar que houve um aumento no R-R médio nos dois grupos entre o momento da admissão e o momento pós-intervenção, embora sem cruzar o limiar de significância em nenhuma das comparações. Isso sugere uma tendência à redução da frequência cardíaca durante a fase de recuperação pós-operatória. Esse comportamento está de acordo com a atenuação gradual da resposta fisiológica ao trauma cirúrgico e reforçando a ideia de que as alterações observadas nos demais índices de variabilidade não podem ser explicadas apenas por mudanças na frequência cardíaca média, exatamente o tipo de distinção que Shaffer e Ginsberg (2017) apontam como central para não confundir cronotropismo com modulação autonômica (SHAFFER & GINSBERG, 2017; WUJTEWICZ & OWCZUK, 2023; IVASCU et al. 2024).

Entre os índices temporais, o RMSSD aumentou em ambos os grupos ao longo da internação de forma significativa, tanto no controle ($p = 0,03$) quanto na intervenção ($p < 0,001$), com a segunda apresentando incremento bem maior em termos absolutos. Tal achado sugere que: qualquer estratégia de mobilização, convencional ou associada ao cicloergômetro, parece favorecer a retomada do tônus vagal à medida que a resposta ao trauma cirúrgico perde força e o paciente volta a se movimentar. O que esse resultado não sustenta é uma superioridade estatística do cicloergômetro sobre a fisioterapia isolada visto que, a diferença entre os grupos no momento pós-intervenção ficou longe da significância ($p = 0,58$), apesar do ganho absoluto maior no grupo intervenção. Frandsen et al. (2022), em revisão

sistemática sobre VFC no perioperatório, descrevem ampla dispersão de valores de RMSSD entre pacientes cirúrgicos, atribuída a diferenças de porte cirúrgico, dor e resposta individual à anestesia, fatores estes que ampliam ainda mais essa dispersão nessa população específica (FRANDSEN et al. 2022; LABORDE et al. 2024).

O SDNN teve um comportamento distinto do RMSSD. Este foi o único índice a separar estatisticamente os dois grupos após a intervenção ($p = 0,05$). Ao contrário dos índices que isolam predominantemente a atividade vagal, o SDNN soma toda a variância dos intervalos R-R, capturando simpático e parassimpático juntos, sem distingui-los, exatamente o que Liu et al. (2025). Na prática, é um índice menos específico, mas mais sensível a um efeito que atue sobre os dois ramos do sistema nervoso autônomo simultaneamente e é exatamente esse tipo de efeito combinado que o cicloergômetro parece ter produzido. O grupo submetido ao cicloergômetro sem carga não apenas reduziu predomínio simpático, como também recuperou tônus vagal de forma mais consistente que o controle, o que permite inferir que a inclusão desse recurso potencializou os efeitos da mobilização precoce sobre a recuperação da modulação autonômica global. o SDNN, por agregar as duas mudanças numa única medida, acabou sendo o índice com maior chance de captar essa diferença dentro de uma amostra de vinte pacientes por grupo (LIU & CHEN, 2025; TURCU et al. 2025).

A interpretação desses resultados torna-se mais consistente quando RMSSD e SDNN são analisados de forma complementar. Enquanto o primeiro reflete predominantemente as oscilações vagais de curto prazo, o segundo expressa a variabilidade global do sistema cardiovascular. A melhora simultânea desses índices indica que as adaptações observadas não se restringiram ao aumento da atividade parassimpática, mas envolveram uma reorganização mais ampla dos mecanismos responsáveis pelo controle autonômico da frequência cardíaca durante o período pós-operatório (KIM et al., 2018).

Componentes espectrais: LF, HF e razão LF/HF

Os resultados obtidos no domínio da frequência corroboram aqueles observados nos índices temporais, reforçando a hipótese de recuperação progressiva da modulação autonômica ao longo da internação. Em ambos os

grupos, verificou-se redução da componente LF acompanhada de aumento da componente HF após a intervenção. Embora essas alterações não tenham diferido significativamente na comparação intergrupos, sua magnitude foi mais pronunciada entre os pacientes submetidos ao protocolo que incluiu o cicloergômetro. A interpretação desses resultados deve considerar as limitações particulares aos índices do domínio da frequência. Embora a redução da componente LF e da razão LF/HF seja frequentemente associada à diminuição da influência simpática, estudos recentes ressaltam que essas variáveis não constituem medidas diretas do balanço simpatovagal, uma vez que também refletem a influência da modulação barorreflexa e de outros mecanismos fisiológicos (LIU et al., 2025).

