

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE
PORTO ALEGRE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
REABILITAÇÃO**



Patrícia da Silva Bauer

**Fatores Preditivos de Limitação
Funcional Após Cirurgia Cardíaca**

**UFCS
PA**
**Universidade Federal de Ciências da Saúde
de Porto Alegre**

Porto Alegre

2020

Patrícia da Silva Bauer

Fatores Preditivos de Limitação Funcional Após Cirurgia Cardíaca

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Teixeira

Porto Alegre
2020

Fatores Preditivos de Limitação Funcional Após Cirurgia Cardíaca

BANCA AVALIADORA

Dra. Clarissa Netto Blattner
Departamento de fisioterapia
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dr. Ramiro Barcos Nunes
Departamento de Ciências da Reabilitação
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Dr. Régis Goulart Rosa
Departamento de Terapia Intensiva
Hospital Moinhos de Vento

Porto Alegre
2020

AGRADECIMENTO

Agradeço àqueles que de alguma forma colaboraram para a realização desta dissertação.

Ao meu orientador, Cassiano Teixeira, primeiramente pelo aceite e pela confiança. Obrigada pela disponibilidade e atenção em todos os momentos.

Agradeço aos meus colegas do Hospital São Francisco e a toda a equipe multidisciplinar que contribuíram de alguma forma.

Agradeço imensamente à minha família.

Ao meu companheiro, Jean Bellio, pelo apoio, amor e compreensão.

À minha mãe, Nilva, meu exemplo de pessoa, força e dedicação.

À colega de profissão, Bruna Leão, a qual foi peça fundamental em toda esta trajetória.

Por fim, agradeço aos membros da banca avaliadora pela disponibilidade e contribuições ao estudo.

“Conheça todas teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.”

Carl G. Jung

RESUMO

Objetivo: Identificar os fatores preditivos de limitação funcional em pacientes submetidos a cirurgia cardíaca.

Métodos: Estudo de coorte retrospectiva foi realizado para avaliar pacientes submetidos a cirurgia cardíaca. Todos os pacientes foram submetidos a um protocolo de reabilitação cardiovascular. Para a análise do desfecho, os pacientes foram categorizados em dois grupos conforme o desempenho no mesmo, visando a avaliação do desfecho: com limitação funcional (grupo LF), onde os pacientes atingiram até a etapa 3 do protocolo institucional, consistindo em apenas treino de marcha e exercícios de membros superiores e inferiores; e sem limitação funcional (grupo sem LF), onde os pacientes atingiram além da etapa 4 do protocolo institucional, na qual além do treino de marcha e exercícios de membros superiores e inferiores, também engloba o treino de subida e descida de escadas.

Resultados: Foram coletados dados de 548 pacientes, destes, 190 pacientes (34,7%) apresentaram limitação funcional. Através da análise de teste de multicolinearidade, os fatores associados a limitação funcional pós-operatória foram: internação pelo sistema único de saúde (RP 2,14 Intervalo de confiança (IC) 95%, 1,73-2,65; $p < 0,001$); idade (RP 1,23 IC 95%, 1,15-1,31; $p < 0,001$); tempo de internação na unidade de terapia intensiva (RP 1,033 IC 95%, 1,01-1,05; $p < 0,005$); história de infarto agudo do miocárdio prévio (RP 1,40 IC 95%, 1,13-1,73; $p < 0,002$); presença de comorbidades prévias (doença renal crônica [RP 1,56 IC 95%, 1,15-2,10; $p < 0,004$]; doença cerebrovascular [RP 1,57 IC 95%, 1,19-2,07; $p < 0,001$]); presença de fraqueza muscular expiratória (RP 1,54 IC 95%, 1,08-2,20; $p < 0,017$) e intercorrência de parada cardiorrespiratória durante a internação (RP 1,76 IC 95%, 1,40-2,22; $p < 0,001$).

Conclusão: A limitação funcional após cirurgia cardíaca pôde ser prevista por fatores pré-operatórios e pós-operatórios. A funcionalidade pré-operatória não parece ser fator independente para a limitação funcional.

Palavras-chave: Cirurgia torácica; Período Perioperatório; Reabilitação cardíaca; Registros Médicos; Desempenho Físico Funcional.

ABSTRACT

Objective: To identify the predictive factors of functional limitation in patients undergoing cardiac surgery.

Methods: Retrospective cohort study was performed for evaluating patients undergoing cardiac surgery. All patients underwent a cardiovascular rehabilitation protocol. For the outcome analysis, the patients were categorized as those with functional limitation (FL group), patients who had worse performance and reached up to stage 3 of the institutional protocol comprising only gait training and lower and upper limb exercises, and patients without functional limitation (group without FL).

Results: Data were collected from 548 patients; of these, 190 patients (34.7%) had functional limitations. By analyzing the multicollinearity test, the factors associated with postoperative functional limitation were as follows: hospitalization by the public healthcare system (OR: 2.14 95% confidence interval (CI): 1.73-2.65; $p < 0.001$); age (OR 1.23 CI 95%, 1.15-1.31; $p < 0.001$); length of hospitalization in the intensive care unit (OR 1.033 CI 95%, 1.01-1.05; $p = 0.005$); history of previous acute myocardial infarction (OR 1.40 CI 95%, 1.13-1.73; $p = 0.002$); presence of previous comorbidities (chronic kidney disease [OR 1.56 CI 95%, 1.15-2.10; $p = 0.004$]; cerebrovascular disease [OR 1.57 CI 95%, 1.19-2.07; $p = 0.001$]); presence of expiratory muscle weakness (OR 1.54 CI 95%, 1.08-2.20; $p = 0.01$); and intercurrentence of cardiorespiratory arrest during hospitalization (OR 1.76 CI 95%, 1.40-2.22; $p < 0.001$).

Conclusion: Note that functional limitation after cardiac surgery could be predicted via preoperative and postoperative factors. Moreover, preoperative functionality does not seem to be an independent factor for functional limitation.

Keywords: Thoracic surgery; Perioperative period; Cardiac rehabilitation; Medical records; Functional physical performance.

LISTA DE FIGURAS

Figure 1. Forest plot diagram of the multicollinearity analysis of preoperative, transoperative and postoperative risk factors for functional limitation after cardiac surgery.....	48
---	----

LISTA DE TABELAS

Table 1. Institutional protocol of physiotherapeutic care in surgical cardiac patients.....	45
Table 2. Univariate analysis of preoperative, transoperative and postoperative variables for risk of functional limitation after cardiac surgery.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHT	Sociedade Americana de Terapeutas da Mão
AV	Atrioventricular
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AVE	Acidente Vascular Encefálico
BAVT	Bloqueio Atrioventricular Total
CEC	Circulação Extracorpórea
CES–D	Centro de Estudos Epidemiológicos
CRM	Cirurgia De Revascularização Do Miocárdio
DAC	Doença Arterial Coronariana
DASI	Duke Activity Status Index
LF	Limitação Funcional
DM	Diabetes Mellitus
DRC	Doença Renal Crônica
FAPO	Fibrilação Atrial Pós-Operatória
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
IAM	Infarto Agudo Do Miocárdio
IC	Intervalo de Confiança
IM	Insuficiência Mitrál
IMC	Índice de Massa Corporal
IRpA	Insuficiência Respiratória Aguda
ISCMPA	Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre
MET	Equivalente Metabólico
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCR	Parada Cardiorrespiratória
PEmax	Pressões Expiratórias Máximas

PI _{max}	Pressões Inspiratórias Máximas
POCC	Pós-Operatório de Cirurgia Cardíaca
PR	Prevalence Ratio
RCV	Reabilitação Cardiovascular
RP	Razão de Prevalência
SDRA	Síndrome Do Desconforto Respiratório Agudo
SUS	Sistema Único de Saúde
UTI	Unidade De Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO	16
2.1 TIPOS DE CIRURGIA CARDÍACA	16
2.1.1 Cirurgia De Revascularização Do Miocárdio	16
2.1.2 Cirurgia De Substituição Da Válvula Cardíaca	17
2.1.3 Cirurgia De Correção De Aneurisma De Aorta	18
2.2 FATORES PRÉ-OPERATÓRIOS	18
2.2.1 Fragilidade	18
2.2.2 Baixo Nível de Atividade Física.....	19
2.2.3 Fraqueza	20
2.2.4 Lentidão	20
2.2.5 Fadiga e Emagrecimento	21
2.2.6 Força Muscular Respiratória.....	21
2.3 FATORES TRANSOPERATÓRIOS	22
2.4 FATORES PÓS-OPERATÓRIOS	24
2.4.1 Fibrilação Atrial Pós-Operatória	24
2.4.2 Complicações no Pós-Operatório	25
2.5 REABILITAÇÃO CARDIOVASCULAR	25
3 OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4 REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA.....	28
5 ARTIGO	32
6 CONCLUSÃO GERAL.....	59

1 INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares constituem a maior causa de mortalidade em todo o mundo, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS). Estima-se 17,7 milhões de pessoas morrem devido a eventos cardiovasculares todos os anos (OPAS/OMS, 2016). A maioria das doenças cardiovasculares estão associadas a fatores de risco, como obesidade, sedentarismo, hipertensão arterial sistêmica, tabagismo, diabetes e dislipidemia (LEVY, 1981) e podem ser revertidas ou amenizadas com mudança de estilo de vida (OPAS/OMS, 2016).

Porém, em muitos casos, quando não há mais recursos eficientes para a regressão da doença, uma intervenção cirúrgica se faz necessária para o seu tratamento. As cirurgias cardíacas mais comumente realizadas são as cirurgias de revascularização do miocárdio (CRM), as correções de disfunções valvares e cirurgias na aorta (DORDETTO et al, 2016; PIEGAS et al, 2009).

Por se tratar de cirurgias complexas e com um alto índice de complicações, as quais podem estar diretamente relacionadas com o limitação funcional no pós-operatório, a morbidade após cirurgia cardíaca é um fator crucial que deve ser levado em consideração (LAIZO et al, 2010). Portanto, uma abrangente avaliação pré-operatória se faz necessária para avaliar os riscos e benefícios do procedimento cirúrgico (LIMA et al, 2004; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2017).

Com o aumento exponencial da expectativa de vida, cada vez mais pacientes idosos e potencialmente mais frágeis estão sendo encaminhados para realização de cirurgia cardíaca. O processo cirúrgico nessa população se torna mais difícil, já que a idade avançada muitas vezes vem acompanhada de outras doenças associadas, além da doença cardíaca de base. Portanto, esses pacientes tendem a apresentar maior mortalidade, morbidade e tempo de internação hospitalar prolongado no pós-operatório (STAMMERS et al, 2015).

De maneira geral, quanto maior a idade do paciente com indicação de cirurgia cardíaca, mais o nível de fragilidade vai influenciar na avaliação dos benefícios do procedimento, no seu resultado e na recuperação desse paciente no pós-operatório (MACK et al, 2017). Portanto, a cirurgia cardíaca requer um trabalho de equipe interdisciplinar, onde o fisioterapeuta será de grande

importância no processo de reabilitação (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2006).

Nas últimas décadas, tem se reconhecido a reabilitação cardiovascular (RCV) como um importante instrumento no cuidado dos pacientes com doença cardiovascular (Herdy, 2014).

A reabilitação cardiovascular (RCV) pode ser dividida em quatro fases. A fase 1, que foi abordada neste estudo, se refere ao período em que o paciente se encontra hospitalizado. Nesta fase, o objetivo é aumentar a confiança, prevenir complicações pós-operatórias, diminuir o impacto psicológico, diminuir os efeitos deletérios do imobilismo no leito e fazer com que o paciente retorne o quanto antes às suas atividades de vida diária (MARINHO et al, 2016).

