

Tese

**EFEITOS DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE FISIOTERAPIA
NA REABILITAÇÃO CARDÍACA FASE I EM PACIENTES APÓS
CIRURGIA DE REVASCULARIZAÇÃO DO MIOCÁRDIO: ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO**

Maurice Zanini

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE:
CARDIOLOGIA E CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES**

**Efeitos de diferentes protocolos de fisioterapia na reabilitação
cardíaca fase I em pacientes após cirurgia de revascularização
do miocárdio: Ensaio Clínico Randomizado**

Autora: Maurice Zanini

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Stein

*Tese submetida como requisito para
obtenção do grau de Doutor ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Saúde: Área de
Concentração: Cardiologia e Ciências
Cardiovasculares, da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.*

Porto Alegre, 2016

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Ricardo Stein, pela orientação no longo caminho que iniciou na Iniciação Científica, pela amizade, encorajamento e sabedoria.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Cardiologia do Exercício, pelo esforço e auxílio no desenvolvimento científico.

Ao Serviço de Cirurgia Cardiovascular, pelo apoio e parceria fundamental na realização desse projeto.

Ao Serviço de Fisiatria e Reabilitação, Prof. Dr. Antonio Cardoso dos Santos e seu Grupo de Pesquisa, pelo espaço e incentivo à pesquisa.

Ao Serviço de Pneumologia, pelo auxílio e competência na coleta dos exames respiratórios.

Aos Fisioterapeutas das unidades de CTI e internação cardíaca, pela receptividade e colaboração durante as coletas de dados.

À amiga e colega Rosane Nery, pelo incentivo, amizade e oportunidades na área da pesquisa.

Ao meu esposo André C. Franciscatto, pelo incentivo, dedicação, paciência e companheirismo em busca da ciência.

Aos meus pais pelo incentivo na busca do conhecimento.

Sumário

Resumo.....	5
1. Introdução.....	6
2. Revisão Literatura.....	7
3. Justificativa e Objetivos.....	12
4. Referências da Revisão da Literatura.....	13
5. Artigo em Português.....	16
6. Artigo em Inglês.....	37
7. Considerações Finais.....	57
Anexos.....	58

Resumo

Pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) sofrem uma perda na capacidade cardiopulmonar no pós-operatório.

O objetivo foi avaliar os efeitos de diferentes protocolos na fase I da reabilitação cardiopulmonar (RCPF1) quanto à capacidade funcional e função pulmonar.

Método: Através de um ensaio clínico randomizado simples cego, pacientes submetidos à CRM foram avaliados para capacidade funcional, capacidade pulmonar e função muscular respiratória. Após a CRM foram randomizados para 4 grupos de RCPF1. Resultado: Quarenta pacientes foram incluídos, 10 em cada grupo. Os grupos 1 e 2 apresentaram maior capacidade funcional no pós-operatório imediato e tardio. Todos os grupos obtiveram resultados semelhantes na recuperação da função pulmonar. Conclusão: Os protocolos 1 e 2 foram mais eficazes em melhorar a capacidade funcional até a alta hospitalar e 30 dias pós-alta. Entretanto, a fisioterapia respiratória e o EPAP parecem ser suficientes para o reestabelecimento da função pulmonar.

1. Introdução

A doença cardiovascular (DCV) é uma entidade muito prevalente e segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 17 milhões de pessoas morrem anualmente por essa enfermidade¹. Por sua vez, a doença arterial coronária (DAC) cursa com altos índices de internações, e com custos muito elevados², sendo a cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) um procedimento eficaz no tratamento do paciente com DAC. No entanto, este é um procedimento de grande porte, com implicações tanto fisiológicas quanto funcionais para o paciente na fase de recuperação. Complicações clínicas podem dificultar e aumentar o tempo de ventilação mecânica e internação em unidades de terapia intensiva³.

Redução na capacidade funcional e pulmonar estão entre os principais efeitos deletérios de um procedimento cirúrgico de grande porte. Nessa fase, a reabilitação cardiovascular tem um papel importante no restabelecimento integral do paciente, permitindo que o mesmo tenha alta hospitalar nas melhores condições físicas e psicológicas⁴.

Nesse contexto, a fisioterapia é parte integrante na reabilitação com papel definido na recuperação funcional do indivíduo, visando restaurar a capacidade funcional e pulmonar, minimizando assim as condições incapacitantes. Na atualidade, programas de reabilitação têm sido elaborados com intuito de se obter uma melhora efetiva na condição física e na tolerância ao esforço em um menor espaço de tempo. Fato esse que favorece um retorno mais rápido as atividades de vida diária⁵.

2. Revisão da Literatura

Alterações pulmonares e funcionais após cirurgia de revascularização do miocárdio.

Apesar de diferentes alternativas para o tratamento da DAC, a CRM é uma opção com indicações precisas de médio à longo prazo. Tal procedimento proporciona remissão dos sintomas e contribui para o aumento da expectativa e melhoria da qualidade de vida dos pacientes⁶. No entanto, as complicações pulmonares são frequentes e representam uma importante causa de morbimortalidade em indivíduos submetidos ao procedimento⁷.

No pós-operatório estes pacientes podem desenvolver vários graus de uma síndrome de resposta inflamatória sistêmica. Fatores como o trauma cirúrgico, contato do sangue com superfícies não endoteliais (circulação extracorpórea) e lesões de reperfusão pós-circulação extracorpórea, podem afetar os sistemas circulatório e respiratório⁶⁻⁸.

No pulmão, há um aumento do líquido extra vascular com preenchimento alveolar causado por células inflamatórias, o que leva à inativação do surfactante pulmonar e colapso de algumas áreas, com possível formação de atelectasias. Sendo assim, a relação ventilação/perfusão pulmonar pode se modificar e pode ocorrer um aumento do esforço respiratório durante o pós-operatório^{9,10}.

Redução na força muscular respiratória^{8,11}, oxigenação¹², função pulmonar^{11,13,14}, bem como formação de atelectasias^{11,15} têm sido citados como alterações comuns após CRM, assim como a diminuição da capacidade funcional. A redução da força muscular respiratória, pode ser resultado da lesão

direta ou indireta dos músculos respiratórios durante a cirurgia e da disfunção diafragmática secundária devido à lesão do nervo frênico. A fraqueza muscular respiratória também tem sido relacionada à redução nos testes de função pulmonar e diminuição da capacidade funcional, com consequente aumento da taxa de complicações pulmonares^{8,11,16}.

A redução da capacidade funcional em pacientes submetidos a CRM tem impacto direto na qualidade de vida e desempenho nas atividades de vida diária. Estudos^{17,18} mostram que, mesmo alguns meses após a realização do procedimento, determinados pacientes apresentam capacidade funcional reduzida quando comparado a população geral. Programas de reabilitação precoce no pós-operatório podem ser capazes de proporcionar intervenções que venham contribuir para a redução da piora funcional, causando uma mudança positiva nesse desfecho.

Considerando tais informações, fica clara a importância da reabilitação cardiopulmonar precoce no período pós-operatório da CRM. Nesse contexto, alguns autores têm investigado a aplicação de diferentes técnicas fisioterapêuticas, na tentativa de minimizar as alterações no sistema respiratório e cardiovascular e, assim, reduzir a incidência de complicações^{10,15,19}.

Técnicas fisioterapêuticas na reabilitação cardiopulmonar Fase 1 após cirurgia de revascularização do miocárdio.

Na avaliação de algumas técnicas mais utilizadas, Jenkins e cols¹⁹ observaram que exercícios de respiração, tapotagem, vibração na região

torácica e estímulo de tosse não resultaram em aumento significativo na melhora da função pulmonar quando comparado ao grupo controle.

Em uma revisão sistemática²⁰ de fisioterapia profilática após cirurgia cardíaca, dos 18 estudos incluídos inicialmente, apenas 4 ensaios clínicos randomizados foram selecionados para a análise final. Os demais apresentavam problemas metodológicos que os excluíram da mesma. Aqui, também se pode observar que os resultados não foram consistentes e os benefícios do uso de técnicas fisioterapêuticas isoladas ou associadas não foram claramente demonstrados.

Entre as técnicas de fisioterapia respiratória, a pressão expiratória positiva (PEP) é muito utilizada, pois auxilia na expansão pulmonar. Larsen e cols¹⁵ observaram uma tendência para redução de complicações em um grupo no qual foi administrado fisioterapia associada à PEP, quando comparado com um grupo tratado apenas com fisioterapia respiratória convencional (padrões respiratórios e higiene brônquica). No entanto, em outro estudo, a aplicação profilática de PEP não apresentou benefícios em relação à fisioterapia respiratória convencional nos pacientes que foram submetidos à cirurgia torácica²¹.

Nessa mesma direção, o uso de multimodalidades de fisioterapia, como pressão positiva na via aérea, técnicas desobstrutivas e exercícios respiratórios ainda não apresentaram evidências suficientes para dar suporte à ideia de que as mesmas promovam de fato uma melhora na função pulmonar. Por outro lado, pelo menos duas publicações sugerem que o uso da máscara de PEP na via aérea possa diminuir as atelectasias e facilitar a higiene brônquica^{22,23}.

Outras técnicas em potencial também foram investigadas nesse ínterim. Em um ensaio clínico controlado realizado por Borghi e cols²⁴, os autores

compararam exercícios respiratórios com PEP associada à intervenção fisioterapêutica usual. A associação de exercícios respiratórios e PEP foi mais eficiente em minimizar a redução da força muscular inspiratória, volume e fluxo pulmonar, causadas pela cirurgia cardíaca. No entanto, em ambos os grupos, os volumes pulmonares não foram completamente restabelecidos até o quinto dia pós-operatório, sendo necessário continuar o tratamento após a alta hospitalar.

Apesar das evidências de que no pós-operatório de CRM ocorra disfunção dos músculos respiratórios, o treinamento da musculatura inspiratória (TMI) é encontrado em poucos estudos nesse cenário. Um experimento que demonstra achados positivos entre treinamento muscular ventilatório e desfechos clínicos no pós-operatório é apresentado por Hulzebos e cols²⁵. Neste estudo o TMI intensivo no pré-operatório foi capaz de minimizar complicações pulmonares em pacientes de alto risco. Tais achados sugerem que a manutenção da força muscular inspiratória após a cirurgia é importante na prevenção da morbidade pós-operatória. Já, no estudo de Barros e cols.²⁶, o TMI, realizado no período pós-operatório da CRM, foi eficaz em restaurar os seguintes parâmetros: pressão inspiratória máxima (PI_{max}); pressão expiratória máxima (PE_{max}); pico de fluxo expiratório (PFE) e volume corrente.