Entretanto, a interpretação desses componentes deve ser realizada com cautela. Atualmente, reconhece-se que a banda LF não representa exclusivamente a atividade simpática, uma vez que também sofre influência da modulação vagal e dos mecanismos barorreflexos, sobretudo em registros de curta duração. Dessa forma, a redução observada nesse índice deve ser interpretada no contexto do comportamento das demais variáveis da variabilidade da frequência cardíaca, e não como evidência isolada de retirada da atividade simpática (BILLMAN, 2013; SHAFFER & GINSBERG, 2017).

A queda significativa da razão LF/HF em ambos os grupos, parece estar diretamente associado à redução da predominância do sistema simpático, fato este observado já no período pós-operatório. Embora essa queda tenha sido mais expressiva no grupo intervenção, as diferenças entre os grupos não se mostraram estatisticamente significativas ao final do estudo. Esse achado provavelmente decorre da variabilidade das medidas espectrais, da heterogeneidade dos pacientes e do tamanho amostral. Assim, vale ressaltar que a razão LF/HF possui limitações como marcador do balanço simpático–parassimpático. Portanto, sua interpretação deve ser realizada em conjunto com outros índices para uma compreensão mais precisa da adaptação do sistema autonômico após a mobilização precoce (JOHNSTON et al., 2020).

Análise não linear: SD1 e SD2

Os índices derivados do plot de Poincaré apresentaram comportamento compatível com o observado na análise linear da VFC, conforme já descrito por van

Roon et al. em revisão recente sobre as relações entre os parâmetros geométricos e os domínios temporal e espectral da VFC. O aumento do SD1 foi observado em ambos os grupos, sem diferença entre eles, reproduzindo o padrão verificado para o RMSSD. Em relação ao SD2, verificou-se incremento mais pronunciado no grupo intervenção, atingindo significância estatística. Considerando que SD2 reflete a variabilidade global dos intervalos R-R e mantém estreita relação com o SDNN, achado reforçado por Milovanović et al. em estudo clínico recente que avaliou associações entre parâmetros do plot de Poincaré e índices convencionais de VFC, a concordância entre esses parâmetros sugere que a intervenção exerceu efeito sobre a modulação autonômica global. Essa interpretação é sustentada pelo fato de que os índices geométricos e lineares convergiram para a mesma direção dos resultados (VAN ROON et al., 2025; MILOVANOVIĆ et al., 2026).

Implicações clínicas da deambulação e da cicloergometria na modulação autonômica e na recuperação hospitalar

Sabe-se que cinco minutos de cicloergometria sem carga representa um estímulo de baixa demanda metabólica, embora seja suficiente para promover a ativação de mecanorreceptores musculares e articulares dos membros inferiores para modular a regulação autonômica central. Buchheit (2014) observou que a recuperação parassimpática pós-exercício tende a ser mais rápida quando a intensidade do esforço é baixa, ou seja, cargas mais altas ativam o metaborreflexo e geram acúmulo de metabólitos musculares. Corroborado com o estudo de Chehuen et al. que, ao comparar respostas fisiológicas a exercício máximo e submáximo em pacientes com doença arterial periférica, observaram o mesmo padrão de resposta. Assim, um cicloergômetro sem carga não é uma versão "fraca" de exercício e sim um estímulo suficiente para um paciente crítico no pós-operatório, o qual não deve ser submetido a esforço de alta demanda metabólica (BUCHHEIT, 2014; CHEHUEN et al., 2021).

Os achados deste estudo indicam que tanto a deambulação quanto a cicloergometria favoreceram a recuperação da modulação autonômica cardíaca em pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta. Entretanto, o uso do cicloergômetro apresentou resposta mais acentuada da variabilidade global da frequência cardíaca, evidenciada pelos maiores valores de SDNN e SD2 após a intervenção. Em relação

ao tempo de internação hospitalar, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os protocolos, ou seja, não refletiu no período de hospitalização. Assim, embora o tamanho amostral e a significância limítrofe de alguns resultados, a cicloergometria pode representar uma estratégia adjuvante segura e de baixo custo para a reabilitação de pacientes cirúrgicos. No entanto, faz-se necessário a realização de estudos multicêntricos com maior poder estatístico, os quais permitirão comparações mais precisas e possibilitarão maior generalização dos resultados (JOHNSTON et al., 2020; O'GRADY et al., 2024).