Inúmeros estudos trazem sugestões de protocolos a serem utilizados na RCV fase 1, cada protocolo com suas particularidades, porém ainda não existe consenso. Entretanto podemos observar que majoritariamente, os protocolos progridem de movimentações passivas, nas primeiras horas de pós-operatório, onde o paciente ainda se encontra na unidade de terapia intensiva (UTI), evoluindo para movimentação ativa, deambulação e na sua fase final, a realização do treino de escadas (WINKELMANN et al, 2014; ACHTTIEN et al, 2013; MORENO et al, 2011; HIRSCHHORN et al, 2012).

Mesmo com o avanço nos procedimentos cirúrgicos, diversos fatores, como a anestesia geral, necessidade de circulação extracorpórea, sangramento aumentado e necessidade de transfusão de hemoderivados podem interferir na recuperação do paciente no pós-operatório (LIMA et al, 2004). Outrossim a condição clínica do paciente no pré-operatório e a ocorrência de complicações pós-operatórias podem interferir negativamente (LAIZO et al, 2010; LEE et al, 2010; SUNDERMANN et al, 2011; SUNDERMANN et al, 2011; SOARES et al, 2011).

Portanto, o conhecimento dessa relação pode trazer informações de grande benefício na busca da compreensão de quais os fatores interferem na evolução clínica e conseqüentemente na limitação funcional do paciente após uma cirurgia cardíaca.

Diante da importância e relevância do assunto, faz-se necessário novos estudos acerca desse tema. Com isso este estudo visou estabelecer quais são

os fatores pré-operatórios, transoperatórios e pós-operatórios preditivos de limitação funcional após cirurgia cardíaca.

2 REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO

As doenças cardiovasculares são distúrbios que afetam o coração e os vasos sanguíneos, como a doença arterial coronariana, doença cerebrovascular, doença arterial oclusiva periférica, doença cardíaca reumática, cardiopatia congênita, trombose venosa profunda e embolia pulmonar (OPAS/OMS 2016).

Por apresentarem um alto índice de morbimortalidade, várias estratégias são recomendadas para o manejo das doenças cardiovasculares, como uma menor exposição aos fatores comportamentais de risco, como sedentarismo, dietas inadequadas, tabagismo e uso nocivo do álcool. Esses fatores de risco podem manifestar-se nos indivíduos através da pressão arterial elevada, glicemia alta, hiperlipidemia, sobrepeso e obesidade, os quais podem levar ao desenvolvimento de doenças como hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes mellitus (DM) e dislipidemia (OPAS/OMS 2016).

O manejo dessas doenças pode se dar através da mudança de estilo de vida associado ao tratamento medicamentoso. Porém em alguns casos uma intervenção cirúrgica de alto custo se faz necessária. As cirurgias cardíacas mais comuns são as revascularizações miocárdicas, substituição da válvula cardíaca e cirurgias da aorta (Brick et al., 2004).

2.1 TIPOS DE CIRURGIA CARDÍACA

2.1.1 Cirurgia De Revascularização Do Miocárdio

A Cirurgia de Revascularização do Miocárdio (CRM) é uma das cirurgias mais frequentemente realizadas em todo o mundo, sendo que, nas últimas décadas obtiveram-se muitos avanços relacionados a técnica cirúrgica e melhor compreensão da doença arterial coronariana (DAC) (Brick, Souza et al. 2004).

Basicamente, a DAC caracteriza-se pela irrigação sanguínea insuficiente no coração por meio das artérias coronárias devido a obstrução do fluxo sanguíneo pelas placas ateroscleróticas (OPAS/OMS 2016).

Atualmente existem três opções de tratamento para essa doença: tratamento clínico, intervenção coronariana percutânea e a CRM (Arsalan and Mack 2016). A escolha de tratamento é determinada por alguns

fatores, como a idade do paciente, a localização e grau de obstrução, a função ventricular esquerda e a existência de outras condições clínicas pré-existentes (Weatherby 2018).

A CRM tem como objetivo diminuir a mortalidade, aliviar sintomas de isquemia do miocárdio, prevenir infarto agudo do miocárdio (IAM) e melhorar a capacidade funcional dos pacientes portadores de DAC (Brick, Souza et al. 2004).

2.1.2 Cirurgia De Substituição Da Válvula Cardíaca

No Brasil, a doença valvar representa boa parte das internações hospitalares por doença cardiovascular. Diferentemente de países desenvolvidos, a febre reumática é responsável por cerca de 70% dos casos de valvulopatias em território brasileiro (Tarasoutchi, Montera et al. 2011).

As valvulopatias podem ser adquiridas ou congênitas, podendo causar estenose valvar, com obstrução ao fluxo anterógrado, insuficiência valvar com fluxo retrógrado, ou ambas (Quilici, 2009).

A valvulopatia mitral reumática mais comum é a dupla disfunção não balanceada (insuficiência e estenose em diferentes graus de evolução) manifestada entre a segunda e a quinta década de vida. Caracteristicamente, a insuficiência mitral (IM) diz respeito a lesão aguda, por sua vez as estenoses dizem respeito a lesões crônicas, entretanto deve-se levar em consideração os graus variados de acometimento (Tarasoutchi, Montera et al. 2011).

A valvulopatia aórtica nos indivíduos jovens associa-se a febre reumática e a doença congênita bicúspide, enquanto nos idosos associa-se a doença aórtica senil calcificada, a qual está relacionada aos fatores de risco para aterosclerose (Summers, Andrasko-Bourgeois et al. 1998).

Independentemente da etiologia, conforme a evolução da doença, em alguns casos se faz necessário o tratamento da valvulopatia de forma invasiva, através da cirurgia de substituição da valva acometida.

2.1.3 Cirurgia De Correção De Aneurisma De Aorta

A aorta é considerada patologicamente dilatada quando seu diâmetro excede o predito para aquela idade e superfície corporal. Quando este diâmetro superar a 50% do previsto naquele segmento analisado, configura-se a definição de aneurisma (Albuquerque, Braile et al. 2009).

Quanto a localização, os aneurismas podem apresentar-se em todo seguimento aórtico: aorta ascendente - arco aórtico, aorta descendente - tóraco-abdominal e aorta abdominal infra-renal.

Na aorta ascendente, a dilatação progressiva pode levar à insuficiência valvar aórtica (mesmo em válvulas anatomicamente normais), à dissecação aguda ou à ruptura espontânea, eventos que alteram, dramaticamente, a história natural e a curva de sobrevida, sendo a magnitude do risco relacionada ao diâmetro e ao tipo de doença estrutural da parede aórtica (Buffolo 2007).

De maneira geral, o diâmetro de 6 centímetros é aceito como indicativo de cirurgia em aneurismas assintomáticos, embora a presença de sintomas ou a gravidade da insuficiência aórtica possam indicar intervenção independente das dimensões da aorta (Davies, Goldstein et al. 2002).

2.2 FATORES PRÉ-OPERATÓRIOS

2.2.1 Fragilidade

Fragilidade é uma síndrome biológica que reflete o estado de diminuição da reserva fisiológica e vulnerabilidade a estressores (Bergman, Ferrucci et al. 2007).

Os estressores são amplamente classificados como doença aguda ou crônica (por exemplo, infarto agudo do miocárdio) ou iatrogênico (por exemplo, cirurgia cardíaca). Quando expostos a tais estressores, pacientes frágeis correm risco de descompensação acentuada e muitas vezes desproporcional, complicações, recuperação prolongada, limitação funcional e mortalidade (Shamliyan, Talley et al. 2013).

A fragilidade tornou-se um tema de alta prioridade na medicina cardiovascular devido ao envelhecimento e à natureza cada vez mais complexa

dos pacientes. Portanto tem papel fundamental nas estimativas de risco e na elaboração de planos de tratamento individuais e personalizados, maximizando a probabilidade de um resultado positivo (Afilalo, Alexander et al. 2014).

A fragilidade é mais comum em idosos e a maioria das pessoas frágeis apresentam pelo menos uma condição crônica. Entretanto, muitas pessoas com doenças crônicas não são frágeis, a fragilidade não é exclusiva dos idosos e também não está presente em 100% deles (Lee, Heckman et al. 2015).

A fragilidade segundo o conceito de fenótipo pode ser categorizada em cinco domínios: 1) baixo nível de atividade física; 2) fraqueza; 3) lentidão; 4) fadiga autorreferida; 5) emagrecimento (Fried, Tangen et al. 2001).

2.2.2 Baixo Nível de Atividade Física

A capacidade funcional reflete a habilidade de realizar atividades de vida diária através dos esforços integrados dos sistemas pulmonar, cardiovascular e muscular esquelético. Sua avaliação é de grande importância na investigação do impacto da doença cardiovascular na vida do paciente e nos fornece informações importantes de diagnóstico e prognóstico (Arena et al., 2007).

O padrão ouro para avaliação da capacidade funcional é o teste cardiopulmonar de exercício (Yazbek Jr, Carvalho, Sabbag, & Battistella, 1998). Todavia, muitas vezes sua realização se torna impraticável, seja pela condição clínica e física do paciente, ou pela indisponibilidade da realização do teste. Os questionários são uma ferramenta simples, barata e segura para avaliar a condição clínica ou funcional.

O *Duke Activity Status Index* (DASI), um questionário simples, que contém 12 itens que avaliam atividades de vida diária, as quais nos dão uma estimativa do equivalente metabólico (MET). Este questionário tem sido amplamente utilizado em pacientes com doenças cardiovasculares a fim de avaliar a capacidade funcional (Afilalo, Alexander et al. 2014).

Quando questionado sobre atividades de vida diária, o paciente responde se consegue ou não realizar determinada tarefa, o peso das respostas positivas é somado para se obter uma resposta total que varia entre zero e 58,2, em seguida, esse resultado será aplicado na fórmula $0,43 + 9,6$, a qual gera um valor

estimado de gasto metabólico (Afilalo, Alexander et al. 2014). Quanto maior a pontuação, maior a capacidade funcional do indivíduo.

2.2.3 Fraqueza

A fraqueza muscular decorre, especialmente, da sarcopenia, da disfunção imunológica e neuroendócrina e da falta de exercício (Rockwood et al., 2004).

O declínio na massa e composição muscular associado ao acúmulo de deficiências subclínicas em vários sistemas orgânicos resultantes de doenças cardiovasculares e / ou predisposições genéticas levam à diminuição da reserva homeostática e resiliência aos estressores, fatores que estão intimamente ligados à síndrome da fragilidade (Afilalo et al., 2014).

A força de preensão palmar tem se mostrado um confiável preditor de resultados indesejáveis, como mortalidade, limitação funcional e complicações pós-operatórias (Bohannon 2001).

A dinamometria manual avalia a força de preensão manual, fornecendo uma estimativa da força isométrica da extremidade superior. É considerada um bom indicador, pois correlaciona-se eficazmente com a força muscular de outros grupos musculares, conseqüentemente tem sido relatada como bom indicador da força muscular global (Rantanen, ERA et al. 1994).

Dentre os diversos equipamentos encontrados hoje no mercado, o dinamômetro hidráulico analógico Jamar® é largamente utilizado, sendo considerado um equipamento padrão ouro (Fess 1992). A Sociedade Americana de Terapeutas da Mão (ASHT) recomenda que os indivíduos testados estejam sentados com ombros aduzidos, cotovelos flexionados a 90° e antebraço em posição neutra.

2.2.4 Lentidão

A marcha é uma parte integral das atividades da vida diária e sua adequada funcionalidade depende de vários órgãos, especificamente dos sistemas neurológico, musculoesquelético e cardiovascular (Andrade, Fernandes, Nóbrega, Garcia, & Costa, 2012).

O teste de velocidade da marcha tem demonstrado importante predição prognóstica, excelente confiabilidade interexaminadores e fácil aplicação (Van Kan, Rolland et al. 2009).

Em estudo prospectivo que avaliou a fragilidade antes da cirurgia cardíaca observou-se que a velocidade lenta da marcha de cinco metros foi associada a um aumento de 3 vezes na mortalidade ou morbidade importante pós-operatória (Afilalo, Eisenberg et al. 2010).