Além das técnicas de fisioterapia respiratória realizadas nos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, a fisioterapia motora, desenvolvida através de exercícios físicos de deambulação e movimentação ativa em membros inferiores e superiores, tem sido estudada como complemento na reabilitação cardiopulmonar fase 1 (RCPF1)²⁷. A incidência de complicações pulmonares após cirurgia cardíaca vem diminuindo, uma tendência que tem sido atribuída em parte aos protocolos de manejo com ênfase em mobilização precoce no pós-

operatório. Assim, a RCPF1, quando direcionada para a restauração da capacidade funcional, através da prescrição de exercícios de deambulação e / ou exercícios de mobilidade torácica, pode ter maior sucesso. Mesmo se tais abordagens não têm grande impacto sobre as taxas de complicações pulmonares pós-operatórias, um mais rápido restabelecimento funcional (exemplo: a capacidade de deambular), pode encurtar a duração da internação e permitir a progressão precoce para reabilitação cardiovascular ambulatorial e retorno as atividades de vida diária²⁷.

Um ensaio clínico controlado avaliou a reabilitação cardiopulmonar composta por exercícios ativos musculares e ventilatórios, além de educação, no período pré-operatório por no mínimo cinco dias e, no pós-operatório até a alta hospitalar. Como resultado, pôde-se observar uma expressiva redução nas complicações pulmonares, uma significativa diferença na incidência de arritmias cardíacas (especialmente fibrilação atrial), além de uma melhora da capacidade funcional avaliada no sétimo dia de pós-operatório através do TC6²⁸.

Por sua vez, efeitos de diferentes intervenções realizadas apenas durante o período pós-operatório da CRM foram abordados por alguns estudos. Em um deles foram avaliados noventa e três pacientes que foram randomizados para três grupos. Como resultado, observa-se que apenas os grupos que realizaram caminhadas com ou sem exercícios respiratórios aumentaram o desempenho na distância do TC6 no momento da alta hospitalar, com significativa melhora da capacidade funcional²⁷.

Na mesma linha de investigação sobre protocolos mistos de deambulação e exercícios respiratórios, duas intervenções com esses exercícios, com diferenças apenas nos volumes e intensidades propostos foram avaliadas em

estudo recente. Em uma amostra de 42 pacientes, as distâncias percorridas no TC6, no sétimo dia de pós-operatório, foram semelhantes em ambos os grupos⁵.

No estudo controlado realizado por Stein e cols.²⁹, um grupo realizou reabilitação cardíaca baseada em exercícios físicos, higiene brônquica e uso da máscara de PEP durante os sete dias de internação após CRM. O outro grupo recebeu apenas cuidados usuais, sem fisioterapia. No momento da alta hospitalar, os pacientes no grupo de reabilitação percorreram uma distância significativamente maior no TC6. No 30º dia pós-operatório, o VO_2 pico foi significativamente maior no grupo reabilitação, havendo correlação significativa entre o VO_2 pico e a $PI_{máx}$.

Deve-se salientar que neste estudo não houve treinamento específico para a musculatura inspiratória. Mesmo assim, o programa de reabilitação atenuou no período pós-operatório da CRM, a redução da força muscular respiratória e também melhorou a recuperação da capacidade funcional. A correlação entre $PI_{máx}$ e VO_2 pico durante o período pós-operatório tardio sugere que a força muscular inspiratória pudesse estar associada à capacidade funcional após CRM²⁹.

3. Justificativa e Objetivo

Considerando a escassez de estudos metodologicamente adequados que avaliem o papel de diferentes intervenções fisioterapêuticas associadas que possam demonstrar quais protocolos possam trazer maiores benefícios para os pacientes após CRM, decidimos avaliar os efeitos de diferentes protocolos de RCPF1 sobre a capacidade funcional, função pulmonar e muscular ventilatória de pacientes coronariopatas submetidos à essa cirurgia.

4. Referências da revisão da literatura:

1. Braig S, Peter R, Nagel G, Hermann S, Rohrmann S, Linseisen J. The impact of social status inconsistency on cardiovascular risk factors, myocardial infarction and stroke in the EPIC-Heidelberg cohort. *BMC Public Health*. 2011;11:104.
2. Laurenti R, Buchalla CM, Caratin V de S. Ischemic heart disease. Hospitalization, length of stay and expenses in Brazil from 1993 to 1997. *Arq Bras Cardiol*. 2000 Jun;74(6):483–92.
3. Nogueira CRSR, Hueb W, Takiuti ME, Girardi PBMA, Nakano T, Fernandes F, et al. Quality of life after on-pump and off-pump coronary artery bypass grafting surgery. *Arq Bras Cardiol*. 2008 Oct;91(4):217–22, 238–44.
4. Sociedade Brasileira de Cardiologia. [Guideline for cardiopulmonary and metabolic rehabilitation: practical aspects]. *Arq Bras Cardiol*. 2006 Jan;86(1):74–82.
5. Karaszewski D. Comparison of two models of hospital rehabilitation in patients after coronary artery bypass grafting. *Kardiochirurgia Torakochirurgia Pol J Cardio-Thorac Surg*. 2014 Mar;11(1):86–9.
6. Brasil LA, Mariano JB, Santos FM, Silveira AL, Melo N, Oliveira NG. Revascularização do miocárdio sem circulação extracorpórea: experiência e resultados iniciais. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2000;15(1):6–15.
7. Butler J, Rocker GM, Westaby S. Inflammatory response to cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1993;55(2):552–9.
8. Schuller D, Morrow LE. Pulmonary complications after coronary revascularization. *Curr Opin Cardiol*. 2000;15(5):309–15.
9. Magnusson L, Zemgulis V, Wicky S, Tydén H, Thelin S, Hedenstierna G. Atelectasis is a major cause of hypoxemia and shunt after cardiopulmonary bypass: an experimental study. *Anesthesiology*. 1997;87(5):1153–63.
10. Oikonen M, Karjalainen K, Kähärä V, Kuosa R, Schavikin L. Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest*. 1991;99(1):60–5.
11. Johnson D, Hurst T, Thomson D, Mycyk T, Burbridge B, To T, et al. Respiratory function after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1996;10(5):571–7.
12. Barbosa RA, Carmona MJ. [Evaluation of pulmonary function in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.]. *Rev Bras Anesthesiol*. 2002;52(6):689–99.

13. Westerdahl E, Lindmark B, Bryngelsson I, Tenling A. Pulmonary function 4 months after coronary artery bypass graft surgery. *Respir Med.* 2003 Apr;97(4):317–22.
14. Kristjánsdóttir A, Ragnarsdóttir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Respiratory movements are altered three months and one year following cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J SCJ.* 2004 May;38(2):98–103.
15. Richter Larsen K, Ingwersen U, Thode S, Jakobsen S. Mask physiotherapy in patients after heart surgery: a controlled study. *Intensive Care Med.* 1995 Jun;21(6):469–74.
16. Matheus GB, Dragosavac D, Trevisan P, Costa CE da, Lopes MM, Ribeiro GC de A. Postoperative muscle training improves tidal volume and vital capacity in the postoperative period of CABG surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2012;27(3):362–9.
17. Hokkanen M, Järvinen O, Huhtala H, Tarkka MR. A 12-year follow-up on the changes in health-related quality of life after coronary artery bypass graft surgery. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* 2014 Feb;45(2):329–34.
18. Douki ZE, Vaezzadeh N, Zakizad M, Shahmohammadi S, Sadeghi R, Mohammadpour RA. Changes in functional status and functional capacity following coronary artery bypass surgery. *Pak J Biol Sci PJBS.* 2010 Apr 1;13(7):330–4.
19. Jenkins SC, Soutar SA, Loukota JM, Johnson LC, Moxham J. Physiotherapy after coronary artery surgery: are breathing exercises necessary? *Thorax.* 1989 Aug;44(8):634–9.
20. Pasquina P, Tramèr MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ.* 2003 Dec 13;327(7428):1379.
21. Frølund L, Madsen F. Self-administered prophylactic postoperative positive expiratory pressure in thoracic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1986 Jul;30(5):381–5.
22. Hess DR. The evidence for secretion clearance techniques. *Respir Care.* 2001 Nov;46(11):1276–93.
23. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest.* 2000 Dec;118(6):1801–13.
24. Borghi-Silva A, Mendes RG, Costa F. S, Di Lorenzo VA, Oliveira CR, Luzzi S. The influences of positive end expiratory pressure (PEEP) associated with physiotherapy intervention in phase I cardiac rehabilitation. *Clin Sao Paulo.* 2005;60(6):465–72.
25. Hulzebos EH, Helders PJ, Favié NJ, De Bie RA, Brutel de la Riviere A, Van Meeteren NL. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent

postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2006;296(15):1851–7.

26. Barros GF, Santos C da S, Granado FB, Costa PT, Límaco RP, Gardenghi G. Respiratory muscle training in patients submitted to coronary arterial bypass graft. *Rev Bras Cir Cardiovasc Órgão Of Soc Bras Cir Cardiovasc*. 2010 Dec;25(4):483–90.
27. Hirschhorn AD, Richards D, Mungovan SF, Morris NR, Adams L. Supervised moderate intensity exercise improves distance walked at hospital discharge following coronary artery bypass graft surgery--a randomised controlled trial. *Heart Lung Circ*. 2008 Apr;17(2):129–38.
28. Herdy AH, López-Jiménez F, Terzic CP, Milani M, Stein R, Carvalho T, et al. South American guidelines for cardiovascular disease prevention and rehabilitation. *Arq Bras Cardiol*. 2014 Aug;103(2 Suppl 1):1–31.
29. Stein R, Maia CP, Silveira AD, Chiappa GR, Myers J, Ribeiro JP. Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(10):1685–91.