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Como limitações deste estudo, incluímos: o tamanho da amostra é relativamente pequeno, fatores como a heterogeneidade clínica dos participantes, incluindo as diferenças individuais relacionadas ao tipo de cirurgia, condição clínica prévia e o uso de medicações no pós operatório (analgésicos, sedativos, betabloqueadores e drogas vasoativas), que possam ter influenciado na VFC. Por fim, o curto período de acompanhamento limita a avaliação dos efeitos a longo prazo.

CONCLUSÃO

Ambos os protocolos foram acompanhados por aumento dos índices de VFC após a intervenção. A diferença entre os grupos foi observada para o SDNN, com maior valor no grupo que realizou cicloergometria sem carga. Esse achado é relevante porque o SDNN representa a variabilidade global dos intervalos R-R e, neste estudo, a diferença não ocorreu apenas em um índice relacionado à atividade parassimpática. Não é possível, entretanto, estabelecer a partir desses resultados que a cicloergometria produza melhores desfechos clínicos, uma vez que o estudo não foi delineado para avaliar arritmias, complicações cardiovasculares ou morbimortalidade.

Portanto, conclui-se que, a modalidade de mobilização deve ser definida de acordo com a condição clínica e a capacidade funcional apresentada pelo paciente. Nos casos em que a deambulação não pode ser realizada, a cicloergometria sem carga possibilita a mobilização ativa dos membros inferiores, sem necessidade de marcha. No presente estudo, essa modalidade esteve associada ao aumento dos índices de VFC e apresentou maior valor de SDNN em comparação ao grupo

controle após a intervenção. Esses achados acrescentam informações sobre a resposta da modulação autonômica à cicloergometria sem carga no período pós-operatório. A utilização dessa modalidade deve considerar a avaliação clínica e a tolerância individual ao procedimento.

REFERÊNCIAS – ESTUDO II

BALL, Lorenzo et al. Changes in lung aeration and respiratory function after open abdominal surgery: A quantitative magnetic resonance imaging study. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, v. 66, n. 8, p. 944-953, 2022.

BASSETTI, Matteo et al. Post-operative abdominal infections: epidemiology, operational definitions, and outcomes. *Intensive Care Medicine*, v. 46, n. 2, p. 163-172, 2020.

BELZILE, D. et al. Heart rate variability after bariatric surgery: The add-on value of exercise. *European Journal of Sport Science*, v. 23, n. 3, p. 415-422, 2023.

BILLMAN, George E. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. **Frontiers in physiology**, v. 4, p. 26, 2013.

BITENCOURT, Tulio HB et al. A systematic review and meta-analysis of randomized trials to evaluate the impact of exercise on heart rate variability post-bariatric surgery. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, v. 11, n. 8, p. 248, 2024.

BITTENCOURT, Ingrid Stefany et al. Correlação entre mobilidade toracoabdominal, força muscular respiratória, pico de fluxo de tosse e as complicações pulmonares no pós-operatório de cirurgias abdominais. *Brazilian Journal of Respiratory, Cardiovascular and Critical Care Physiotherapy*, v. 11, p. 0-0, 2021.

BODEN, Ianthe et al. Preoperative physiotherapy for the prevention of respiratory complications after upper abdominal surgery: pragmatic, double blinded, multicentre randomised controlled trial. *BMJ*, v. 360, 2018.

BUCHHEIT, Martin. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. **Frontiers in physiology**, v. 5, p. 71297, 2014.

BURTIN, Chris et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Critical Care Medicine*, v. 37, n. 9, p. 2499-2505, 2009.

CHEHUEN, Marcel et al. Physiological Responses to Maximal and Submaximal Walking in Patients with Symptomatic Peripheral Artery Disease. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 117, p. 309-316, 2021.

CORDEIRO, André Luiz et al. Efeitos hemodinâmicos do treino em ciclo ergômetro em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Rev DERC*, v. 20, n. 3, p. 90-93, 2014.

DA SILVA, Laion Roberto Ferreira et al. Complicações pós-operatórias em cirurgia abdominal: uma revisão das complicações mais comuns após cirurgias abdominais, como infecções, hérnias incisionais e obstruções intestinais. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 5, n. 5, p. 145-158, 2023.

DE ALMEIDA, E. et al. Early mobilization programme improves functional capacity after major abdominal cancer surgery: a randomized controlled trial. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, v. 119, n. 5, p. 900-907, 2017.

DOS SANTOS DISESSA, Henrique et al. A systematic review and meta-analysis investigating the impact of exercise interventions on heart rate variability in hemodialysis patients. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 30818, 2024.