A distância de cinco metros tem sido adotada em muitos estudos, pois demonstra um bom equilíbrio entre permitir que os pacientes atinjam uma velocidade constante de caminhada sem desencadear sintomas cardiopulmonares, tornando o foco deste teste diferente do que um típico teste de estresse ou teste de caminhada de 6 minutos (Afilalo, Alexander et al. 2014).

2.2.5 Fadiga e Emagrecimento

A fadiga autorreferida pode ser avaliada através da afirmação de que em três ou mais dias da última semana o paciente precisou fazer muito esforço para realizar tarefas habituais. Este fato correlaciona-se ao estágio de exercício alcançado no teste cardiopulmonar de exercício, como um indicador de VO₂ máximo (Willem Johan Kop, Appels, De Leon, & Bar, 1996), e é preditivo de doenças cardiovasculares (Willem J Kop, Appels, de Leon Mendes, & Bär, 1994).

Com o envelhecimento há uma progressiva e lenta perda de massa muscular, força e velocidade de contração, conferindo maior risco para quedas, fraturas, incapacidade, dependência, hospitalização recorrente e mortalidade. Este processo de sarcopenia está associada a alterações do metabolismo muscular, endócrinos e a fatores nutricionais, mitocondriais e genéticos (Silva, Frisoli Junior, Pinheiro, & Szejnfeld, 2006).

A sarcopenia está intimamente ligada ao emagrecimento, o qual pode ser predito através dos níveis de albumina sérica e através da perda de peso não intencional maior de 4,5 kg no último ano. (Fried, Tangen et al. 2001).

2.2.6 Força Muscular Respiratória

Mesmo não englobando o fenótipo da fragilidade, a força muscular respiratória tem sido amplamente estudada, buscando identificar a presença de fraqueza muscular respiratória, pois esta interfere na mecânica ventilatória, podendo dificultar a reabilitação dos pacientes após cirurgia cardíaca (Stein, Maia et al. 2009).

A manovacuometria consiste na mensuração das pressões inspiratórias máximas (PI_{max}) e expiratórias máximas (PE_{max}) por meio de um equipamento clássico e confiável, denominado manovacuômetro (Montemezzo, Velloso et al. 2010) (Parreira, França et al. 2007).

A pressão medida por esses testes reflete a pressão desenvolvida pelos músculos respiratórios associada à pressão passiva de recolhimento elástico do sistema respiratório, bem como do volume pulmonar em que são realizadas as manobras (Green, Sieck et al. 2002). Dependem também da compreensão das manobras a serem executadas e da vontade do indivíduo em cooperar e realizar movimentos e esforços respiratórios realmente máximos (Montemezzo, Velloso et al. 2010).

Em 1969, Black e Hyatt descreveram o método de avaliação da força da musculatura respiratória para indivíduos saudáveis (Black and Hyatt 1969) e desde então diversos estudos de diferentes lugares do mundo publicaram seus achados sob forma de valores de referência. Ao que se refere a população brasileira, em 1999, Neder e colaboradores foram os primeiros a desenvolverem equações preditivas, sexo e idade dependentes, através da avaliação de 100 indivíduos saudáveis de ambos os sexos, com idade de 20 a 80 anos, no estado de São Paulo e estes valores ainda são amplamente utilizados (Neder, Andreoni et al. 1999).

2.3 FATORES TRANSOPERATÓRIOS

Por se tratar de cirurgias de peito aberto, as cirurgias cardíacas em geral envolvem a criação de uma incisão cirúrgica no peito, abrindo o osso esterno para a exposição do coração e realização dos reparos necessários, chamada de esternotomia (Weatherby 2018).

A esternotomia causa dano tissular na pele, nos tecidos subcutâneos, no osso e na cartilagem, o que, na maioria dos casos, gera dor nos pacientes, o que pode interferir no desfecho pós-operatório (Mazzeffi and Khelemsky 2011).

A circulação extracorpórea (CEC) é um procedimento muito utilizado, cuja finalidade é propiciar um campo cirúrgico limpo, preservar as características funcionais do coração e oferecer maior segurança à equipe cirúrgica (Torrati and Dantas 2012). Durante a utilização da CEC e parada cardíaca - cardioplegia, realizam-se as intervenções necessárias diretamente no órgão alvo, o coração (Brick, Souza et al. 2004).

Entretanto, a CEC causa a liberação de espécies reativas de oxigênio, lesão de isquemia e reperfusão, produz liberação de citocinas pró-inflamatórias e ativação leucocitária, o que por sua vez gera uma resposta inflamatória sistêmica, influenciando diretamente no prognóstico pós-operatório (Asimakopoulos 2001; Huffmyer & Groves, 2015). Complicações pulmonares são comuns após o uso de CEC, pelo *aumento do líquido extravascular na circulação pulmonar, o que origina o preenchimento alveolar por células inflamatórias e que acarreta a inativação do surfactante pulmonar e o colapso de algumas áreas. Este quadro pode levar à modificação da relação ventilação/perfusão pulmonar; à diminuição da complacência e à alteração do trabalho respiratório no período PO, dificultando o desmame e aumentando o tempo de permanência em ventilação mecânica.*

O tempo de CEC influencia diretamente no desfecho pós-operatório, um tempo maior de 75 minutos está associado a maior chance de óbito no pós-operatório de cirurgia cardíaca (Anderson et al., 2011).

Apesar dos avanços no que se refere a CEC e nas técnicas cirúrgicas, o sangramento excessivo no período intraoperatório continua a ser um complicador em cirurgia cardíaca, seja por distúrbio de coagulação ou por hemostasia cirúrgica inadequada.

Após o início da CEC, a hemodiluição causa uma rápida redução para aproximadamente metade na contagem de plaquetas, em relação aos níveis pré-operatórios, ocorrendo então uma perda progressiva na função plaquetária (Choi, Yoon et al. 2017), dentre outros inúmeros fatores que podem influenciar no sangramento durante uma cirurgia cardíaca. Portanto, muitas vezes

a transfusão de hemocomponentes se faz necessária, porém traz consigo algumas possíveis complicações.

As transfusões têm sido associadas a altas taxas de mortalidade e morbidades, como a ocorrência de insuficiência renal, complicações neurológicas, infecção respiratória e cardíaca, em pacientes transfundidos em relação aos não transfundidos após a cirurgia cardíaca (Hajjar, Vincent et al. 2010; Leal-Noval, Rincón-Ferrari et al. 2001; Engoren, Habib et al. 2002).

A incidência de distúrbios da condução atrioventricular (AV) no pós-operatório de cirurgia cardíaca situa-se entre 10% e 15% (Merin, Ilan et al. 2009). Dentre suas apresentações mais graves pode-se destacar o bloqueio atrioventricular total (BAVT), e em algumas situações específicas poderá ser necessária a implantação de um marca-passo cardíaco, o que pode aumentar a morbidade pós-operatória (Andrade, Ávila Neto et al. 2000) (Merin, Ilan et al. 2009).

A parada cardiorrespiratória (PCR) é um evento adverso grave, pode ser atribuída a várias causas e ocasionar diversos graus de complicações. Segundo consenso dos Estados Unidos, a incidência de PCR após cirurgia cardíaca é de 0,7% a 8% e apenas metade desses pacientes sobrevive até a alta hospitalar (Dunning, Levine et al. 2017).

2.4 FATORES PÓS-OPERATÓRIOS

2.4.1 Fibrilação Atrial Pós-Operatória

A fibrilação atrial pós-operatória (FAPO) ainda é a complicação mais comum no pós-operatório de cirurgia cardíaca, com incidência estimada de 16% a 30% (Villareal, Hariharan et al. 2004; Shen, Lall et al. 2011) e o seu pico de ocorrência acontece no segundo e terceiro dia do período pós-operatório (Maisel, Rawn et al. 2001).

Na maioria das vezes, mostra-se benigna, entretanto a FAPO aumenta a predisposição do paciente a eventos tromboembólicos, instabilidade hemodinâmica e aumenta até 3 vezes a chance de acidente vascular cerebral (AVC), prolongando o tempo de internação hospitalar, conseqüentemente gerando maiores custos ao sistema de saúde (Mariscalco, Klersy et al. 2008).

Embora alguns fatores, como idade avançada e comorbidades associadas, já sejam estabelecidos para o desenvolvimento da FAPO, os mecanismos fisiopatológicos ainda não são completamente elucidados (Creswell, Schuessler et al. 1993), entretanto a resposta inflamatória e o estresse oxidativo têm sido associados a patogênese da fibrilação atrial (Maesen, Nijs et al. 2012).

2.4.2 Complicações no Pós-Operatório

Apesar dos avanços na cirurgia e cuidados perioperatórios, complicações pós-operatórias permanecem frequentes, levando a aumentos substanciais na mortalidade, morbidade e custos hospitalares (LaPar, Crosby et al. 2013).

As complicações podem afetar múltiplos sistemas e podem se apresentar de várias maneiras, incluindo infecções de ferida operatória, pneumonia, fenômenos tromboembólicos, falha do enxerto, fibrilação atrial, hipertensão pulmonar, derrame pericárdico, AVC, lesão renal, injúria gastrointestinal e instabilidade hemodinâmica (Montrief, Koyfman et al. 2018).

Segundo Laizo et al 2010, essas complicações podem estar relacionadas à idade avançada, ao tempo de internação pré-operatória, às comorbidades preexistentes, aos hábitos de vida inadequados, à condição nutricional prévia (desnutrição ou obesidade), ao tipo de medicamento utilizado no pré-operatório e a fatores de risco inerentes ao procedimento anestésico-cirúrgico (Laizo, Delgado et al. 2010).

2.5 REABILITAÇÃO CARDIOVASCULAR

Segundo definição de 1964 da OMS, “reabilitação cardíaca é o somatório das atividades necessárias para garantir aos pacientes portadores de cardiopatia as melhores condições física, mental e social, de forma que eles consigam, pelo seu próprio esforço, reconquistar uma posição normal na comunidade e levar uma vida ativa e produtiva”.

Nas últimas décadas, tem se reconhecido a reabilitação cardiovascular (RCV) como um importante instrumento no cuidado dos pacientes com doença cardiovascular (Herdy, López-Jiménez et al. 2014).

A RCV deve ser focada em mudanças no estilo de vida com ênfase na atividade física programada, adoção de hábitos alimentares saudáveis, cessação do tabagismo e do uso de drogas em geral, além de estratégias para reduzir o estresse (Herdy, López-Jiménez et al. 2014).

Tradicionalmente, a RCV é dividida em fases temporais, sendo a fase 1 intra-hospitalar e as fases 2 a 4 ambulatoriais (Carvalho et al., 2020). A fase 1 tem como objetivos principais que o paciente tenha alta hospitalar com as melhores condições físicas e psicológicas possíveis, fornecendo informações referentes ao estilo de vida saudável, especialmente no que diz respeito ao exercício físico. A fase 2 começa imediatamente após a alta hospitalar e tem duração média de 3 meses. A fase 3 costuma ter duração de 3 a 6 meses e a fase 4 tem duração prolongada. Em todas as fases objetiva-se progressão dos benefícios da RCV ou, pelo menos, a manutenção dos ganhos obtidos (Carvalho et al., 2020).

Quanto a prática de atividade física, a RCV deve ser baseada em exercícios aeróbicos e de fortalecimento muscular. Os exercícios aeróbicos podem ser realizados através do uso de esteiras e cicloergômetros, principalmente de membros inferiores. Os exercícios de fortalecimento muscular podem ser realizados utilizando somente o peso corporal, o que representa um esforço, em geral, suficiente nos pacientes mais debilitados ou também através do uso de pesos livres, halteres, caneleiras com pesos variados, entre outros (Carvalho et al., 2020).