5. ARTIGO (versão português)

Efeitos de diferentes protocolos de fisioterapia na reabilitação cardíaca fase I em pacientes após cirurgia de revascularização do miocárdio: Ensaio Clínico Randomizado

Resumo:

Introdução: Pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) tipicamente sofrem uma perda na capacidade cardiopulmonar no pós-operatório.

Objetivo: Avaliar os efeitos de diferentes protocolos na fase I da reabilitação cardiopulmonar (RCPF1) quanto à capacidade funcional e função pulmonar nesses indivíduos.

Método: Ensaio clínico randomizado simples cego. Pacientes em pré-operatório de CRM foram avaliados para os seguintes desfechos: capacidade funcional, capacidade pulmonar e função muscular respiratória. Após a cirurgia foram randomizados para 4 grupos de RCPF1: G1 (treinamento muscular inspiratório (TMI), exercícios ativos em membros superiores e inferiores e deambulação precoce); G2 (protocolo G1 sem TMI); G3 (TMI) e G4 (controle). O uso da fisioterapia respiratória e da pressão expiratória positiva na via aérea (EPAP) foi comum a todos. As avaliações foram refeitas no sexto dia pós-operatório e trigésimo dia pós-alta hospitalar (incluído teste cardiopulmonar de exercício).

Resultado: Quarenta pacientes foram incluídos, 10 em cada grupo. A distância percorrida no teste caminhada 6 minutos no 6º dia foi: G1: 365±23; G2: 401±20; G3: 275±23; G4: 291±22; no 30º dia: G1: 531±23; G2: 531±16; G3: 471±14; G4: 433±14 metros; P<0,001. Consumo de oxigênio pico no 30º dia: G1: 21,4±3,1; G2: 21,4±2,8; G3: 17,6±3,2; G4: 17,3±3,2 mL.kg⁻¹.min⁻¹; P=0,005. Todos obtiveram resultados semelhantes na recuperação da função pulmonar nesses períodos.

Conclusão: Os protocolos G1 e G2 foram mais eficazes em melhorar a capacidade funcional antes da alta hospitalar, assim como 30 dias pós-alta. Entretanto, a fisioterapia respiratória e o EPAP parecem ser suficientes para o reestabelecimento da função pulmonar nesse período.

Clinical Trials ID: NCT01410253

Palavras Chaves: reabilitação; capacidade funcional; exercício, capacidade pulmonar.

Introdução

Redução na força muscular respiratória^{1,2}, na oxigenação³ e prejuízo na função pulmonar^{1,4,5}, são alterações observadas no pós-operatório de cirurgia de revascularização miocárdica (CRM) com circulação extracorpórea. Da mesma forma, ocorre uma marcada diminuição na capacidade funcional. Neste contexto, a reabilitação cardiopulmonar fase 1 (RCPF1) é composta por diferentes técnicas fisioterapêuticas que atuam com o intuito de auxiliar no retorno mais precoce a funcionalidade e em reduzir a incidência de complicações⁶⁻⁸.

No ambiente hospitalar, a fisioterapia respiratória é disponibilizada após a CRM e, tradicionalmente, inclui mobilização precoce e uma variedade de manobras respiratórias. Nos últimos anos, a fisioterapia motora tem sido agregada de forma mais sistemática aos exercícios respiratórios. Técnicas como deambulação precoce e movimentação ativa de membros inferiores e superiores têm sido utilizadas como estratégias complementares nos programas de reabilitação^{9,10}.

No entanto, a RCPF1 ainda é uma área do conhecimento no qual lacunas importantes persistem. Em três revisões sistemáticas¹¹⁻¹³ muito poucos ensaios clínicos randomizados foram selecionados para a análise final. Além disso, os resultados não foram consistentes e os benefícios do uso de técnicas fisioterapêuticas isoladas ou associadas não foram efetivamente evidenciadas.

Existem evidências científicas limitadas a respeito da melhora na capacidade funcional e em outros parâmetros cardiopulmonares, e até o momento não sabemos quais protocolos podem ser mais eficazes para os pacientes após CRM. Sendo assim, decidimos avaliar os efeitos de diferentes protocolos de RCPF1 sobre a capacidade funcional, força muscular ventilatória e função pulmonar de pacientes coronariopatas submetidos a CRM em um hospital universitário do sul do Brasil

Método

Desenho do Estudo

Ensaio clínico randomizado com cegamento simples em pacientes submetidos a CRM, realizado em um único centro.

Participantes

Os pacientes foram recrutados para o estudo, de forma sistemática, através da agenda de marcação de cirurgias eletivas para CRM em um hospital universitário do sul do Brasil. A amostra compreendeu sujeitos com idade entre 18 e 70 anos que concordaram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Os critérios de exclusão foram os seguintes: insuficiência renal crônica (depuração de creatinina endógena < 60 mL/min), angina instável, pacientes sintomáticos em repouso ou aos pequenos esforços, portadores de claudicação intermitente, disfunção valvar moderada e grave, arritmias graves, acidente vascular cerebral prévio ou que apresentavam incapacidade motoras limitantes. Não foram alocados os pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica que apresentaram diminuição maior que 70% da capacidade vital forçada ou do volume expiratório forçado no primeiro segundo na espirometria pré-operatória.

Intervenção

Após a inclusão, os pacientes foram avaliados no pré-operatório (basal - um dia antes da cirurgia) por avaliadores cegados. Na sequência a CRM foi realizada e, após a cirurgia, os pacientes foram randomizados para um dos quatro grupos do estudo.

Grupo 1 (G1): Exercício ativo em membros superiores e inferiores, deambulação precoce progressiva e treinamento muscular inspiratório (TMI);

Grupo 2 (G2): Exercício ativo em membros superiores e inferiores e deambulação precoce progressiva;

Grupo 3 (G3): TMI;

Grupo 4 (G4): Controle.

Os pacientes alocados a todos os grupos receberam fisioterapia respiratória convencional, composta por higiene brônquica, respiração profunda e pressão expiratória positiva na via aérea através de aparelho de EPAP. Todos os exercícios foram programados de forma progressiva, respeitando os princípios de especificidade, sobrecarga e individualidade. Maiores detalhes dos diferentes protocolos de reabilitação estão descritos em Anexo 1.

De acordo com a referida randomização, a aplicação do protocolo iniciou no dia seguinte ao procedimento cirúrgico, já sem o suporte da ventilação mecânica invasiva. Os pacientes foram acompanhados duas vezes ao dia pelo mesmo fisioterapeuta, por no mínimo 6 dias. Ao final do programa de RCPF1, entre o sexto e sétimo pós-operatório, foram realizadas as avaliações da força muscular ventilatória, função pulmonar e capacidade funcional. No trigésimo dia após a alta hospitalar, já com o *status* de um paciente ambulatorial, o mesmo voltou ao hospital e realizou teste cardiopulmonar de exercício (TCPE), repetindo também as mesmas avaliações da alta hospitalar.

Desfechos

O desfecho primário foi capacidade funcional, tanto avaliada pela distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos (TC6) quanto pelo consumo de oxigênio de pico (VO_2 pico) no TCPE. Os desfechos secundários foram as demais variáveis avaliadas pelo TCPE, variáveis de capacidade pulmonar mensuradas através da espirometria e variáveis de função muscular respiratória avaliadas por teste da força muscular respiratória.

Medidas e Instrumentos

O TC6 foi realizado em corredor de 30 metros com marcação de 3 em 3 metros, sempre com incentivo verbal. Os pacientes usavam um frequencímetro (Polar S810i, Finlândia) e um esfignomanômetro para medidas de frequência cardíaca e pressão arterial pré e pós-teste, respectivamente. Além disso, foi utilizada a escala de esforço percebido de Borg¹⁴. Com o transcorrer do teste, de 2 em 2 minutos, o paciente foi questionado quanto ao esforço percebido e sobre a sensação de dispneia. Foram respeitados critérios de interrupção do teste como: tontura, palpitação, dor incapacitante no membro inferior operado (safenectomia), parestesias e paresias, além de quaisquer alterações significativas nos sinais vitais.

O teste de função pulmonar foi realizado através da espirometria em repouso, utilizando um sistema computadorizado (Eric Jaeger GmbH, Würzburg, Germany), de acordo com as normas internacionais aprovadas pela *European Respiratory Society*¹⁵. Para análise dos valores da capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF_1), capacidade

vital máxima (CV_{max}), pico de fluxo expiratório (PEF), fluxo expiratório forçado a 50% da CVF (FEF 50), foram utilizados valores de referência aprovados pelas normas estabelecidas pelo Consenso Brasileiro de Espirometria¹⁶.

A mensuração da força muscular ventilatória foi baseada no protocolo da *American Thoracic Society*¹⁷. A força muscular inspiratória e expiratória foram avaliadas através de um circuito para medida, composto por um transdutor de pressão MVD-300 (Microhard System, Globalmed, Porto Alegre, Brasil), com capacidade de ± 300 cmH₂O. Esse circuito foi conectado a um sistema com duas válvulas unidirecionais, uma inspiratória e outra expiratória (DHD Inspiratory Muscle Trainer, Chicago, Estados Unidos da América), acoplado a um bocal. Um orifício de 2 mm de diâmetros foi utilizado no sistema para manter a glote aberta e evitar a produção de pressões pelos músculos faciais. Foram realizadas aproximadamente 6 mensurações com intervalo de um minuto entre elas. O maior valor foi considerado, não havendo uma diferença maior do que 10% entre dois valores mais altos¹⁸. Para análise dos dados referentes à PI_{max} e PE_{max} usamos valores absolutos.