ELECTROPHYSIOLOGY, Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, v. 93, n. 5, p. 1043-1065, 1996.

EREN, Nurhan et al. The Effect of Intra-abdominal Pressure on Heart Rate Variability and Hemodynamics During Laparoscopic Cholecystectomy: A Prospective Observational Study. *Cureus*, v. 16, n. 4, 2024.

FARAH, Breno Quintella. Variabilidade da frequência cardíaca como indicador de risco cardiovascular em jovens. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 115, n. 1, p. 59-60, 2020.

FENG, Zhenzhen et al. Effects of exercise-based pulmonary rehabilitation on adults with asthma: a systematic review and meta-analysis. *Respiratory Research*, v. 22, p. 1-12, 2021.

FERNANDES, Débora da Luz et al. Efeitos da técnica de breath stacking após cirurgia abdominal alta: ensaio clínico randomizado. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 48, p. e20210280, 2022.

FRANDSEN, Mikkel Nicklas et al. Preoperative heart rate variability as a predictor of perioperative outcomes: a systematic review without meta-analysis. **Journal of clinical monitoring and computing**, v. 36, n. 4, p. 947-960, 2022.

GIORDANO, Giovanni et al. Heart rate variability during weaning from invasive mechanical ventilation: a systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 13, n. 24, p. 7634, 2024.

HOSHI, Rosangela Akemi et al. Poincaré plot indexes of heart rate variability: relationships with other nonlinear variables. *Autonomic Neuroscience*, v. 177, n. 2, p. 271-274, 2013.

HYNYNEN, E.; VESTERINEN, V.; RUSKO, H.; NUMMELA, A. Effects of moderate and heavy endurance exercise on nocturnal HRV. *International Journal of Sports Medicine*, v. 31, n. 6, p. 428-432, 2010.

INOUE, Angela Sachiko et al. Impacto da capacidade funcional pré-operatória nos resultados pós-operatórios de cirurgia de cardiopatia congênita: estudo observacional e prospectivo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 118, n. 2, p. 411-419, 2022.

IVASCU, Robert et al. The surgical stress response and anesthesia: a narrative review. **Journal of Clinical Medicine**, v. 13, n. 10, p. 3017, 2024.

JOHNSTON, Brian W. et al. Heart rate variability: Measurement and emerging use in critical care medicine. **Journal of the Intensive Care Society**, v. 21, n. 2, p. 148-157, 2020.

KARMALI, Shamir N. et al. Heart rate variability in critical care medicine: a systematic review. **Intensive care medicine experimental**, v. 5, n. 1, p. 33, 2017.

KEIM, Ole C. et al. Heart rate variability as a predictor of intraoperative autonomic nervous system homeostasis. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, v. 38, n. 6, p. 1305-1313, 2024.

KIM, Hye-Geum et al. Stress and heart rate variability: a meta-analysis and review of the literature. **Psychiatry investigation**, v. 15, n. 3, p. 235, 2018.

KISS, Orsolya et al. Detailed heart rate variability analysis in athletes. *Clinical Autonomic Research*, v. 26, n. 4, p. 245-252, 2016.

LABORDE, Sylvain et al. Influence of physical post-exercise recovery techniques on vagally-mediated heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 44, n. 1, p. 14-35, 2024.

LABORDE, Sylvain; MOSLEY, Emma; THAYER, Julian F. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research. *Frontiers in Psychology*, v. 8, p. 238557, 2017.

LIU, Shujuan; CUI, Yunyi; CHEN, Meihong. Heart rate variability: A multidimensional perspective from physiological marker to brain-heart axis disorders prediction. Frontiers in Cardiovascular Medicine, v. 12, p. 1630668, 2025.

LOPES, Polyana Figueiredo Fernandes et al. Aplicabilidade clínica da variabilidade da frequência cardíaca. *Revista Neurociências*, v. 21, n. 4, p. 600-603, 2013.

LUZ, Sabrinne Nunes et al. Efetividade da mobilização precoce no pós-operatório de cirurgia cardiovascular. *Referências em Saúde do Centro Universitário Estácio de Goiás*, v. 4, n. 02, p. 40-46, 2021.

MALIK, Marek et al. Heart rate variability: standards of measurement. *European Heart Journal*, v. 17, n. 3, p. 354-381, 1996.

MATUSIK, Patrycja S. et al. Heart rate variability and coronary artery bypass grafting: A systematic review. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, v. 25, n. 1, p. 36, 2024.