O paciente submetido à RCV pode apresentar uma série de adaptações fisiológicas relacionadas ao exercício, como, por exemplo, modulação favorável do sistema nervoso autônomo, com maior variabilidade de frequência cardíaca, redução da frequência cardíaca basal e melhora da função endotelial (Winzer, Woitek, & Linke, 2018). Também podem ser observadas adaptações vasculares nas artérias de condutância (com diminuição da rigidez arterial e melhora da função endotelial), nas arteríolas (pela diminuição da razão parede/luz do vaso) e nos capilares, estimulando a angiogênese (Black, Stöhr, Shave, & Esformes, 2016).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar quais são os fatores preditivos de limitação funcional após cirurgia cardíaca.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar se as seguintes variáveis interferem na limitação funcional do paciente no pós-operatório de cirurgia cardíaca:

- Dados sociodemográficos e antropométricos: idade, sexo e índice de massa corporal;
- Condição clínica pré-operatória: doenças associadas, histórico de cirurgia cardíaca prévia, presença de plano de saúde, força muscular respiratória, baixo nível de atividade física, fraqueza muscular, lentidão, fadiga auto referida e desnutrição;
- Eventos transoperatórios: tipo de procedimento cirúrgico, tempo de CEC, tempo de CLAMP, sangramento, necessidade de transfusão de hemoderivados e desenvolvimento de BAVT;
- Complicações pós-operatórias: tempo de internação na UTI, evolução com PCR, desenvolvimento de FAPO, complicações cardíacas, complicações pulmonares, complicações renais, complicações neurológicas, complicações infecciosas, complicações hematológicas e outras.

4 REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA

- Afilalo, J., et al. (2014). "Frailty assessment in the cardiovascular care of older adults." *Journal of the American College of Cardiology* 63(8): 747-762.
- Afilalo, J., et al. (2010). "Gait speed as an incremental predictor of mortality and major morbidity in elderly patients undergoing cardiac surgery." *Journal of the American College of Cardiology* 56(20): 1668-1676.
- Albuquerque, L. C., et al. (2009). "Diretrizes para o tratamento cirúrgico das doenças da aorta Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular: atualização 2009." *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery* 24(2): 7-33.
- Andrade, J. C. S., et al. (2000). "Diretrizes para o implante de marcapasso cardíaco permanente." *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 74(5): 475-480.
- Arsalan, M. and M. J. Mack (2016). "Coronary artery bypass grafting is currently underutilized." *Circulation* 133(10): 1036-1045.
- Asimakopoulos, G. (2001). "Systemic inflammation and cardiac surgery: an update." *Perfusion* 16(5): 353-360.
- Bergman, H., et al. (2007). "Frailty: an emerging research and clinical paradigm—issues and controversies." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 62(7): 731-737.
- Black, L. F. and R. E. Hyatt (1969). "Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex." *American review of respiratory disease* 99(5): 696-702.
- Bohannon, R. W. (2001). "Dynamometer measurements of hand-grip strength predict multiple outcomes." *Perceptual and motor skills* 93(2): 323-328.
- Brick, A. V., et al. (2004). "Diretrizes da cirurgia de revascularização miocárdica valvopatias e doenças da aorta." *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 82: 1-20.
- Buffolo, E. (2007). "Diretrizes para o tratamento cirúrgico das doenças da aorta da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular." *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery* 22(2): 137-159.
- Choi, Y. J., et al. (2017). "A perda sanguínea excessiva no pós-operatório de cirurgia cardíaca pode ser prevista com o sistema de classificação da Sociedade Internacional de Trombose e Hemostasia (ISTH)." *Revista Brasileira de Anestesiologia* 67(5): 508-515.
- Creswell, L. L., et al. (1993). "Hazards of postoperative atrial arrhythmias." *The Annals of thoracic surgery* 56(3): 539-549.

Davies, R. R., et al. (2002). "Yearly rupture or dissection rates for thoracic aortic aneurysms: simple prediction based on size." *The Annals of thoracic surgery* 73(1): 17-28.

Dunning, J., et al. (2017). "The society of thoracic surgeons expert consensus for the resuscitation of patients who arrest after cardiac surgery." *The Annals of Thoracic Surgery* 103(3): 1005-1020.

Engoren, M. C., et al. (2002). "Effect of blood transfusion on long-term survival after cardiac operation." *The Annals of thoracic surgery* 74(4): 1180-1186.

Fess (1992). Grip strength. In: Casanova JS, editor. *Clinical assessment recommendations*. 2nd ed. Chicago: American Society of Hand Therapists.

Fried, L. P., et al. (2001). "Frailty in older adults: evidence for a phenotype." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 56(3): M146-M157.

Green, M., et al. (2002). "Tests of respiratory muscle strength." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166(4): 528-547.

Hajjar, L. A., et al. (2010). "Transfusion requirements after cardiac surgery: the TRACS randomized controlled trial." *Jama* 304(14): 1559-1567.

Herdy, A., et al. (2014). "Diretriz sul-americana de prevenção e reabilitação cardiovascular." *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 103(2): 1-31.

Laizo, A., et al. (2010). "Complications that increase the time of hospitalization at ICU of patients submitted to cardiac surgery." *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery* 25(2): 166-171.

LaPar, D. J., et al. (2013). "A contemporary cost analysis of postoperative morbidity after coronary artery bypass grafting with and without concomitant aortic valve replacement to improve patient quality and cost-effective care." *The Annals of thoracic surgery* 96(5): 1621-1627.

Leal-Noval, S. R., et al. (2001). "Transfusion of blood components and postoperative infection in patients undergoing cardiac surgery." *Chest* 119(5): 1461-1468.

Lee, L., et al. (2015). "Frailty: Identifying elderly patients at high risk of poor outcomes." *Canadian family physician* 61(3): 227-231.

Maesen, B., et al. (2012). "Post-operative atrial fibrillation: a maze of mechanisms." *Europace* 14(2): 159-174.

Maisel, W. H., et al. (2001). "Atrial fibrillation after cardiac surgery." *Annals of internal medicine* 135(12): 1061-1073.

- Mariscalco, G., et al. (2008). "Atrial fibrillation after isolated coronary surgery affects late survival." *Circulation* 118(16): 1612.
- Mazzeffi, M. and Y. Khelemsky (2011). "Poststernotomy pain: a clinical review." *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia* 25(6): 1163-1178.
- Merin, O., et al. (2009). "Permanent pacemaker implantation following cardiac surgery: Indications and long-term follow-up." *Pacing and clinical electrophysiology* 32(1): 7-12.
- Montemezzo, D., et al. (2010). "Pressões respiratórias máximas: equipamentos e procedimentos usados por fisioterapeutas brasileiros." *Fisioterapia e Pesquisa* 17(2): 147-152.
- Montrief, T., et al. (2018). "Coronary artery bypass graft surgery complications: A review for emergency clinicians." *The American journal of emergency medicine* 36(12): 2289-2297.
- Neder, J. A., et al. (1999). "Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation." *Brazilian journal of medical and biological research* 32(6): 719-727.
- OPAS/OMS (2016). "Doenças cardiovasculares." Retrieved abril, 13, 2020, from https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5253:doencas-cardiovasculares&Itemid=1096.
- Parreira, V. F., et al. (2007). "Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis." *Brazilian Journal of Physical Therapy* 11(5): 361-368.
- QUILICI (2009). *Enfermagem em cardiologia*. São Paulo, Atheneu.
- Rantanen, T., et al. (1994). "Maximal isometric strength and mobility among 75-year-old men and women." *Age and ageing* 23(2): 132-137.
- Shamliyan, T., et al. (2013). "Association of frailty with survival: a systematic literature review." *Ageing research reviews* 12(2): 719-736.
- Shen, J., et al. (2011). "The persistent problem of new-onset postoperative atrial fibrillation: a single-institution experience over two decades." *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery* 141(2): 559-570.
- Stein, R., et al. (2009). "Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery." *Archives of physical medicine and rehabilitation* 90(10): 1685-1691.
- Summers, R. M., et al. (1998). "Evaluation of the aortic root by MRI: insights from patients with homozygous familial hypercholesterolemia." *Circulation* 98(6): 509-518.

Tarasoutchi, F., et al. (2011). "Diretriz brasileira de valvopatias-SBC 2011/ Diretriz interamericana de valvopatias-SIAC 2011." *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 97(5): 01-67.

Torrati, F. G. and R. A. Dantas (2012). "Circulação extracorpórea e complicações no período pós-operatório imediato de cirurgias cardíacas." *Acta Paulista de Enfermagem* 25(3): 340-345.

Van Kan, G. A., et al. (2009). "Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force." *The journal of nutrition, health & aging* 13(10): 881-889.

Villareal, R. P., et al. (2004). "Postoperative atrial fibrillation and mortality after coronary artery bypass surgery." *Journal of the American College of Cardiology* 43(5): 742-748.

Weatherby, L. (2018). "Coronary artery bypass grafting: a clinical overview."

5 ARTIGO

Predictive factors of functional limitation after cardiac surgery: a retrospective cohort study

(Submetido ao periódico The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery)

(Fator de Impacto 4,880)

Patrícia da Silva Bauer, MD¹, Cassiano Teixeira, PhD¹, Bruna Muller Leão, MD¹, and
Regis Goulart Rosa, PhD²

¹Post-graduate Program in Rehabilitation Sciences of the Federal University of Health
Sciences of Porto Alegre — UFCSPA — Porto Alegre (RS), Brazil

²Intensive Care Department of Hospital Moinhos de Vento — Porto Alegre (RS), Brazil

Post-graduate program in Rehabilitation Sciences

Author Contact: Patrícia da Silva Bauer

E-mail: pbauer.fisioterapia@gmail.com

Intensive Care Department of Moinhos de Vento hospital, Rua Ramiro Barcelos, 910,
3rd floor. CEP: 91340-001 – Porto Alegre (RS), Brazil

Conflict of interest: We declare that there is no pertinent conflict of interest.

Sources of Funding: This study did not have external sources of funding.

Glossary

ACT	Aortic Clamping Time
AMI	Acute Myocardial Infarction
ASHT	American Society of Hand Therapists
AVB	Total Atrioventricular Block
BMI	Body Mass Index
CES	Center for Epidemiological Studies
CI	Confidence Interval
CKD	Chronic Kidney Disease
CRA	Cardiorespiratory Arrest
DASI	Duke Activity Status Index
ECC	Extracorporeal Circulation
EPmax	Maximum Expiratory Pressures
FL	Functional Limitation
ICU	Intensive Care Unit
IPmax	Maximum Inspiratory Pressures
ISCMPA	Irmandade Santa Casa de Misericórdia of Porto Alegre
MET	Metabolic Equivalents of Task
MRS	Myocardial Revascularization Surgery
OR	Odds Ratio

Summary

Objective: To identify the predictive factors of functional limitation in patients undergoing cardiac surgery.

Methods: Retrospective cohort study was performed for evaluating patients undergoing cardiac surgery. All patients underwent a cardiovascular rehabilitation protocol. For the outcome analysis, the patients were categorized as those with functional limitation (FL group), patients who had worse performance and reached up to stage 3 of the institutional protocol comprising only gait training and lower and upper limb exercises, and patients without functional limitation (group without FL).

Results: Data were collected from 548 patients; of these, 190 patients (34.7%) had functional limitations. By analyzing the multicollinearity test, the factors associated with postoperative functional limitation were as follows: hospitalization by the public healthcare system (OR: 2.14 95% confidence interval (CI): 1.73-2.65; $p < 0.001$); age (OR 1.23 CI 95%, 1.15-1.31; $p < 0.001$); length of hospitalization in the intensive care unit (OR 1.033 CI 95%, 1.01-1.05; $p = 0.005$); history of previous acute myocardial infarction (OR 1.40 CI 95%, 1.13-1.73; $p = 0.002$); presence of previous comorbidities (chronic kidney disease [OR 1.56 CI 95%, 1.15-2.10; $p = 0.004$]; cerebrovascular disease [OR 1.57 CI 95%, 1.19-2.07; $p = 0.001$]); presence of expiratory muscle weakness (OR 1.54 CI 95%, 1.08-2.20; $p = 0.01$); and intercurrentence of cardiorespiratory arrest during hospitalization (OR 1.76 CI 95%, 1.40-2.22; $p < 0.001$).