Por sua vez, a avaliação da capacidade funcional através de TCPE com análise de gases expirados, realizado em esteira (Inbramed KT 10200, Inbramed, Porto Alegre, Brasil; velocidade de 0-16 km / h [0-10 mph], inclinação de 0%-26%). Um protocolo de rampa foi usado, com uma velocidade inicial de 2,0 km/h, e inclinação de 0%; a velocidade foi então aumentada a cada 10 segundos (de 0,1 a 0,15 km/h). A inclinação era aumentada a cada 10 segundos em incrementos de 0,1% a 0,2%. O objetivo foi o de alcançar a fadiga do indivíduo em um tempo entre 8 a 12 minutos (média de 10 minutos). A frequência cardíaca foi monitorizada ao longo de todo o teste através de um eletrocardiógrafo de 12 derivações (Nihon Kohden Corporation, Tóquio, Japão), com os eletrodos colocados conforme o descrito por Mason e Likar¹⁹. A pressão arterial foi medida com um esfigmomanômetro a cada 3 minutos, durante o TCPE e, adicionalmente, a critério do médico. A análise dos gases expirados foi realizada respiração a respiração (“breath by breath”), através de um analisador Cortex Metalyzer sistema 3B (Cortex Medical, Leipzig, Alemanha). Todos os testes foram realizados pelo mesmo cardiologista, o qual é habilitado pelo Departamento de Exercício, Ergometria e Reabilitação Cardiovascular da

Sociedade Brasileira de Cardiologia, e era cegado quanto à alocação de cada grupo.

Randomização e cálculo da amostra

A sequência de randomização foi gerada em um programa estatístico (SPSS 18.0 Chicago, USA) por um profissional não envolvido no desenvolvimento do estudo, através de uma tabela de números aleatórios com distribuição uniforme e divisão em quatro grupos. Após a geração da sequência de números, os mesmos foram colocados em envelopes pardos lacrados, os quais eram numerados em sequência.

Após, os envelopes foram entregues a um colaborador que não participou das coletas do estudo, assim como da alocação dos pacientes. Esse indivíduo foi responsável apenas pela randomização do paciente após o procedimento cirúrgico. O grupo em que o paciente foi randomizado foi informado apenas ao fisioterapeuta responsável pela aplicação do protocolo ao paciente. Todos os avaliadores dos desfechos do estudo permaneceram cegados para os grupos de intervenção.

De acordo com os experimentos prévios²⁰, o tamanho da amostra calculado foi de 7 sujeitos para cada grupo (28 pacientes no total), assumindo um nível de significância de 5%, um poder de detecção de diferença de 80% e uma diferença de pelo menos 60 metros no TC6. Ao prevermos uma perda de 20% e tendo em vista uma otimização na análise dos resultados, optamos por uma amostra de 10 indivíduos para cada grupo (40 pacientes no total).

Análise Estatística

Os dados coletados foram analisados usando-se o programa estatístico *Statistical Package For Social Sciences* (SPSS 18.0 Chicago, USA). As variáveis categóricas foram apresentadas através de frequências absolutas e percentagens. Já as variáveis contínuas com distribuição normal foram apresentadas por média e desvio padrão e aquelas sem distribuição normal como mediana e amplitude interquartilica (IQ).

Os dados basais entre os grupos foram comparados através de ANOVA para as variáveis quantitativas de distribuição normal e Kruskal-Wallis se distribuição não normal. Ao longo da coleta de dados, a análise comparativa

entre os grupos para os desfechos medidos através do TCPE foi analisada pelo teste de ANOVA para medidas repetitivas (ou Kuskal-Wallis se distribuição não normal), seguidos de teste de Tukey-Kramer para análise de comparações múltiplas. Os demais desfechos avaliados com mais de uma medida repetida nos grupos ao longo do tempo, foi analisado pelo modelo de Equações de Estimativas Generalizadas (GEE). As análises dos desfechos como a distância percorrida no TC6 foram corrigidas pela idade e as PI_{max} e PE_{max} foram corrigidas pela idade e sexo. O nível de significância considerado foi de $P < 0,05$.

Resultados

Dos 40 pacientes randomizados, 10 foram alocados para cada um dos quatro grupos do estudo. O diagrama de fluxo descrevendo a inclusão, alocação e o seguimento do experimento se encontram de acordo com o *Consolidated Standards for Reporting of Trials* (CONSORT - Figura 1). Houve uma perda de seguimento na última avaliação do grupo controle.

Estatística descritiva e distribuição de frequências para parâmetros clínicos, demográficos e antropométricos de todos os pacientes submetidos às intervenções estão apresentadas na tabela 1. A idade foi similar entre os grupos e a maioria dos pacientes é do gênero masculino. A maior parte da amostra era de usuários de tabaco, possuía hipertensão arterial sistêmica e apresentava estilo de vida sedentário. Todas as características da linha de base foram similares entre os grupos. Nessa mesma tabela também se encontram os dados referentes ao momento pré-cirúrgico e pós-cirúrgico da amostra do estudo. A maior parte dos pacientes encontrava-se entre as classes II e III da *Canadian Cardiovascular Society Angina Class* (CCSA), assim como, II e III da classificação funcional da *New York Heart Association* (NYHA). O número médio de enxertos foi de 3, sendo semelhante entre os grupos. O tempo de internação da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) foi maior no grupo controle, quando comparado ao demais grupos. Essa diferença não se manteve em relação ao tempo total de internação hospitalar, o qual foi semelhante entre os 4 grupos (Tabela 1).

Na tabela 2, estão apresentados os resultados primários e secundários entre os grupos. Em relação a variável distância percorrida no TC6, se observa

que ocorreu maior prejuízo na capacidade funcional entre o pré e pós-operatório imediato nos grupos 3 e 4 em relação aos grupos 1 e 2. Quando foi realizada a mensuração desta mesma variável no pós-operatório tardio (30 dias após a alta hospitalar), o grupo 4 (controle) foi o que evidenciou a menor recuperação. No entanto, mesmo demonstrando uma menor capacidade funcional que aquela apresentada pelos demais grupos, o grupo 4, quando comparado consigo mesmo, conseguiu alcançar valores semelhantes aos do teste pré-operatório (basal). Por sua vez, todos os demais grupos apresentaram uma capacidade funcional medida através do TC6 significativamente melhor do que aquela apresentada no pré-operatório. O comportamento do desempenho na distância percorrida no TC6 nos quatro grupos, ao longo das três medidas no decorrer do seguimento, está ilustrado na figura 2.

Ainda na tabela 2, é possível visualizar os resultados dos desfechos em relação à capacidade pulmonar, os quais apresentam comportamento semelhante entre os grupos ao longo do seguimento (em todas as variáveis), não havendo diferença entre os grupos em cada medida. No entanto, todos os grupos apresentaram uma significativa queda em seus valores de capacidade pulmonar no pós-operatório imediato comparado ao pré-operatório. Em relação ao pós-operatório tardio (trigésimo dia pós alta), apenas o grupo 3 não evidencia recuperação significativa em relação ao pós-operatório imediato (sexto dia pós CRM).

No que diz respeito às medidas da função muscular respiratória, não há diferença entre os grupos, comportamento esse semelhante aos resultados da função pulmonar. Na variável PI_{max} , apenas o grupo 2 não apresentou perda significativa em seu desempenho no pós-operatório imediato. Entretanto, 30 dias após a alta hospitalar, todos os grupos apresentaram valores semelhantes aos do pré-operatório. Quanto à PE_{max} , todos os grupos apresentaram perdas significativas na função muscular expiratória no pós-operatório imediato, assim como todos eles alcançaram valores semelhantes aos do pré-operatório no pós-operatório tardio.

A tabela 3 apresenta as principais medidas obtidas através do TCPE. De maior relevância é que tanto o grupo 1 quanto o grupo 2 evidenciaram VO_2 pico significativamente mais elevado quando comparados aos grupos 3 e 4. Esses resultados estão ilustrados na figura 3.

Discussão

O principal achado deste ensaio clínico randomizado evidencia que os grupos submetidos aos protocolos que utilizavam exercício físico ativo e deambulação precoce apresentaram uma recuperação mais eficaz da capacidade funcional, tanto antes da alta hospitalar (pós-operatório precoce), quanto no trigésimo dia pós alta hospitalar. Tais estratégias, que quando implementadas através de um programa estruturado de RCPF1, podem servir como o sustentáculo para uma retomada das atividades de vida diária nesses pacientes.

Ao longo de muitos anos, protocolos utilizados em estudos que contemplaram a reabilitação hospitalar após cirurgia cardíaca se baseavam predominantemente nas técnicas respiratórias¹¹⁻¹³. Nesse particular, já existe evidência de que a associação do exercício físico ativo em membros superiores e inferiores com a deambulação precoce pode ir muito além da prevenção do tromboembolismo ou da perda da amplitude de movimento²¹.

Em 2008, um ensaio clínico randomizado (ECR) de intervenção sobre a capacidade funcional foi realizado por Hirschhorn e cols.¹⁰ Nesse experimento, os autores avaliaram programas de caminhada estruturada de moderada intensidade associado ou não aos exercícios respiratórios e demonstraram melhora na capacidade funcional aferida através do TC6 no momento da alta hospitalar. No entanto, não observaram diferença entre os grupos após 30 dias da alta hospitalar. Esse achado difere do encontrado no presente estudo no mesmo período, no qual o grupo que recebeu apenas fisioterapia respiratória convencional (controle) apresentou pior desempenho comparado aos outros 2 grupos que realizaram como intervenção o exercício ativo e a deambulação precoce.

Por outro lado, dois outros ECRs,^{22,23} os quais também utilizaram protocolos de RCPF1 com incremento de caminhada e exercícios ativos comparados a cuidados usuais, corroboram nossos achados. Neles, tanto na avaliação pré-alta hospitalar em relação a distância percorrida no TC6, quanto avaliação através do TCPE no trigésimo dia após a alta, os pacientes evidenciaram uma melhora na capacidade funcional. No estudo de Stein e cols.²³

o VO_2 pico 30 dias pós alta foi maior no grupo intervenção (fisioterapia respiratória com utilização do EPAP, exercícios ativos em membros inferiores e superiores e deambulação) em comparação ao grupo que realizou cuidados usuais (controle sem fisioterapia). Neste experimento, os autores postulam que adaptações fisiológicas provocadas pelo exercício podem atenuar a dor no membro safenectomizado e facilitar o melhor desempenho em testes funcionais²³. Além disso, um melhor desempenho desses protocolos também pode ser atribuído a uma otimização no transporte de oxigênio por aumento da ventilação e da relação ventilação/perfusão alveolar. A deambulação serviria como um estímulo gravitacional capaz de restaurar a distribuição normal do líquido extra vascular no corpo e, assim, reduziria os efeitos da imobilidade.²¹ Portanto, nos parece plausível que tais efeitos atuando em conjunto poderiam impactar positivamente sobre a capacidade funcional.