MILOVANOVIĆ, Branislav et al. Associations of Poincaré Plot-Derived Parameters with Heart Rate Variability and Autonomic Reflex Testing in a Real-World Clinical Population. **Diagnostics**, v. 16, n. 7, p. 1016, 2026.

MISKOVIC, A.; LUMB, A. B. Postoperative pulmonary complications. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, v. 118, n. 3, p. 317-334, 2017.

O'GRADY, Heather K. et al. Leg cycle ergometry in critically ill patients—an updated systematic review and meta-analysis. **NEJM evidence**, v. 3, n. 12, p. EVIDoa2400194, 2024.

PANDIS, N. et al. CONSORT 2010 statement. *BMJ*, v. 357, p. j2835, 2017.

PIRES-NETO, Ruy Camargo et al. Characterization of the use of a cycle ergometer. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 25, p. 39-43, 2013.

PISSOLATO, Jéssica da Silva; FLECK, Caren Schlottfedt. Mobilização precoce na UTI adulta. *Fisioterapia Brasil*, v. 19, n. 3, 2018.

RAJAN, Sujeet K. et al. Progressive pulmonary fibrosis. *European Respiratory Journal*, v. 61, n. 3, 2023.

RIBEIRO, B. C. et al. Different physiotherapy protocols after CABG. *Physiotherapy Research International*, v. 26, n. 1, p. e1882, 2021.

ROCHA, A. R. Miranda et al. Early mobilization: why, what for and how? *Medicina Intensiva*, v. 41, n. 7, p. 429-436, 2017.

ROY, Bhaskar; GHATAK, Sobhendu. Métodos não-lineares para avaliar VFC. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 101, p. 317-327, 2013.

SHAFFER, Fred; GINSBERG, Jay P. An overview of heart rate variability metrics and norms. **Frontiers in public health**, v. 5, p. 290215, 2017.

SHAFFER, Fred; MEEHAN, Zachary M.; ZERR, Christopher L. Ultra-short-term HRV norms. *Frontiers in Neuroscience*, v. 14, p. 594880, 2020.

SHIH, Po-Yuan et al. Recovery of cardiac electrophysiological alterations. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 7467, 2024.

TAZREEAN, Reeana; NELSON, Gregg; TWOMEY, Rosie. Early mobilization in enhanced recovery after surgery pathways: current evidence and recent advancements. **Journal of comparative effectiveness research**, v. 11, n. 2, p. 121-129, 2021.

TURCU, Ana-Maria et al. Heart rate variability: Marker of the impact of cardiovascular disease on intrinsic capacity in older adults. **Journal of Clinical Medicine**, v. 14, n. 9, p. 2981, 2025.

VAN ROON, Arie M. et al. Overview of Mathematical Relations Between Poincaré Plot Measures and Time and Frequency Domain Measures of Heart Rate Variability. **Entropy**, v. 27, n. 8, p. 861, 2025.

VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de VFC. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, v. 24, n. 2, p. 205-271, 2009.

VILEFORT, Laís Assunção et al. Principais complicações pós-operatórias. *Revista Eletrônica Acervo Científico*, v. 36, p. e8853, 2021.

WEISER, Thomas G. et al. Global volume of surgery. *The Lancet*, v. 372, n. 9633, p. 139-144, 2008.

WOJTANOWSKI, Anne et al. Heart rate variability as a marker of multiple organ dysfunction syndromes: a systematic review. **Journal of Clinical Monitoring and Computing**, v. 39, n. 4, p. 717-729, 2025.

WUJTEWICZ, Magdalena; OWCZUK, Radoslaw. Heart rate variability in anaesthesiology–narrative review. **Anaesthesiology Intensive Therapy**, v. 55, n. 1, p. 1-8, 2023.

ZHANG, Lifan; LI, Bingxun; WU, Lin. Heart rate variability in atrial fibrillation. *Annals of Medicine*, v. 57, n. 1, p. 2478474, 2025.

ZILLNER, Liliane; ANDREAS, Martin; MACH, Markus. Wearable HRV and AF monitoring. *mHealth*, v. 10, p. 8, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou que a mobilização precoce favoreceu a recuperação da modulação autonômica da frequência cardíaca no período pós-operatório de cirurgia cardíaca. Entretanto, a literatura disponível ainda é limitada, com diferenças importantes entre os protocolos de mobilização, os métodos empregados para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca e o pequeno número de estudos, especialmente em populações cirúrgicas diferentes da cardíaca.