Conclusion: Note that functional limitation after cardiac surgery could be predicted via preoperative and postoperative factors. Moreover, preoperative functionality does not seem to be an independent factor for functional limitation.

Keywords: Thoracic surgery; Perioperative period; Cardiac rehabilitation; Medical records; Functional physical performance.

Introduction

Because cardiovascular diseases are among the most prevalent diseases,¹ a surgical procedure often necessary for their correction. However, because these are highly complex procedures, complications in the perioperative period are frequent^{2, 3} and may increase mortality and morbidity in the postoperative period.^{3, 4} Certain factors, such as previous diseases,^{5, 6} age,^{7, 8} preoperative fragility,⁹ renal dysfunction,⁷ reduced ventricular contractility,⁷ requirement for prolonged extracorporeal circulation (ECC),¹⁰⁻¹² blood derivative transfusion,¹³⁻¹⁵ and postoperative complications^{3, 4, 16} are known to increase morbidity and postoperative mortality. However, a majority of these predictors were segregated in the preoperative,⁵⁻⁹ transoperative¹⁰⁻¹⁵ or postoperative period,^{3, 4, 16} thus hindering an overview of all phases involving cardiac surgery. Thus, this study aims to identify the preoperative, transoperative and postoperative predictive factors of functional limitation in patients undergoing cardiac surgery.

Methods

Design and population under study

This is a retrospective cohort study. The sample comprised patients undergoing elective cardiac surgery at the Hospital São Francisco, belonging to the Irmandade Santa Casa de Misericórdia of Porto Alegre (ISCMPA). It is a tertiary care university hospital specialized for treating cardiovascular diseases. The data were retrospectively collected through the database of the physiotherapy service and through the search in electronic medical records of the hospital from January 2017 to December 2018 (24 months). The sample was for convenience and included the data of all patients of both sexes over 18 years of age; they were admitted to the São Francisco Hospital who underwent elective cardiac surgery. Patients who died in the transoperative period and patients who did not

have adequate filling of the collection form were excluded from the analysis. The project was approved by the Research Ethics Committee of the Irmandade Santa Casa de Misericórdia of Porto Alegre with the opinion number 3.222.604.

Physiotherapeutic care protocol

All patients underwent a cardiovascular rehabilitation protocol after cardiac surgery, which began at the first physiotherapy session of the patient in the hospitalization unit until discharge from the hospital. This institutional protocol occurs in six stages (**Table 1**). At each rehabilitation performed, if in good clinical conditions, the patient progresses to the next step of the protocol.

Collected variables and collection instruments

An electronic medical record of preoperative history was examined for sample characterization, associated diseases, and functional evaluation via frailty criteria. Frailty was evaluated as per the phenotype concept^{17, 18} via five domains. 1) Low level of physical activity, assessed through the *Duke Activity Status Index (DASI)*¹⁹ where the higher the score, the greater the functional capacity of the individual. The cutoff point used was the value of four metabolic equivalents of task (METs). 2) Peripheral muscle weakness, assessed by measuring peripheral muscle strength verified through bilateral handgrip, palmar type, using the *Saehan SH5001* hand dynamometer, following the positioning guidelines of the American Society of Hand Therapists (ASHT).²⁰ The test was repeated three times with an interval of 1 min between each attempt; the result was the mean value of these three measurements. To analyze the predicted value adjusted for sex and body mass index,¹⁸ we considered slowness, evaluated through the gait speed test, where the individual walks at comfortable speed on a flat surface at a predetermined distance of 5

m.¹⁷ A walking time of >6 s (<0.83 m/s) is related to a three-fold increase in mortality or in severe morbidity after cardiac surgery;²¹ therefore, a time of 6 s was considered the cutoff point in this study. We also considered self-reported fatigue, assessed through a question adapted from the depression scale of the Center for Epidemiological Studies (CES),²² which follows: “How many days in the last week did you feel like all you've done was an effort?” The result was considered abnormal if the patient complained of effort for more than three days.¹⁷ Moreover, we considered slimming, assessed by serum albumin levels and through an objective question, which follows: “Patient reports unintentional weight loss (not due to diet or exercise) in the last year?” The result was considered abnormal if the patient had a weight loss equal to or >4.5 kg in the last year and if serum albumin were at levels equal to or <3.3 g/dl.^{17, 18} Respiratory muscle weakness was evaluated by inspiratory pressure measurements (IPMax) and maximum expiratory pressures (EPmax) using a digital manovacuometer Globalmed MVD300. The test was repeated three times, with an interval of 1 min between each attempt, and the highest value was considered as long as there was no difference >10% between the two highest values. For analyzing these results, absolute and percentage values predicted by Neder equations²³ were considered. Transoperative data were collected from electronic medical records: type of surgical procedure [myocardial revascularization surgery (MRS), valve replacement, MRS associated with valve replacement and aortic aneurysm correction], ECC time, aortic clamping time (ACT), requirement for blood derivative transfusion, and development of total atrioventricular block (AVB). Finally, the postoperative data collected were as follows: length of hospitalization in the intensive care unit, evolution with cardiorespiratory arrest during hospitalization and development of postoperative complications were as follows: 1) cardiac complications; 2) pulmonary

complications; 3) renal complications; 4) neurological complications; 5) infectious complications; 6) hematological complications; and 7) others.

Evaluation of the outcome

For data analysis, patients were divided into two groups. Those who were discharged from hospital reaching up to Stage 3 of the physiotherapeutic protocol, group with functional limitation (FL group) and those who reached beyond Step 4 of the institutional care protocol, a group without functional limitation (group without FL).

Statistical analysis

The results were presented via descriptive statistics: frequency and percentage, mean and standard deviation and median and interquartile interval as per the nature and distribution of variables. The normality of data was confirmed using the Kolmogorov–Smirnov test. Univariate analysis was performed using a Chi-square test for qualitative variables, Student’s t test for quantitative variables with symmetrical distribution, and Mann–Whitney U test for quantitative variables with asymmetric distribution. The variables with $p < 0.20$ entered multivariate analysis, which was performed using a hierarchical model composed initially of preoperative variables (level 1). The statistically significant variables in this analysis were maintained in the model and entered the adjustment of the next level, composed of transoperative variables (hierarchical level 2) and finally postoperative variables were included. Poisson’s regression with robust variance was used and a multicollinearity test of final regression model was performed to evaluate statistically significant variables. For the control of subsequent levels, data on slowness, self-reported fatigue, and low level of physical activity were maintained because they demonstrate the patient’s functional status before cardiac surgery. The measurement of

odds ratio (OR) with a 95% confidence interval (CI) was presented. The results with a value of $p < 0.05$ were considered to be significant, and the analyses were performed using SPSS 25.0.

Results

Out of a total of 718 cardiac surgeries performed during the study period, a total of 170 patients were excluded from the analysis (19.7%), 28 patients because of transoperative death and 142 because of data loss. Data were collected from 548 patients undergoing cardiac surgery. In total, 190 patients (34.7%) had functional limitation as per the physiotherapeutic protocol of the institution. The mean age of the sample was 63.8 (± 10.7) years. There was a predominance of male patients ($n = 383$, 69.9%) with a mean body mass index (BMI) of 27.7 (± 4.5) kilos/m². In the univariate analysis, the FL group presented a mean age older and lower ejection fraction. The patients were mostly female; they were hospitalized by the public healthcare system (Sistema Único de Saúde), had more associated diseases and presented worse performance in the preoperative functional evaluation, longer time of ECC, greater bleeding, requirement for blood derivative transfusion, more postoperative complications, cardiorespiratory arrest (CRA), and longer intensive care unit (ICU) hospitalization time (**Table 2**). The multivariate analysis demonstrated that the following variables increased the risk for a worse functional outcome: patients hospitalized by the public healthcare system, age, ICU hospitalization time, history of previous acute myocardial infarction (AMI), chronic kidney disease (CKD), cerebrovascular disease, expiratory muscle weakness and CRA intercurrent during hospitalization. In the multicollinearity test (**Figure 1**), all significant variables in the multivariate analysis remained significant; therefore, as expected, there was no effect of multicollinearity between variables. The multicollinearity test demonstrated that

several factors presented a higher risk of functional limitation. 1) Patients hospitalized by the public healthcare system had a higher risk of functional limitation [odds ratio (OR) 2.14; 95% confidence interval (CI), 1.73-2.65; $p < 0.001$]. 2) Age, with an increased risk of 23% every 5 years of life (OR 1.23; 95% CI, 1.16-1.31; $p < 0.001$). 3) Time of ICU hospitalization, with a risk increased by 3% every two days hospitalized in the ICU (OR 1.033; CI 95%, 1.01-1.06; $p = 0.005$). 4) As for comorbidities, patients with a history of AMI presented a risk of 41% (OR 1.41 95% CI, 1.14-1.74; $p = 0.002$), CKD patients presented a risk of 56% (OR 1.56 95% CI, 1.16-2.10; $p = 0.004$) and previous cerebrovascular disease had a risk of 57% (OR 1.57 CI 95%, 1.19-2.07; $p = 0.001$). 5) The presence of expiratory muscle weakness increased the risk of functional limitation by 54% (OR 1.54; CI 95%, 1.08-2.20; $p = 0.01$). 6) CRA intercurrent during hospitalization increased the risk by 76% for a worse functional outcome (OR 1.76 CI 95%, 1.40-2.22; $p < 0.001$) compared to those who did not have such complication. Time of ECC (OR 1.08 CI 95%, 0.99-1.18; $p = 0.076$) and complications in the postoperative (OR 1.10 CI 95%, 0.87-1.40; $p = 0.415$) were not statistically significant.

Discussion

This study demonstrated that patients hospitalized by the public healthcare system, age, length of ICU hospitalization, history of AMI, CKD, previous cerebrovascular disease, expiratory muscle weakness, and CRA intercurrent during hospitalization are independent factors for functional limitation after cardiac surgery. Cardiac surgeries are very frequent worldwide and multiple studies confirmed the factors related to postoperative morbidity and mortality³⁻¹⁶. However, there is a clear requirement for studies on functional limitation because traditionally studies evaluating cardiac surgery outcomes have focused on mortality. The frequency of mortality after cardiac surgery is

very variable, ranging from 1.1% to 9.5%, depending on the type of the procedure performed.²⁴ Moreover, after cardiac surgery, it is known that functional limitation is relatively common. In a prospective and multicenter cohort study, Jita et al.²⁵ observed that ~16% of all participants had functional limitation after cardiac surgery. Among the few existing studies that evaluated the conditions associated with functional limitation in the postoperative period of cardiac surgery, certain risk factors have already been established such as age,^{26,27,28} length of hospitalization²⁹ and previous comorbidities such as renal insufficiency^{26,27}. These studies support our results and suggest that these factors play important roles in functional limitation after cardiac surgery. However, to date, no study has observed the relationship between the presence of AMI and cerebrovascular disease prior to the surgical procedure, which shows us new results. Our study reveals other new results, such as the association of hospitalization by the public healthcare system with functional limitation in postoperative period of cardiac surgery. Our study showed that patients admitted to the public healthcare system presented greater functional limitation in postoperative period of cardiac surgery compared to patients with private health insurance. According to Andersen et al.,³⁰ the absence of a health insurance was associated with higher morbidity and mortality in aortic surgeries, corroborated by the results of Tumin et al.,³¹ which showed that the transition from a private health insurance to a public healthcare system after heart transplantation was associated with worse long-term outcomes directly interfering with survival after transplantation. In Brazil, the demand for patients requiring cardiac surgery generally exceeds the availability of hospital resources. According to data from the National Council of Medicine, the waiting queue for elective surgical procedures in the Brazilian Unified Health System in 2017 exceeded 900,000 held back procedures.³² This increased waiting time may be associated with the deficient infrastructure of the public healthcare system, which may be directly