Prejuízos na função pulmonar estão presentes após a CRM e os desfechos de capacidade e fluxos pulmonares não apresentaram diferenças entre os grupos ao longo do presente estudo. Observamos que todos os grupos se beneficiaram dos protocolos de fisioterapia respiratória aplicados durante a intervenção, inclusive o controle, o qual também evidenciou recuperação da capacidade pulmonar no trigésimo dia após alta hospitalar. Sendo assim, uma característica a ser destacada é que todos os pacientes receberam fisioterapia com exercícios respiratórios e utilização do dispositivo de EPAP. De acordo com os achados de Borghi e cols.²⁴ a utilização da pressão positiva associada à intervenção fisioterápica foi mais eficaz em minimizar alterações de fluxo e volume pulmonares do que quando a fisioterapia foi realizada de forma isolada. Uma otimização na mecânica do movimento tóraco-abdominal e o consequente aumento da amplitude dos movimentos respiratórios facilitam a reexpansão pulmonar e a melhora dos parâmetros de função pulmonar²¹.

Alguns estudos^{8,23}, ao contrário do nosso, encontraram diferenças entre os grupos nas variáveis pulmonares no seguimento pós-operatório. Entretanto, foram estudos que utilizaram controles que não realizaram fisioterapia respiratória progressiva e supervisionada, os quais apresentaram quedas mais expressivas de desempenho imediato, além de uma recuperação mais demorada, diferentemente até do grupo controle do presente experimento. Ao observar os resultados de Haeffener e cols.²⁵, que compararam cuidados usuais

e utilização do EPAP associado ao inspirômetro de incentivo, percebemos que os autores também não encontraram diferenças entre os grupos no pós-operatório em relação à função pulmonar. Da mesma forma e ao encontro dos nossos achados, eles também identificaram uma queda nos valores no pós-operatório imediato e uma recuperação no seguimento de 30 dias, pela provável diminuição do recrutamento alveolar e diminuição da reexpansão pulmonar no pós-operatório imediato, recuperada através da intervenção no seguimento.

Um prejuízo também ocorre no desempenho dos músculos respiratórios após a CRM, sendo esta multifatorial. As variáveis de pressões respiratórias, PI_{max} e PE_{max} , apresentaram queda no sexto dia pós-operatório e uma recuperação importante após 30 dias da alta hospitalar, alcançando valores semelhantes aos pré CRM. Nesse cenário, o uso do dispositivo threshold® para TMI, utilizado por apenas dois grupos, não parece ter maior influência na variabilidade dos valores da PI_{max} nesses grupos quando comparado com os demais que não utilizaram o dispositivo. Outros estudos^{23,25,26} que não utilizaram esse dispositivo em seus protocolos de RCPF1, apresentaram resultados semelhantes aos nossos quanto ao comportamento das pressões respiratórias medidas nos mesmos períodos. Em parte, é possível que possamos atribuir ao efeito adicional do EPAP a reversão das perdas de desempenho dos músculos respiratórios²⁴. A PI_{max} também aparece associada com VO_2 pico na literatura²³, porém, nossos achados não sugerem que o incremento no VO_2 pico possa ser atribuído ao TMI.

O número de dias de permanência na unidade de terapia intensiva (UTI) e na internação são descritos em dois estudos de RCPF1^{22,25}. Neles, houve diferença no tempo de internação hospitalar entre o grupo de cuidados usuais versus o grupo RCPF1. Por outro lado, o tempo de internação em UTI não diferiu entre os grupos. Da mesma forma, em nosso estudo o tempo de permanência no hospital foi o mesmo entre os 4 grupos de reabilitação e o tempo de permanência na UTI foi maior no grupo controle.

A relevância clínica dos nossos achados está na identificação de protocolos de fisioterapia pós CRM, os quais fornecem um incremento significativo na capacidade funcional e podem auxiliar na recuperação precoce de pacientes limitados em sua autonomia física. Com isso, já no momento da alta hospitalar o indivíduo apresenta um maior potencial para retomar e

desempenhar suas atividades de vida diária. Tanto este experimento quanto dados de estudos já publicados^{10,22,23} reforçam as bases científicas para instrumentalizar as equipes de reabilitação no manejo otimizado desses pacientes, incluindo programas com exercícios ativos na rotina de atendimento da RCPF1 no pós-operatório de pacientes com cardiopatia isquêmica.

Limitações

Os protocolos desse estudo foram elaborados para a reabilitação de pacientes submetidos à CRM. Para serem estendidos a outras modalidades de cirurgia cardíaca (exemplo: transplante) é desejável que possam ser adaptados para cada procedimento. Nesse particular, estudos deverão ser realizados e seus efeitos avaliados em cada tipo de cirurgia.

Em nosso estudo os desfechos de função pulmonar foram observados como desfechos secundários. Experimentos com amostras maiores e desenho levando em consideração esses desfechos como primários deverão ser feitos.

Pacientes com fração de ejeção do ventrículo esquerdo abaixo de 50% foram excluídos, logo, não sabemos se os achados encontrados seriam reproduzidos nesses pacientes.

Por fim, mesmo superando o tamanho amostral recomendado, somos cientes de que este é um estudo de eficácia, no qual um grupo de pesquisadores extremamente dedicado acompanhou os pacientes ao longo do experimento.

Conclusão

Os protocolos nos quais a prática precoce do exercício ativo em membros superiores e inferiores associado à deambulação progressiva evidenciaram maior aumento na capacidade funcional em pacientes submetidos a CRM. Tais estratégias são opções eficazes e podem ser implementadas no cenário da RCPF1.

Referências:

1. Johnson D, Hurst T, Thomson D, Mycyk T, Burbridge B, To T, et al. Respiratory function after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1996;10(5):571–7.
2. Schuller D, Morrow LE. Pulmonary complications after coronary revascularization. *Curr Opin Cardiol*. 2000;15(5):309–15.
3. Barbosa RA, Carmona MJ. [Evaluation of pulmonary function in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.]. *Rev Bras Anesthesiol*. 2002;52(6):689–99.
4. Westerdahl E, Lindmark B, Bryngelsson I, Tenling A. Pulmonary function 4 months after coronary artery bypass graft surgery. *Respir Med*. 2003 Apr;97(4):317–22.
5. Kristjánsdóttir A, Ragnarsdóttir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Respiratory movements are altered three months and one year following cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J* SCJ. 2004 May;38(2):98–103.
6. Oikkonen M, Karjalainen K, Kähärä V, Kuosa R, Schavikin L. Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest*. 1991;99(1):60–5.
7. Richter Larsen K, Ingwersen U, Thode S, Jakobsen S. Mask physiotherapy in patients after heart surgery: a controlled study. *Intensive Care Med*. 1995 Jun;21(6):469–74.
8. Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson T, Friberg O, Hedenstierna G, Tenling A. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2005 Nov;128(5):3482–8.
9. Van der Peijl ID, Vliet Vlieland TPM, Versteegh MIM, Lok JJ, Munneke M, Dion RAE. Exercise therapy after coronary artery bypass graft surgery: a randomized comparison of a high and low frequency exercise therapy program. *Ann Thorac Surg*. 2004 May;77(5):1535–41.
10. Hirschhorn AD, Richards D, Mungovan SF, Morris NR, Adams L. Supervised moderate intensity exercise improves distance walked at hospital discharge following coronary artery bypass graft surgery--a randomised controlled trial. *Heart Lung Circ*. 2008 Apr;17(2):129–38.
11. Pasquina P, Tramèr MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ*. 2003 Dec 13;327(7428):1379.
12. Renault JA, Costa-Val R, Rossetti MB. Respiratory physiotherapy in the pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc Órgão Of Soc Bras Cir Cardiovasc*. 2008 Dec;23(4):562–9.

13. Cavenaghi S, Ferreira LL, Marino LHC, Lamari NM. Respiratory physiotherapy in the pre and postoperative myocardial revascularization surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc Órgão Of Soc Bras Cir Cardiovasc*. 2011 Sep;26(3):455–61.
14. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377–81.
15. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J Suppl*. 1993 Mar;16:5–40.
16. Pereira, editor. I Consenso Brasileiro de Espirometria. Publicação oficial da Sociedade de Brasileira e de Pneumologia e Tisiologia. *J Bras Pneumol*. 1996;22(3).
17. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002 Aug 15;166(4):518–624.
18. Nava S, Ambrosino N, Crotti P, Fracchia C, Rampulla C. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax*. 1993 Jul;48(7):702–7.
19. Mason RE, Likar I. A new system of multiple-lead exercise electrocardiography. *Am Heart J*. 1966 Feb;71(2):196–205.
20. Weiner P, Zeidan F, Zamir D, Pelled B, Waizman J, Beckerman M, et al. Prophylactic inspiratory muscle training in patients undergoing coronary artery bypass graft. *World J Surg*. 1998;22(5):427–31.
21. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest*. 2000 Dec;118(6):1801–13.
22. Herdy AH, Marcchi PLB, Vila A, Tavares C, Collaço J, Niebauer J, et al. Pre- and postoperative cardiopulmonary rehabilitation in hospitalized patients undergoing coronary artery bypass surgery: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil Assoc Acad Physiatr*. 2008 Sep;87(9):714–9.
23. Stein R, Maia CP, Silveira AD, Chiappa GR, Myers J, Ribeiro JP. Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(10):1685–91.
24. Borghi-Silva A, Mendes RG, Costa F. S, Di Lorenzo VA, Oliveira CR, Luzzi S. The influences of positive end expiratory pressure (PEEP) associated with physiotherapy intervention in phase I cardiac rehabilitation. *Clin Sao Paulo*. 2005;60(6):465–72.
25. Haeffener MP, Ferreira GM, Barreto SSM, Arena R, Dall'Ago P. Incentive spirometry with expiratory positive airway pressure reduces pulmonary

complications, improves pulmonary function and 6-minute walk distance in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Am Heart J.* 2008 Nov;156(5):900.e1–900.e8.

26. Moreno AM, Castro RRT, Sorares PPS, Sant' Anna M, Cravo SL d, Nóbrega ACL. Longitudinal evaluation the pulmonary function of the pre and postoperative periods in the coronary artery bypass graft surgery of patients treated with a physiotherapy protocol. *J Cardiothorac Surg.* 2011;6:62.