Diante disso, com base nessas lacunas, foi realizado um ensaio clínico randomizado em pacientes submetidos à cirurgia abdominal alta, no qual tanto a deambulação quanto a cicloergometria sem carga promoveram melhora da modulação autonômica. A cicloergometria, entretanto, apresentou maior aumento dos índices SDNN e SD2, indicando melhor recuperação da variabilidade global da frequência cardíaca, embora não tenham sido observadas diferenças entre os grupos quanto ao tempo de permanência na unidade de terapia intensiva e no hospital.

Na revisão sistemática, foram observadas diferenças tanto nos protocolos de mobilização quanto nos métodos utilizados para avaliar a VFC em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Essa variação metodológica dificulta a comparação dos resultados disponíveis e aponta para a necessidade de protocolos mais uniformes, principalmente quanto à modalidade de mobilização, ao momento da avaliação e aos índices de VFC empregados. No presente estudo, a VFC foi utilizada como medida complementar à avaliação do paciente no período pós-operatório.

Esses achados reforçam que a VFC pode ser usada para acompanhar a recuperação da modulação autonômica após cirurgias de grande porte. Além disso, mostram que os benefícios da mobilização precoce vão além da recuperação funcional. Ainda assim, é importante interpretar os resultados considerando algumas limitações, como o tamanho da amostra, o fato de o estudo ter sido realizado em um único centro e a falta de acompanhamento após a alta hospitalar.

Dessa forma, novos ensaios clínicos, com maior número de participantes, diferentes protocolos de mobilização e seguimento em longo prazo, são necessários para ampliar o conhecimento sobre a resposta autonômica ao exercício e fortalecer

a utilização da VFC como ferramenta de avaliação e monitoramento da recuperação pós-operatória.

ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO A - Parecer de aprovação do Comitê de Ética

HOSPITAL PORTO DIAS

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DE DOIS PROTOCOLOS DE MOBILIZAÇÃO EM PACIENTES NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA ABDOMINAL ALTA SOBRE A MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Pesquisador: FABIANO OLIVEIRA DA ROCHA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 87849725.0.0000.0235

Instituição Proponente: HOSPITAL PORTO DIAS LTDA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.620.924

Apresentação do Projeto:

A cirurgia abdominal alta é considerada um procedimento complexo e invasivo, sendo frequentemente associada a uma série de alterações fisiológicas, sobretudo no sistema cardiovascular e respiratório. Dentre as complicações encontradas no período pós operatório (PO), as complicações cardiovasculares mais frequentes são as arritmias, isquemia miocárdica, trombose venosa profunda (TVP), insuficiência cardíaca aguda e a disautonomia cardíaca, e as complicações respiratórias atelectasias, pneumonia, embolia pulmonar, diminuição da função diafragmática e síndrome do desconforto respiratório (SDRA) (BITTENCOURT et al., 2021; MISKOVIC & LUMB, 2017; VILEFORT et al., 2021). O estudo da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) permite avaliar a modulação autonômica da frequência cardíaca, identificando o equilíbrio do sistema nervoso autônomo e demonstrando o funcionamento de seus componentes simpáticos e parassimpáticos e a influência sobre o ritmo cardíaco. No contexto do cuidado PO, particularmente em cirurgias de grande porte, como as abdominais, a VFC pode desempenhar um papel essencial no monitoramento da recuperação, estresse cirúrgico e adaptabilidade destes pacientes (KISS et al., 2016). A redução da VFC tem sido relacionada a desordens pós-operatórias, em especial eventos cardiovasculares e pior prognóstico, que podem englobar um risco elevado de infecções, disfunção orgânica e aumento do tempo de internação. Avaliar a VFC garante a instalação de uma melhor estratégia de reabilitação,

Endereço: Travessa Mauriti, 3050, bloco A, 1º andar
Bairro: MARCO **CEP:** 66.093-681
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3084-3155 **E-mail:** eticaepesquisa@hpd.com.br

ANEXO B - Comprovante de submissão do artigo científico

WILEY

Dear Professor Rodrigo Santiago Barbosa Rocha,

Thank you for submitting your manuscript "Effects of Early Mobilization on Autonomic Modulation of Heart Rate in Postoperative Cardiac Surgery Patients: A Systematic Review" to Physiotherapy Research International. Your unique manuscript ID is: 2058084.

We will confirm this submission with all authors of the manuscript.

As submitting author, you will be the primary recipient of communications from the journal. You will be responsible for responding to editorial queries and making updates to the manuscript if needed.

You can visit the manuscript details page at any time to track the status of your manuscript.

MANUSCRIPT DETAILS

Kind regards,
Physiotherapy Research International