linked to the patient's clinical deterioration because of aggravation of the disease while waiting for the surgical procedure and consequently be associated with a worse outcome. Moreover, we should consider the difference in care demand between the two modalities, i.e., presence and absence of health insurance, where patients assisted by private health insurance probably receive greater preoperative and postoperative care because of the demand and costs related to the hospital resources. Another discovery of this study is the association of expiratory muscle weakness with functional limitation in postoperative period of cardiac surgery, an association never observed before. It is known that the expiratory muscle strength in the preoperative period of a cardiac surgery is directly linked to cough strength and the ability to generate sufficient pulmonary volumes to protect the airway and avoid postoperative pulmonary complications,³³ which can directly interfere with the postoperative outcome. In a study involving 117 patients undergoing elective myocardial revascularization, Hulzebos et al.,³⁴ observed that expiratory muscle strength greater than or equal to 75% of the predicted value was a protective factor against postoperative pulmonary complications. Therefore, the expiratory muscle weakness, which can be easily assessed in the preoperative period, can provide important informations about surgical prognosis. Although it was an expected result, the occurrence of CRA in the hospitalization period had not yet been associated with functional limitation in the postoperative period of cardiac surgery. The CRA is a serious adverse event and can be attributed to various causes and can trigger varying degrees of complications. Note that this result fits into transoperative and postoperative complication; unlike intentional cardiac arrest, the cardioplegia was used to perform the surgical procedure. Unlike what was expected, the functionality evaluated in the preoperative period through the frailty phenotype had no influence on the outcome and only muscle weakness was associated with the outcome studied. We do not know very well the cause of these results because

the frailty syndrome has already been strongly related to higher postoperative morbidity and mortality.⁹ We believe that it may reflect the profile of the patient, eligible for elective heart surgery, who has stable heart disease where the management of associated diseases is optimized, thus avoiding exacerbations and complications. More severe patients, who would probably have had worse functionality in the preoperative period may not have entered the sample either because of the contraindication of the surgery or because of the occurrence of death in the transoperative period. Therefore, expiratory muscle weakness seems to be a side factor of the preoperative functional evaluation in relation to the outcome of the study. The strengths of the study are as follows. 1) To date, no study has associated functional limitation with detailed functional evaluation and other preoperative, transoperative and postoperative factors with a well-defined and standardized postoperative rehabilitation protocol. We believe we have provided the clinical status of the patient undergoing cardiac surgery in the best possible manner. Unlike previous studies that evaluated each of these periods in a segregated and/or less detailed manner²⁶⁻²⁹. Therefore, our study reveals new discoveries. 2) The data on the functional state of the patient was controlled in the preoperative period such as slowness, self-reported fatigue and low level of physical activity, which gives us an insight into how the patient's functionality was in the preoperative period. Thus, the results reflect the factors related to functional limitation caused by the stress of cardiac surgery itself. The limitations of the study are as follows. 1) As this is a retrospective study, we observe the potential and limitation of the retrospective review method of the medical records data, which may be poorly completed. 2) Sample loss of 19.7%, this fact was primarily attributed to the loss of data from the preoperative evaluation, which had recently been implemented in the institution. 3) Statistical model used may not have been the most adequate because the transoperative variables may have been underestimated, which were

not associated with the outcome studied, unlike data from the literature. 4) Convenience sample and the conduction of the study in a single private center; thus, the results may not be generalizable.

Conclusions

Functional limitation may be predicted by preoperative and postoperative factors. Preoperative functionality does not appear to be an independent factor for functional limitation after cardiac surgery.

Central Message: Functional limitation after cardiac surgery could be predicted via preoperative and postoperative factors.

Perspective Statement: Functional limitation after cardiac surgery is still a little explored subject; therefore, there is a clear need for studies on this topic. We were able to identify the predictor factors of functional limitation through both preoperative and postoperative factors through extensive and complete evaluation and data collection.

Table 1. Institutional protocol of physiotherapeutic care in surgical cardiac patients

Step 1	Exercises of ULs and LLs in sedestation, deambulation of 60 meters
Step 2	Exercises of ULs in sedestation and LLs in orthostasis, deambulation of 120 meters
Step 3	Exercises of ULs in sedestation and LLs in orthostasis, deambulation of 180 meters
Step 4	Exercises of ULs in sedestation and LLs in orthostasis, deambulation of 180 meters, ascent and descent of 1 flight of stairs
Step 5	Exercises of ULs in sedestation and LLs in orthostasis, mini squat, 180 meters deambulation, ascent and descent of 2 flights of stairs
Step 6	Exercises of ULs in sedestation and LLs in orthostasis, mini squat, deambulation of 240 meters, ascent and descent of 2 flights of stairs

ULs - upper limbs, LLs - lower limbs.

Table 2. Univariate analysis of preoperative, transoperative and postoperative variables for risk of functional limitation after cardiac surgery

	Total n=548	FL Group n=190	Group without FL n=358	p value
PREOPERATIVE VARIABLES				
Characterization				
Age — years (mean ± SD)	63.8 ±10.7	67.8 ±8.5	61.7 ±11.2	<.001*
BMI - kg/m² (mean ± SD)	27.7 ±4.5	27.9 ±5.2	27.7 ±4.3	.515*
EF -% (mean ± SD)	59.6 ±13.2	57.9 ±14.3	60.6 ±12.6	.026*
Female (n /%)	165 (30.1)	70 (36.8)	95 (36.5)	.016†
Previous cardiac surgery (n /%)	46 (8.4)	20 (10.5)	26 (7.3)	.250†
Public Healthcare System (n /%)	253 (46.2)	117 (61.5)	136 (37.9)	<.001†
Associated diseases				
DM (n /%)	216 (39.4)	77 (40.5)	139 (38.8)	.768†
SAH (n /%)	441 (80.5)	163 (85.8)	278 (77.7)	.030†
Dyslipidemia (n /%)	359 (65.5)	128 (67.4)	231 (64.5)	.567†
Tabagism (n /%)	276 (50.4)	102 (53.7)	174 (48.6)	.297†
COPD (n /%)	61 (11.1)	24 (12.6)	37 (10.3)	.502†
CAD (n /%)	440 (80.3)	155 (81.6)	285 (79.6)	.661†
previous IAM (n /%)	161 (29.4)	76 (40.0)	85 (23.7)	<.001†
Angina (n /%)	251 (45.8)	88 (46.3)	163 (45.5)	.932†
Valvulopathy (n /%)	185 (33.8)	61 (32.1)	124 (34.6)	.616†
CKD (n /%)	40 (7.3)	25 (13.2)	15 (4.2)	<.001†
CHF (n /%)	88 (16.1)	33 (17.4)	55 (15.4)	.627†
PAOD (n /%)	55 (10.0)	26 (13.7)	29 (8.1)	.055†
Hepatic insufficiency (n /%)	9 (1.6)	4 (2.1)	5 (1.4)	.789†
PAH (n /%)	103 (18.8)	39 (20.5)	64 (17.9)	.522†
Cardiac arrhythmia (n /%)	57 (10.4)	25 (13.2)	32 (8.9)	.164†
Permanent PP (n /%)	9 (1.6)	3 (1.6)	6 (1.7)	1.000†
Cerebrovascular disorders (n /%)	44 (8.0)	24 (12.6)	20 (5.6)	.006†
Neoplasia (n /%)	57 (10.4)	20 (10.5)	37 (10.3)	1.000†
Functional assessment				
Low level of physical activity (n /%)	62 (11.3)	31 (16.3)	31 (8.7)	.011†
Peripheral muscle weakness (n /%)	187 (34.1)	70 (36.8)	117 (32.7)	.377†
Slowness (n /%)	77 (14.1)	45 (23.8)	32 (9.0)	<.001†
Self-reported fatigue (n /%)	181 (33.2)	77 (40.7)	104 (29.1)	.008†
Slimming (n /%)	110 (20.1)	45 (23.7)	65 (18.2)	.154†
Inspiratory muscle weakness (n /%)	68 (12.4)	34 (17.9)	34 (9.5)	.007†

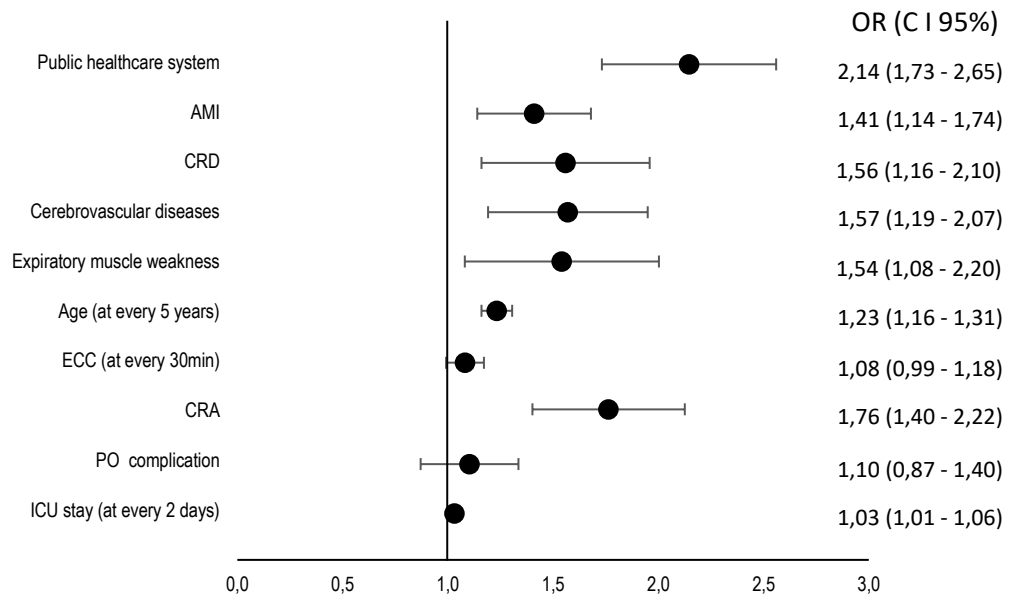
Expiratory muscle weakness (n /%)	18 (3.3)	14 (7.4)	4 (1.1)	<.001†
TRANSOPERATIVE VARIABLES				
Type of surgery				.890†
MRS (n /%)	366 (66.8)	128 (67.4)	238 (66.5)	
Valve replacement (n /%)	103 (18.8)	36 (18.9)	67 (18.7)	
MRS + valve replacement (n /%)	47 (8.6)	14 (7.4)	33 (9.2)	
Aortic aneurysm (n /%)	32 (5.8)	12 (6.3)	20 (5.6)	
Transfusion of blood derivatives (n /%)	119 (21.9)	58 (30.7)	61 (17.2)	<.001†
AVB (n /%)	35 (6.4)	11 (5.8)	24 (6.7)	.816†
ECC — minutes (median/ IQ)	82.0 (66.2-102)	84 (71.2-104)	80 (64-102)	.021‡
ACT- minutes (median/ IQ)	66.0 (54-84)	66 (55-82)	66 (53-85)	.737‡
Bleeding - milliliters (median/ IQ)	500 (400-700)	500 (400-750)	500 (400-650)	.052‡
POSTOPERATIVE VARIABLES				
Complications PO (n /%)	310 (56.7)	151 (27.5)	159 (29.0)	<.001†
Type of complication:				
Infectious (n /%)	32 (10.3)	12 (7.9)	20 (12.6)	
Cardiac (n /%)	172 (55.5)	95 (62.9)	77 (48.4)	
Pulmonary (n /%)	44 (14.2)	17 (11.3)	27 (17.0)	
Neurological (n /%)	10 (3.2)	7 (4.6)	3 (1.9)	
Renal (n /%)	7 (2.3)	4 (2.7)	3 (1.9)	
Haematological (n /%)	15 (4.8)	5 (3.3)	10 (6.2)	
Other (n /%)	30 (9.7)	11 (7.3)	19 (12.0)	
CRA (n /%)	29 (5.2)	26 (13.8)	3 (0.8)	<.001†
ICU hospitalization - days (median/ IQ)	2.0 (2-3)	2 (2-4)	2 (2-3)	<.001‡

Data expressed as mean ± standard deviation, median (interquartile range) and absolute numbers (percentage);

*Student's T test; † Chi-square test; ‡ Mann–Whitney U test;

SD — standard deviation; BMI - body mass index; EF - ejection fraction; DM - diabetes mellitus; SAH - systemic arterial hypertension; COPD - chronic obstructive pulmonary disease; CAD - coronary artery disease; AMI - acute myocardial infarction; CKD - chronic kidney disease; CHF - congestive heart failure; PAOD - peripheral arterial obstructive disease; PAH - pulmonary arterial hypertension; PP – permanent pacemaker; MRS - myocardial revascularization surgery; AVB - total atrioventricular block; ECC - extracorporeal circulation; ACT- aortic clamping time; PO - postoperative; CRA - cardiorespiratory arrest; ICU — intensive care unit.