Tabela 1: Características da amostra, dados pré-cirúrgicos, cirúrgicos e pós-cirúrgicos.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Medidas antropométricas				
Idade (anos) M (DP)	58 (5)	56 (7)	59 (8)	61 (5)
IMC (kg/m ²) M (DP)	28 (2,9)	26 (3,8)	28 (3,7)	28 (4,2)
Sexo (masculino) n (%)	9 (90)	7 (70)	6 (60)	7 (70)
Fatores de risco n (%)				
Estilo de vida sedentário	7 (70)	8 (80)	7 (70)	9 (90)
Tabaco (usuários)	8 (80)	9 (90)	7 (70)	7 (70)
Diabetes	3 (30)	7 (70)	6 (60)	3 (30)
HAS	8 (80)	8 (80)	9 (90)	7 (70)
Dados pré-cirúrgicos				
Creatinina (mg/dL) M (DP)	0,98 (0,19)	0,99 (0,25)	1,1 (0,4)	0,95 (0,34)
Classe de angina n (%)				
I	2 (20)	0 (0)	1 (10)	3 (30)
II	4 (40)	9 (90)	6 (60)	4 (40)
III	4 (40)	1(10)	3 (30)	3 (30)
NYHA n (%)				
Classe 1	2 (20)	1 (10)	1 (10)	0 (0)
Classe 2	4 (40)	7 (70)	7 (70)	5 (50)
Classe 3	4 (40)	2 (20)	2 (20)	5 (50)
ASA n (%)				
II	1 (10)	3 (30)	3 (30)	3 (30)
III	8 (80)	5 (50)	6 (60)	4 (40)
IV	1 (10)	2 (20)	1 (10)	3 (30)
Dados cirúrgicos				
Tempo de cirurgia (min) M (DP)	180 (33)	158 (27)	167 (42)	174 (51)
Tempo de isquemia (min) M (DP)	39 (13)	33 (10)	40 (17)	44 (16)
Tempo de CEC (min) M (DP)	56 (17)	50 (14)	60 (24)	67 (24)
Enxertos M (DP)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,8)	3 (0,5)
Dados pós-cirúrgicos				
Tempo de VMI (h) M (DP)	8 (3,3)	9 (5,9)	11 (5,9)	11 (3,9)
Tempo de CTI (dias) M (DP)	3 (0,5)	3 (0,3)	3 (0,5)	4 (0,9)*
Tempo de hospitalização (dias) M(DP)	7 (0,7)	6 (0,8)	7 (0,6)	8 (3)
Fibrilação atrial n (%)	2 (20)	1 (10)	2 (20)	3 (30)

IMC: índice de massa corporal; HAS: hipertensão arterial sistêmica; NYHA: classificação funcional New York Heart Association; IAM: infarto agudo do miocárdio; ASA: avaliação de risco perioperatório da associação americana de anestesiologia; CEC: circulação extracorpórea; VMI: ventilação mecânica invasiva; CTI: centro de tratamento intensivo. *P<0,05.

Tabela 2: Medidas de Capacidade Funcional (TC6) e Capacidade Pulmonar.

	G1	G2	G3	G4	P (G)	P (T)	P (G*T)
TC6 (m)					<,001	<,001	<,001
Basal	398 (21) A a	419 (20) A a	384 (22) A a	423 (17) A a			
PO ₆	365 (23) A ac	401 (20) A a	275 (23) B b	291 (22) B bc			
PA ₃₀	531 (23) B bc	531 (16) B c	471 (14) C ab	433 (14) A a			
CV_{max} (%)					0,77	<,001	0,32
Basal	93,5 (4,0) A a	97,4 (3,7) A a	99,0 (5,6) A a	103,0 (2,9) A a			
PO ₆	68,4 (3,6) B a	70,9 (3,3) B a	76,8 (5,7) B a	65,1 (5,4) B a			
PA ₃₀	84,6 (3,8) C a	88,3 (2,8) C a	87,1 (4,7) B a	86,5 (4,9) C a			
CVF (%)					0,85	<,001	0,18
Basal	90,4 (3,7) A a	94,8 (3,3) A a	96,8 (5,0) A a	100,4 (3,6) A a			
PO ₆	65,8 (3,6) B a	67,6 (2,6) B a	73,2 (5,2) B a	61,8 (5,6) B a			
PA ₃₀	82,6 (4,0) C a	83,5 (2,7) C a	82,6 (4,5) B a	85,3 (4,6) C a			
VEF1 (%)					0,99	<,001	0,055
Basal	91,3 (2,9) A a	94,7 (3,2) A a	93,5 (5,1) A a	97,7 (3,7) A a			
PO ₆	67,0 (3,1) B a	65,0 (2,6) B a	68,9 (5,0) B a	59,3 (5,9) B a			
PA ₃₀	82,1 (4,4) C a	80,8 (3,2) C a	75,9 (4,1) B a	80,7 (4,5) C a			
PFE (%)					0,48	<,001	0,33
Basal	109,0 (6,3) A a	100,4 (7,7) A a	110,3 (5,1) A a	106,0 (4,7) A a			
PO ₆	85,7 (5,9) B a	77,6 (5,5) B a	91,2 (6,5) B a	78,7(7,0) B a			
PA ₃₀	103,5 (3,2) A a	99,5 (5,4) A a	98,5 (4,1) B a	93,1 (6,9) A a			
FEF 50 (%)					0,08	<,001	0,16
Basal	99,3 (8,5) A a	100,4(11,0) A a	77,0 (5,9) A a	93,7 (7,2) A a			
PO ₆	73,2 (5,5) B a	58,2 (7,1) B a	52,5 (6,0) B a	48,8 (8,5) B a			
PA ₃₀	85,4 (8,2) B a	69,9 (5,8) B a	58,6 (8,0) B a	75,7 (8,0) A a			
CV in (%)					0,82	<,001	0,24
Basal	90,7 (3,8) A a	93,1 (3,0) A a	97,7 (5,83) A a	96,3 (3,9) A a			
PO ₆	65,0 (3,3) B a	67,5 (3,5) B a	72,5 (5,81) B a	60,9 (6,1) B a			
PA ₃₀	80,8 (3,6) C a	85,7 (2,9) C a	74,6 (7,93) B a	79,2 (4,0) C a			
PI_{max} (cmH₂O)					0,90	<,001	0,29
Basal	91,7(11,2) A a	88,8 (8,9) AB a	89,5 (8,5) A a	87,1 (4,4) A a			
PO ₆	62,8 (8,6) B a	68,2 (11,1) A a	68,0 (6,7) B a	65,7 (7,3) B a			
PA ₃₀	87,5 (8,6) A a	92,4 (10,8) B a	85,3 (9,3) A a	76,0 (5,9) AB a			
PE_{max} (cmH₂O)					0,68	<,001	0,02
Basal	124,9 (14,0) A a	105,2 (12,8) A a	123,0 (13,9) A a	114,4 (11,3) A a			
PO ₆	89,2 (10,7) B a	83,6 (14,4) B a	100,1 (13,2) B a	92,3 (12,2) B a			
PA ₃₀	121,8 (11,1) A a	113,5 (9,5) A a	115,3 (10,6) AB a	98,8 (12,6) AB a			

Basal: pré-operatório; PO₆: 6 dias pós-operatório; PA₃₀: 30 dias pós alta hospitalar; TC6: teste de caminhada de 6 minutos; CV_{max}: capacidade vital máxima; CVF: capacidade vital forçada; VEF1: volume expiratório forçado 1 seg; PFE: pico de fluxo expiratório; FEF 50: 50% do fluxo expiratório forçado; CV in: capacidade vital inspirada; PI_{max}: pressão inspiratória máxima; PE_{max}: pressão expiratória máxima. P(G): significância entre os grupos; P(T): significância entre os diferentes tempos; T(G*T): significância da interação grupo e tempo. Letras maiúsculas: diferença nos grupos em relação ao tempo; Letras minúsculas: diferença entre os grupos em cada tempo.

Tabela 3: Medidas de desempenho no TCPE em torno de 30 dias após alta hospitalar:

	G1	G2	G3	G4	P
VO₂ pico , mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹	21,4 (3,1) a	21,4 (2,8) a	17,7 (3,2) b	17,3 (3,2) b	0,005
VE pico , L/min	74,6 (19,0) a	67,9 (14,2) a	55,8 (17,2) a	65,5 (18,7) a	0,130
VE/VO₂ , L/min mL/min	43,5 (7,4) a	44,3 (8,1) a	38,8 (10,6) a	46,3 (10,7) a	0,349
VE/VCO₂ slope , L /min ml/min	33,7 (5,6) a	39,2 (7,6) a	38,5 (9,4) a	41,3 (9,7) a	0,239
VCO₂ pico ,	27,8 (4,1) a	26,4 (4,3) a	20,5 (4,2) b	20,7 (3,7) b	0,001
R pico ,	1,3 (0,1) a	1,2 (0,1) ab	1,2 (0,1) b	1,2 (0,1) b	0,008
VO₂/ FC	13 (3) a	11 (3) a	10 (2,33) a	9,4 (2,6) a	0,053
FC pico , bpm	129 (11) a	136 (21) a	129 (20) a	137 (20) a	0,627
PAS pico , mmHg	168 (22) a	176 (14) a	176 (15) a	163 (25) a	0,370
PAD pico , mmHg	74 (7) a	78 (6) a	74 (8) a	74 (9) a	0,583

Letras minúsculas: diferença entre os grupos. VO₂: consumo de oxigênio; VE: ventilação minuto; VE/VO₂: equivalente ventilatório de oxigênio; VE/VCO₂: equivalente ventilatório de dióxido de carbono; VE/VCO₂ slope: ventilação minuto/produção de dióxido de carbono; VCO₂: produção de dióxido de carbono; R: quociente respiratório; VO₂/FC: pulso de oxigênio; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica.