Figure 1. Forest plot diagram of the multicollinearity analysis of preoperative, transoperative and postoperative risk factors for functional limitation after cardiac surgery



AMI - acute myocardial infarction; CKD - chronic kidney disease; ECC - extracorporeal circulation; CRA - cardiorespiratory arrest; PP - postoperative period; ICU - intensive care unit.

References

1. OPAS/OMS. Doenças cardiovasculares 2016 [Available from: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5253:doencas-cardiovasculares&Itemid=1096].
2. Brick AV, Souza DSRd, Braile DM, Buffolo E, Lucchese FA, Silva FPdV, et al. Diretrizes da cirurgia de revascularização miocárdica valvopatias e doenças da aorta. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2004;82:1-20.
3. Crawford TC, Magruder JT, Grimm JC, Suarez-Pierre A, Sciortino CM, Mandal K, et al. Complications after cardiac operations: all are not created equal. *The Annals of thoracic surgery*. 2017;103(1):32-40.
4. Glance LG, Osler TM, Mukamel DB, Dick AW. Effect of complications on mortality after coronary artery bypass grafting surgery: evidence from New York State. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2007;134(1):53-8.
5. Verwijmeren L, Noordzij PG, Daeter EJ, van Zaane B, Peelen LM, van Dongen EPA. Preoperative determinants of quality of life a year after coronary artery bypass grafting: a historical cohort study. *Journal of cardiothoracic surgery*. 2018;13(1):118.
6. Tse L, Bowering JB, Schwarz SK, Moore RL, Sztramko R, Barr AM. Incidence and risk factors for impaired mobility in older cardiac surgery patients during the early postoperative period. *Geriatrics & gerontology international*. 2015;15(3):276-81.
7. Samalavicius R, Misiūriene I, Norkiene I, Juozaitis M, Bubulis R, Martinkenas G, et al. Preoperative risk factors and postoperative complications in coronary artery bypass grafting. *Medicina*. 2004;40:75-8.
8. Craver JM, Puskas JD, Weintraub WW, Shen Y, Guyton RA, Gott JP, et al. 601 octogenarians undergoing cardiac surgery: outcome and comparison with younger age groups. *The Annals of thoracic surgery*. 1999;67(4):1104-10.
9. Sepehri A, Beggs T, Hassan A, Rigatto C, Shaw-Daigle C, Tangri N, et al. The impact of frailty on outcomes after cardiac surgery: a systematic review. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;148(6):3110-7.
10. Parolari A, Alamanni F, Cannata A, Naliato M, Bonati L, Rubini P, et al. Off-pump versus on-pump coronary artery bypass: meta-analysis of currently available randomized trials. *The Annals of thoracic surgery*. 2003;76(1):37-40.
11. Asimakopoulos G. Systemic inflammation and cardiac surgery: an update. *Perfusion*. 2001;16(5):353-60.
12. Madhavan S, Chan S-P, Tan W-C, Eng J, Li B, Luo H-D, et al. Cardiopulmonary bypass time: every minute counts. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2018;59(2):274-81.
13. LaPar DJ, Hawkins RB, McMurry TL, Isbell JM, Rich JB, Speir AM, et al. Preoperative anemia versus blood transfusion: which is the culprit for worse outcomes in cardiac surgery? *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2018;156(1):66-74. e2.
14. Al-Attar N, Johnston S, Jamous N, Mistry S, Ghosh E, Gangoli G, et al. Impact of bleeding complications on length of stay and critical care utilization in cardiac surgery patients in England. *Journal of cardiothoracic surgery*. 2019;14(1):64.
15. Vlot EA, Verwijmeren L, Van de Garde EM, Kloppenburg GT, Van Dongen EP, Noordzij PG. Intra-operative red blood cell transfusion and mortality after cardiac surgery. *BMC anesthesiology*. 2019;19(1):65.
16. Greenberg JW, Lancaster TS, Schuessler RB, Melby SJ. Postoperative atrial fibrillation following cardiac surgery: a persistent complication. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2017;52(4):665-72.
17. Afilalo J, Alexander KP, Mack MJ, Maurer MS, Green P, Allen LA, et al. Frailty assessment in the cardiovascular care of older adults. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014;63(8):747-62.

18. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2001;56(3):M146-M57.
19. Coutinho-Myrrha MA, Dias RC, Fernandes AA, Araújo CG, Hlatky MA, Pereira DG, et al. Duke Activity Status Index em doenças cardiovasculares: validação de tradução em português. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2014;102(4):383-90.
20. Fess. Grip strength. In: Casanova JS, editor. *Clinical assessment recommendations*. 2nd ed. Chicago: American Society of Hand Therapists. 1992.
21. Afilalo J, Eisenberg MJ, Morin J-F, Bergman H, Monette J, Noiseux N, et al. Gait speed as an incremental predictor of mortality and major morbidity in elderly patients undergoing cardiac surgery. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010;56(20):1668-76.
22. Orme JG, Reis J, Herz EJ. Factorial and discriminant validity of the center for epidemiological studies depression (CES-D) scale. *Journal of clinical psychology*. 1986;42(1):28-33.
23. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian journal of medical and biological research*. 1999;32(6):719-27.
24. D'Agostino RS, Jacobs JP, Badhwar V, Fernandez FG, Paone G, Wormuth DW, et al. The Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery database: 2018 update on outcomes and quality. *The Annals of thoracic surgery*. 2018;105(1):15-23.
25. Hoogerduijn JG, de Rooij SE, Grobbee DE, Schuurmans MJ. Predicting functional decline in older patients undergoing cardiac surgery. *Age and ageing*. 2014;43(2):218-21.
26. Itagaki A, Saitoh M, Okamura D, Kawamura T, Otsuka S, Tahara M, et al. Factors related to physical functioning decline after cardiac surgery in older patients: A multicenter retrospective study. *Journal of cardiology*. 2019;74(3):279-83.
27. Govers AC, Buurman BM, Jue P, de Mol BA, Dongelmans DA, de Rooij SE. Functional decline of older patients 1 year after cardiothoracic surgery followed by intensive care admission: a prospective longitudinal cohort study. *Age and ageing*. 2014;43(4):575-80.
28. Gaulton TG, Neuman MD. Association between obesity, age, and functional decline in survivors of cardiac surgery. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2018;66(1):127-32.
29. Kwon S, Symons R, Yukawa M, Dasher N, Legner V, Flum DR. Evaluating the association of preoperative functional status and postoperative functional decline in older patients undergoing major surgery. *The American surgeon*. 2012;78(12):1336-44.
30. Andersen ND, Brennan JM, Zhao Y, Williams JB, Williams ML, Smith PK, et al. Insurance status is associated with acuity of presentation and outcomes for thoracic aortic operations. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*. 2014;7(3):398-406.
31. Tumin D, Foraker RE, Smith S, Tobias JD, Hayes Jr D. Health insurance trajectories and long-term survival after heart transplantation. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*. 2016;9(5):576-84.
32. medicina Cfd. Crise no SUS: Brasil tem mais de 900 mil cirurgias eletivas represadas 2017 [Available from: https://portal.cfm.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=27314:crise-no-sus-brasil-tem-mais-de-900-mil-cirurgias-eletivas-represadas&catid=3].
33. Winkelmann ER, Steffens É, Windmüller P, Fontela PC, da Cruz DT, Battisti ID. Preoperative expiratory and inspiratory muscle weakness to predict postoperative outcomes in patients undergoing elective cardiac surgery. *Journal of Cardiac Surgery*. 2020;35(1):128-34.
34. Hulzebos EH, Van Meeteren NL, De Bie RA, Dagnelie PC, Helders PJ. Prediction of postoperative pulmonary complications on the basis of preoperative risk factors in patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery. *Physical therapy*. 2003;83(1):8-16.

ADDITIONAL FILE - ADD-IN

**Predictive factors of functional limitation after cardiac surgery:
a retrospective cohort**

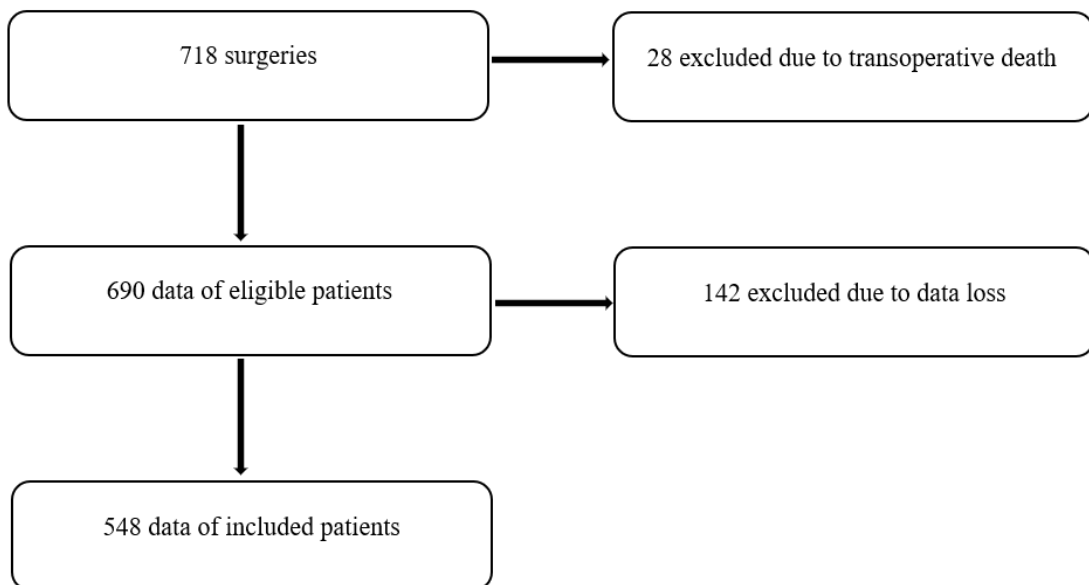
Patrícia da Silva Bauer, MD¹, Cassiano Teixeira, PhD¹, Bruna Muller Leão, MD¹, and
Regis Goulart Rosa, PhD²

¹Post-graduate Program in Rehabilitation Sciences of the Federal University of Health
Sciences of Porto Alegre — UFCSPA — Porto Alegre (RS), Brazil

²Intensive Care Department of Hospital Moinhos de Vento — Porto Alegre (RS), Brazil

Additional files	Page
Figure S1. Participants flow diagram	1
Table S1. Hierarchical model of multivariate analysis of preoperative, transoperative and postoperative risk factors for functional limitation after cardiac surgery	6

Figure S1 — Participants flow diagram



Characterization of the sample: Age, body mass index (BMI), ejection fraction value, gender, history of previous cardiac surgery and hospitalization by the public healthcare system.

Associated diseases: Diabetes mellitus (DM), systemic arterial hypertension (SAH), dyslipidemia, tabagism, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), coronary artery disease (CAD), acute myocardial infarction (AMI), angina, valvulopathy, chronic kidney disease (CKD), congestive heart failure (CHF), peripheral occlusive arterial disease (POAD), hepatic insufficiency, pulmonary arterial hypertension (PAH), cardiac arrhythmia, permanent pacemaker (PP), cerebrovascular diseases, and neoplasia.