Figura 1: Fluxograma

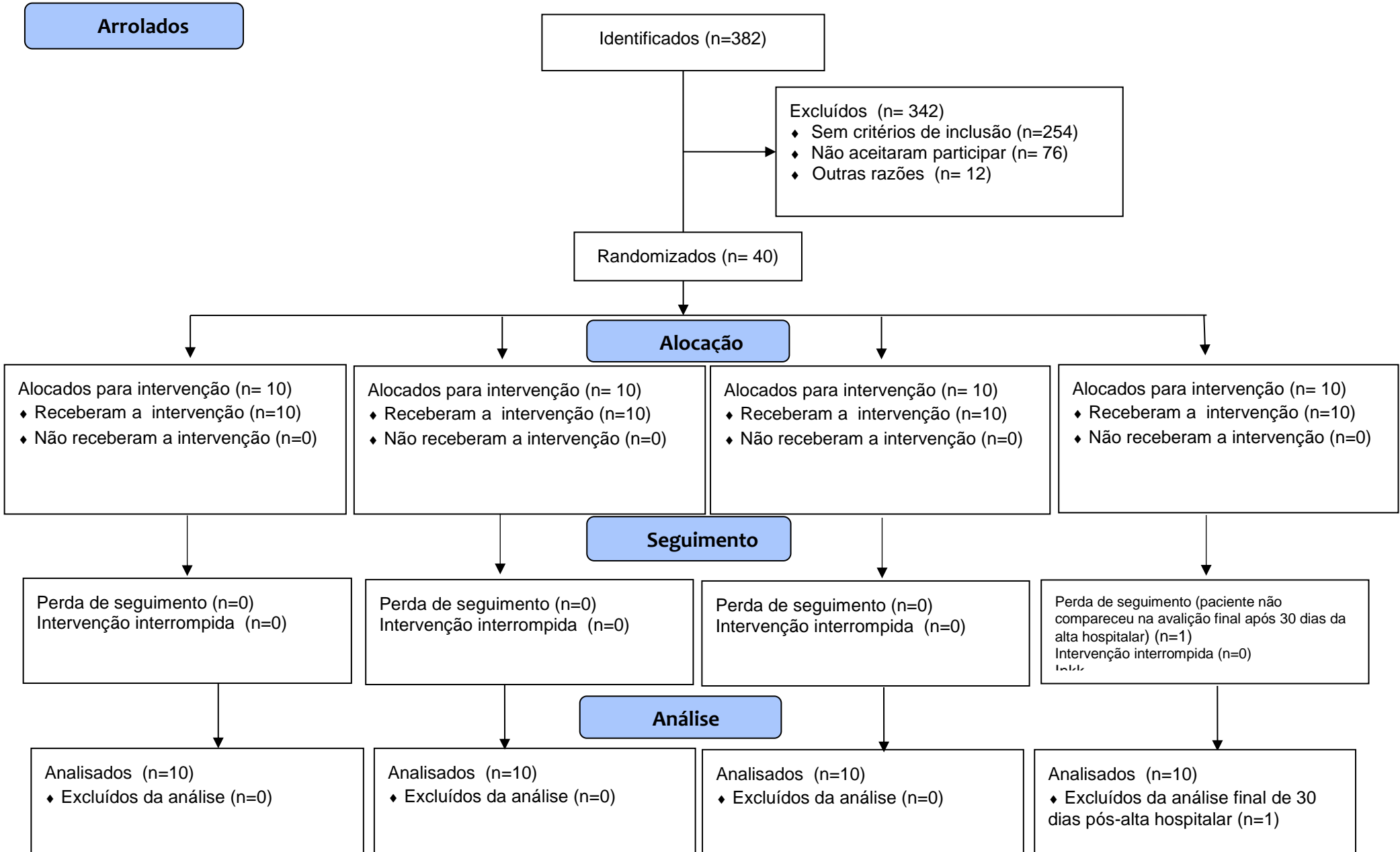


Figura 2: Desempenho Teste de Caminhada 6 minutos.

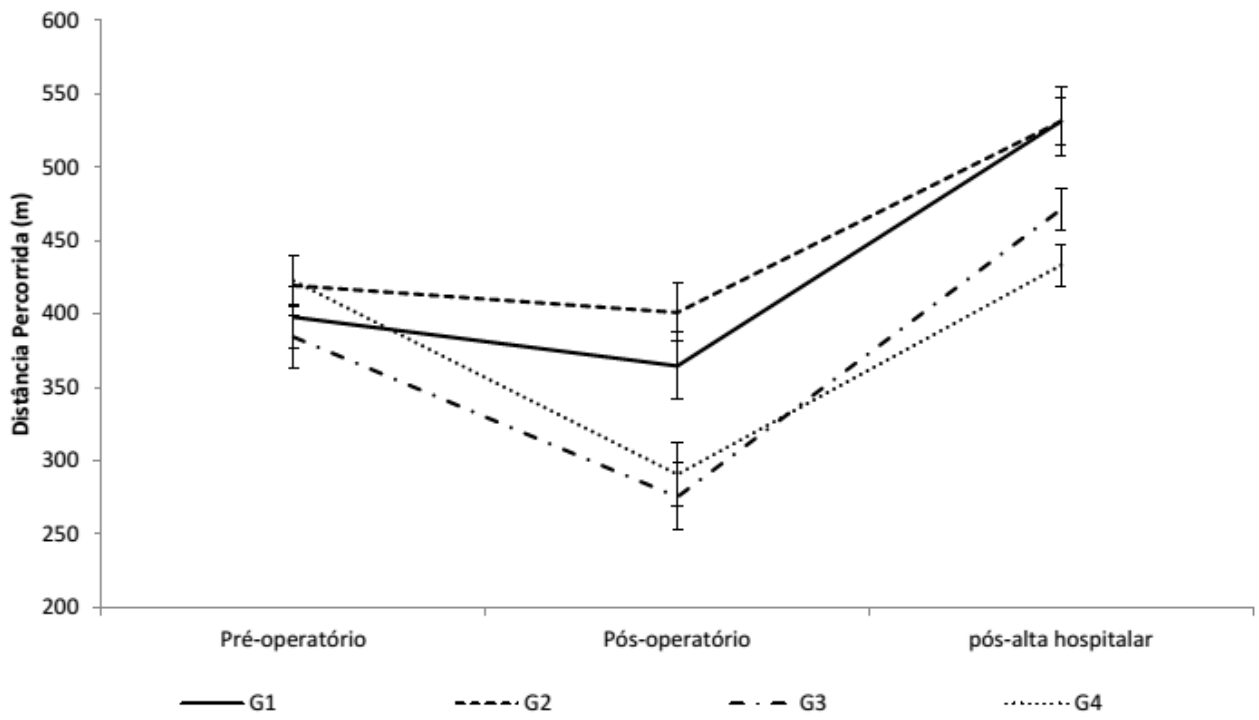
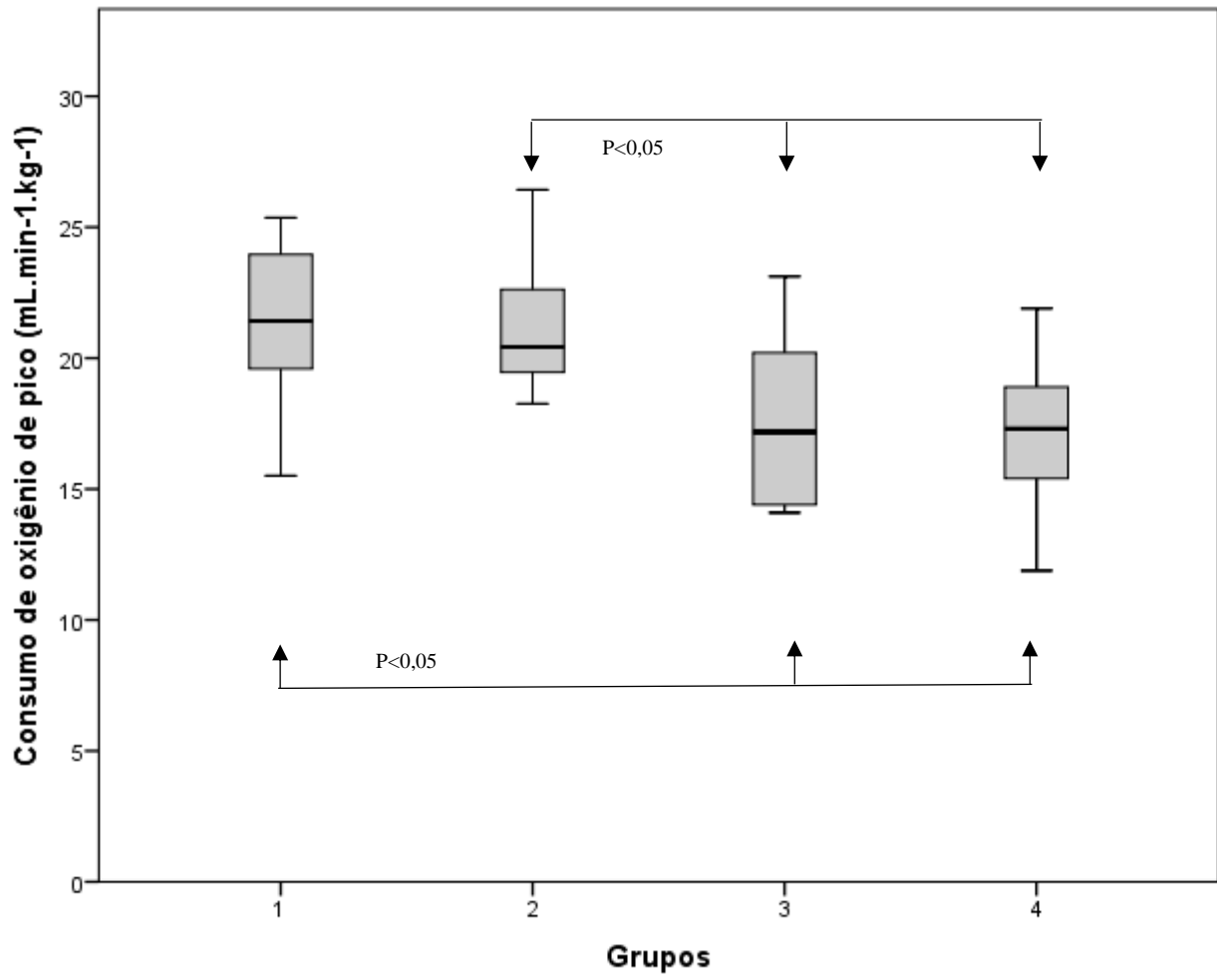


Figura 3: Consumo de Oxigênio de pico após 30 dias da alta hospitalar:



6. Artigo (versão inglês)

Effects of different physical therapy protocols in phase-1 cardiac rehabilitation after coronary artery bypass graft surgery: a randomized clinical trial

Abstract:

Introduction: Patients undergoing coronary artery bypass graft (CABG) surgery typically experience loss of cardiopulmonary capacity in the postoperative period.