Functional evaluation through frailty criteria

1) Low level of physical activity. Assessed through the Duke Activity Status Index (DASI)¹. It comprises a simple questionnaire containing 12 items that evaluate activities of daily living, which gives us an estimate of the metabolic equivalent of task (MET). This questionnaire has been extensively used in patients with cardiovascular diseases to assess the level of physical activity. The higher the score, the greater the functional capacity of the individual. The cut-off point used in this study was of four metabolic equivalents of Task (METs), which characterizes a low functional capacity.

2) Peripheral muscle weakness. Assessed by measuring peripheral muscle strength verified through bilateral hand grip, palmar type, using the Saehan SH5001 hand dynamometer. Following the guidelines of the American Society of Hand Therapists (ASHT)², which recommend that tested individuals be seated with shoulder adduction, elbows flexed at 90° and forearm in neutral position. The test was repeated three times with an interval of 1 min between each attempt and consequently the mean value of these

three measurements. For analyzing these results, the adjusted predicted value for sex and body mass index was considered.³

3) Slowness. Assessed through the gait speed test, where the individual walks at a comfortable speed, on a flat surface for a predetermined distance of 5 m.⁴ Short distance and comfortable rhythm are intentionally below the cardiopulmonary capabilities such that the individual reaches a constant speed without reaching limits and consequent cardiopulmonary symptomatology. A walking time of >6s (>0.83 m/s) is related to a three-fold increase in mortality or severe morbidity in postoperative period of cardiac surgery,⁵ therefore, a time of 6 s was considered the ideal cut.

4) Self-reported fatigue. Assessed through a question adapted from the depression scale of the Center for Epidemiological Studies (CES),⁶ which follows: “How many days in the last week did you feel like all you've done was an effort?” The result was considered out of normal when it was equal to or greater than three days, which is equivalent to a moderate to high frequency.⁴

5) Weight loss. Assessed by serum albumin levels and through an objective question, which follows: “Patient reports unintentional weight loss (not due to diet or exercise) in the last year?” The result was considered out of normality if the patient had a weight loss equal to or >4.5 kg in the last year and if serum albumin were at levels equal to or <3.3 g per deciliter.^{3, 4}

Respiratory muscle weakness. Although not encompassing the phenotype of fragility, respiratory muscle strength has been extensively studied, seeking to identify the presence of respiratory muscle weakness because it interferes with ventilatory mechanics and can limit the rehabilitation of patients after cardiac surgery⁷. Respiratory muscle strength production capacity was validated through the measurement of inspiratory (IPMax) and

maximum expiratory pressures (EPmax) using a digital manovacuometer Globalmed® MVD300⁸. The patient was positioned sitting in an armchair or chair with the trunk and upper limbs supported. The test was repeated three times with an interval of 1 min between each attempt, being considered the highest value because there was no difference of >10% between the two highest values. For analyzing these results, absolute and percentage values predicted by Neder equations were considered.⁹

Transoperative data

Type of surgical procedure [myocardial revascularization surgery (MRS), valve replacement, MRS associated with valve replacement and aortic aneurysm correction] and extracorporeal circulation time (ECC), which was collected in minutes;

Aortic clamping time (ACT), which was collected in minutes;

Requirement for blood derivatives transfusion;

Total atrioventricular block (AVB).

Postoperative data

Time of hospitalization in the intensive care unit (ICU), evolution with cardiorespiratory arrest (CRA) during hospitalization. The other postoperative complications were categorized as per the following criteria:

- 1) Cardiac complications: acute myocardial infarction (AMI) and cardiogenic shock;
- 2) Pulmonary complications: acute respiratory distress syndrome (ARDS), acute respiratory failure (ARF), atelectasis, phrenic nerve paralysis and pleural effusion that caused repercussion of the ventilation;

- 3) Renal complications: abrupt reduction (<48 h) of renal function, requirement for dialysis at any time of the postoperative period;
- 4) Neurological complications: altered level of consciousness or coma occurring in association with neurological injury during surgery and stroke (CVA);
- 5) Infectious complications: pulmonary, urinary, surgical site infections (sternal and saphenous incisions) and infections of organs and spaces (mediastinitis and endocarditis);
- 6) Hematological complications: thrombotic events and bleeding;
- 7) Others.

Income: The outcome selection was based on the intensity and energy expenditure in the activity of climbing up and down the stairs through the metabolic equivalent of the task (MET), which segregates the step 3 of step 4 of the institutional protocol. The Duke Activity Status Index (DASI) is a questionnaire that has been described as a gold standard for the non-invasive evaluation of functional capacity because it correlates with peak oxygen consumption and postoperative morbidity and mortality ¹⁰. As per their scores, the activity of climbing up and down the stairs expends 5.5 METs, which corresponds to a moderate intensity activity while walking consumes only 2.75 METs, corresponding to a light intensity activity ^{1,11}. Thus, the cutoff point used to evaluate functional limitation after cardiac surgery was the performance or not of the training of the stairs in the institutional rehabilitation protocol until the day of discharge from hospital.

Table S1. Hierarchical model of multivariate analysis of preoperative, transoperative and postoperative risk factors for functional limitation after cardiac surgery

	OR	95% CI		p value
		Lower limit	Upper limit	
STEP 1 - PREOPERATIVE VARIABLES				
Age (every 5 years)	1.252	1.174	1.337	<.001
EF	0.963	0.923	1.004	.079
Female	1.220	0.945	1.575	.127
Public Healthcare System	2.057	1.622	2.609	<.001
SAH	0.955	0.678	1.345	.793
Previous AMI	1.320	1.054	1.653	.016
CRD	1.887	1.401	2.543	<.001
PAOD	1.354	0.998	1.837	.051
Cerebrovascular disorders	1.677	1.243	2.263	.001
Slimming	1.129	0.878	1.451	.344
Inspiratory muscle weakness	1.009	0.749	0.953	.953
Expiratory muscle weakness	1.567	1.091	2.250	.015
Low level of physical activity	0.892	0.655	1.214	.467
Slowness	1.119	0.844	1.484	.433
Self-reported fatigue	1.069	0.847	1.350	.574
STEP 2 - TRANSOPERATIVE VARIABLES				
Age (every 5 years)	1.250	1.172	1.332	<.001
Public Healthcare System	1.990	1.592	2.487	<.001
Previous AMI	1.430	1.142	1.790	.002
CRD	1.729	1.264	2.365	.001
Cerebrovascular disorders	1.540	1.127	2.105	.007
Expiratory muscle weakness	1.662	1.192	2.317	.003
Low level of physical activity	0.981	0.715	1.347	.906
Slowness	1.168	0.781	1.566	.299
Self-reported fatigue	1.150	0.911	1.451	.239
Blood derivatives transfusion	1.002	0.771	1.302	.988
ECC (every 30 minutes)	1.103	1.003	1.213	.044
Bleeding (every 60 milliliters)	1.012	0.992	1.033	.230
Low level of physical activity	0.981	0.715	1.347	.906
Slowness	1.168	0.781	1.566	.299
Self-reported fatigue	1.150	0.911	1.451	.239

STAGE 3 - POSTOPERATIVE VARIABLES				
Age (every 5 years)	1.233	1.156	1.315	<.001
Public Healthcare System	2.146	1.732	2.659	<.001
Previous AMI	1.407	1.139	1.739	.002
CRD	1.560	1.156	2.105	.004
Cerebrovascular disorders	1.571	1.191	2.071	.001
Expiratory muscle weakness	1.542	1.081	2.200	.017
ECC (every 30 minutes)	1.082	0.992	1.180	.076
CRA	1.764	1.402	2.220	<.001
Complications PO	1.103	0.871	1.398	.415
ICU hospitalization (every 2 days)	1.033	1.010	1.056	.005
Low level of physical activity	0.918	0.677	1.246	.584
Slowness	1.099	0.831	1.453	.509
Self-reported fatigue	1.098	0.883	1.364	.400

EF - ejection fraction; SAH - systemic arterial hypertension; AMI - acute myocardial infarction; CKD - chronic kidney disease; PAOD - peripheral arterial obstructive disease; ECC - extracorporeal circulation; CRA - cardiorespiratory arrest; PO - postoperative period; ICU - intensive therapy unit.

References

1. Coutinho-Myrrha, M. A.; Dias, R. C.; Fernandes, A. A.; Araújo, C. G.; Hlatky, M. A.; Pereira, D. G.; Britto, R. R., Duke Activity Status Index em doenças cardiovasculares: validação de tradução em português. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* **2014**, *102* (4), 383-90.
2. Fess, Grip strength. In: Casanova JS, editor. Clinical assessment recommendations. 2nd ed. Chicago: American Society of Hand Therapists. 1992.
3. Fried, L. P.; Tangen, C. M.; Walston, J.; Newman, A. B.; Hirsch, C.; Gottdiener, J.; Seeman, T.; Tracy, R.; Kop, W. J.; Burke, G., Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* **2001**, *56* (3), M146-M157.
4. Afilalo, J.; Alexander, K. P.; Mack, M. J.; Maurer, M. S.; Green, P.; Allen, L. A.; Popma, J. J.; Ferrucci, L.; Forman, D. E., Frailty assessment in the cardiovascular care of older adults. *Journal of the American College of Cardiology* **2014**, *63* (8), 747-762.
5. Afilalo, J.; Eisenberg, M. J.; Morin, J.-F.; Bergman, H.; Monette, J.; Noiseux, N.; Perrault, L. P.; Alexander, K. P.; Langlois, Y.; Dendukuri, N., Gait speed as an incremental predictor of mortality and major morbidity in elderly patients undergoing cardiac surgery. *Journal of the American College of Cardiology* **2010**, *56* (20), 1668-1676.
6. Orme, J. G.; Reis, J.; Herz, E. J., Factorial and discriminant validity of the center for epidemiological studies depression (CES-D) scale. *Journal of clinical psychology* **1986**, *42* (1), 28-33.
7. Winkelmann, E. R.; Steffens, É.; Windmöller, P.; Fontela, P. C.; da Cruz, D. T.; Battisti, I. D., Preoperative expiratory and inspiratory muscle weakness to predict postoperative outcomes in patients undergoing elective cardiac surgery. *Journal of Cardiac Surgery* **2020**, *35* (1), 128-134.
8. Stein, R.; Maia, C. P.; Silveira, A. D.; Chiappa, G. R.; Myers, J.; Ribeiro, J. P., Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery. *Archives of physical medicine and rehabilitation* **2009**, *90* (10), 1685-1691.
9. Neder, J. A.; Andreoni, S.; Lerario, M. C.; Nery, L. E., Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian journal of medical and biological research* **1999**, *32* (6), 719-727.
10. Wijeyesundera, D. N.; Pearse, R. M.; Shulman, M. A.; Abbott, T. E.; Torres, E.; Ambosta, A.; Croal, B. L.; Granton, J. T.; Thorpe, K. E.; Grocott, M. P., Assessment of functional capacity before

major non-cardiac surgery: an international, prospective cohort study. *The Lancet* **2018**, *391* (10140), 2631-2640.

11. Haskell, W. L.; Lee, I.-M.; Pate, R. R.; Powell, K. E.; Blair, S. N.; Franklin, B. A.; Macera, C. A.; Heath, G. W.; Thompson, P. D.; Bauman, A., Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* **2007**, *116* (9), 1081.

6 CONCLUSÃO GERAL

O objetivo principal proposto para este estudo foi atingido, ao final de nosso estudo concluímos que diversos fatores, tanto pré-operatórios quanto pós-operatórios podem levar a uma limitação funcional após uma cirurgia cardíaca, como a ausência de um plano de saúde, a idade, o tempo de internação na UTI, histórico de IAM, DRC, doença cerebrovascular, presença de fraqueza muscular expiratória e PCR durante a internação, já a funcionalidade pré-operatória e os fatores transoperatórios não parecem ser fatores independentes para a limitação funcional pós-operatório.