Objective: To evaluate the effects of different physical therapy protocols used in phase-1 cardiac rehabilitation (P1CR) on functional capacity and pulmonary function in patients status post CABG.

Methods: This was a single-blind randomized controlled trial. Functional capacity, lung capacity, and respiratory muscle function were assessed in patients scheduled to undergo CABG. After surgery, patients were randomly assigned across four P1CR groups: G1, inspiratory muscle training (IMT), active upper-limb and lower-limb exercise training, and early ambulation; G2, same protocol as G1 without IMT; G3, IMT alone; and G4, control. All groups received chest physical therapy (CPT) and expiratory positive airway pressure (EPAP). Patients were reassessed on postoperative day 6 and post-discharge day 30 (including cardiopulmonary exercise testing).

Results: Forty patients were included (n=10/group). The 6-minute walk distance on postoperative day 6 was as follows: G1, 365±23; G2, 401±20; G3, 275±23; G4, 291±22. On post-discharge day 30: G1, 531±23; G2, 531±16; G3, 471±14; G4, 433±14 m (P<0.001). Peak oxygen uptake on day 40: G1, 21.4±3.1; G2, 21.4±2.8; G3, 17.6±3.2; G4, 17.3±3.2 mL.kg⁻¹.min⁻¹ (P=0.005). All achieved similar recovery of lung function at these time points.

Conclusion: Protocols G1 and G2 were more effective at improving functional capacity before hospital discharge and at 30 days post-discharge. However, CPT and EPAP appear to be sufficient to restore pulmonary function in this phase.

Clinical Trials ID: NCT01410253

Keywords: rehabilitation; functional capacity; exercise, lung capacity.

Introduction

Reductions in respiratory muscle strength^{1,2}, oxygenation³, and pulmonary function^{1,4,5} are commonly observed in the postoperative period of on-pump coronary artery bypass graft (CABG) surgery. A marked reduction in functional capacity also occurs. Within this context, phase-1 cardiac rehabilitation (P1CR) consists of a variety of physical therapy techniques meant to assist in earlier recovery of function and reduce the incidence of complications⁶⁻⁸.

In hospital, chest physical therapy (CPT) is provided after CABG surgery, and traditionally includes early mobilization and various respiratory maneuvers. In recent years, however, kinesiotherapy has been combined with respiratory exercises in increasingly systematic fashion. Techniques such as early ambulation and active upper-limb and lower-limb exercise have been implemented as supplemental strategies in rehabilitation programs^{9,10}.

However, major knowledge gaps persist regarding P1CR. In three systematic reviews of this topic¹¹⁻¹³, very few randomized clinical trials (RCTs) were included in final analysis. In addition, results were inconsistent, and no actual evidence of the benefits of specific physical therapy techniques, whether alone or in combination, was provided.

To date, there is limited scientific evidence regarding improvement in functional capacity and other cardiopulmonary parameters; which rehabilitation protocols might be most effective for patients status post CABG remains unknown. Therefore, we sought to evaluate the effects of different P1CR protocols on functional capacity, respiratory muscle strength, and pulmonary function in patients with coronary heart disease who underwent CABG at a university hospital in Southern Brazil.

Method

Study Design

This was a single-blind, single-center RCT of patients undergoing CABG surgery.

Participants

Patients were recruited systematically from the elective CABG schedule of a university hospital in Southern Brazil. The sample consisted of adults aged 18–70 years who agreed to participate and provided written informed consent.

The exclusion criteria were: chronic renal failure (creatinine clearance < 60 mL/min), unstable angina, patients symptomatic at rest or with minimal exertion, intermittent claudication, moderate and severe valve dysfunction, severe cardiac arrhythmias, history of stroke, and motor disabilities that would preclude participation in the study interventions. Patients with chronic obstructive pulmonary disease who exhibited a > 70% reduction in forced vital capacity (FVC) or forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) on preoperative spirometry were not randomized.

Intervention

After inclusion, patients were evaluated on the day before surgery (baseline) by blinded examiners. CABG was then performed, and patients were randomly allocated to one of the four study groups:

Group 1 (G1): Active upper-limb and lower-limb exercise training, early ambulation, and inspiratory muscle training (IMT);

Group 2 (G2): Active upper-limb and lower-limb exercise training, progressive early ambulation;

Group 3 (G3): IMT alone;

Group 4 (G4): Control.

All patients in all groups received conventional CPT, which consisted of bronchial hygiene therapy, deep breathing, and expiratory positive airway pressure (EPAP) provided through an EPAP device. All exercises were planned progressively, respecting the principles of specificity, overload, and individuality. Annex 1 contains additional detail on the rehabilitation protocols used in the study.

In all groups, the respective protocol was started on the day after CABG surgery, once patients had been weaned off invasive mechanical ventilation. Patients were seen twice a day, by the same physical therapist, for at least 6 days. At the end of the P1CR program, on postoperative days 6 or 7, patients underwent assessment of respiratory muscle strength, pulmonary function, and functional capacity. On day 30 after discharge, participants returned to the

hospital as outpatients, completed a cardiopulmonary exercise test (CPET), and repeated all tests performed at discharge.

Outcomes

The primary outcome was functional capacity, as measured by the 6-minute walk distance (6MWD) and by peak oxygen uptake (VO_{2peak}) on CPET. The secondary outcomes were all other CPET variables, lung capacity parameters as measured by spirometry, and respiratory muscle function as assessed by respiratory muscle strength testing.

Measurements and Instruments

The 6-minute walk test (6MWT) was carried out in a 30 m long corridor, marked every 3 m, with standard verbal encouragement. Patients wore a Polar S810i heart rate monitor (Polar, Finland) and sphygmomanometer for measurement of heart rate and blood pressure before and after the test, respectively. The Borg Rating of Perceived Exertion Scale was also administered¹⁴. Every 2 minutes throughout the test, patients were asked to rate their perceived exertion and feeling of breathlessness. The test was stopped in case of dizziness, palpitations, incapacitating pain in the donor leg (in patients who underwent saphenous vein grafting), paresthesia or paresis, or any significant change in vital signs.

Pulmonary function tests were performed at rest using a computer-based spirometry system (Eric Jaeger GmbH, Würzburg, Germany), in accordance with European Respiratory Society standards¹⁵. FVC, FEV₁, maximal vital capacity (VC), peak expiratory flow (PEF), and forced expiratory flow at 50% of the FVC (FEF₅₀) were compared to reference values established by the Brazilian Consensus on Spirometry¹⁶.

Measurement of respiratory muscle strength was based on the American Thoracic Society protocol¹⁷. Inspiratory and expiratory muscle strength were evaluated using a measurement circuit composed of a MVD-300 pressure transducer (Microhard System, Globalmed, Porto Alegre, Brazil) with ± 300 cmH₂O capacity. The circuit was connected to a two-valve system (DHD Inspiratory Muscle Trainer, Chicago, IL, USA) with mouthpiece. A 2-mm hole in the system was used to permit an air leak and prevent glottis closure, thus

avoiding development of pressure by the facial muscles. Approximately six measurements were obtained, at 1-minute intervals. The highest value of each parameter was considered for analysis, in the absence of a > 10% difference between the two highest values¹⁸. Absolute values were used for analysis of maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP).

Functional capacity was assessed by means of CPET with exhaled breath analysis, carried out on a treadmill (Inbramed KT 10200, Inbramed, Porto Alegre, Brazil; speed 0-16 km/h [0-10 mph], grade 0%-26%). A ramp protocol was used, starting at 2.0 km/h and 0% grade. Every 10 seconds thereafter, speed and grade were increased in 0.1-0.15 km/h and 0.1%-0.2% increments respectively. The objective was to induce fatigue within 8-12 minutes (mean time to fatigue, 10 minutes). Throughout the test, heart rate was monitored via 12-lead ECG (Nihon Kohden Corporation, Tokyo, Japan), using the Mason-Likar electrode placement method¹⁹. Blood pressure was measured with a sphygmomanometer every 3 minutes during CPET and additionally at the physician's discretion. Exhaled breath gas analysis was performed on a breath-by-breath basis using a Cortex Metalyzer 3B system (Cortex Medical, Leipzig, Germany). All tests were performed by the same cardiologist, who was certified by the Brazilian Society of Cardiology Department of Ergometry, Exercise, and Cardiovascular Rehabilitation and blinded to group allocation.

Randomization and Sample Size Calculation

The randomization sequence was generated in PASW Statistics, Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) by an investigator not otherwise involved in the study, using a table of random numbers uniformly distributed and divided into four groups. After sequence generation, values were placed into sequentially numbered, sealed, opaque envelopes.

These envelopes were given to an investigator who was not involved in data collection or patient allocation, and whose sole task was patient randomization after the CABG procedure. The only person aware of the group allocation of each patient was the physical therapist in charge of administering the corresponding study protocol to the patient. All outcome assessors remained blinded to intervention group allocation.

On the basis of prior experiments^{20,21}, the sample size was calculated as 7 subjects per group (n=28 overall), for a significance level of 5%, a statistical power of 80%, and a difference in 6MWD of at least 60 m between groups. Anticipating an attrition rate of 20% and in an attempt to optimize analysis of results, we chose to enroll 10 participants per group, for a total sample size of n=40.

Statistical Analysis

All collected data were analyzed in in PASW Statistics, Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, USA). Categorical variables were expressed as absolute and relative frequencies. Normally distributed continuous variables were expressed as mean and standard deviation, and asymmetrically distributed variables, as median and interquartile range (IQR).

Comparison of baseline data across groups was carried out via analysis of variance (ANOVA) for normally distributed quantitative variables or the Kruskal–Wallis test for asymmetrically distributed variables. Throughout data collection, comparative analysis of CPET measured outcomes across groups was done by repeated-measures ANOVA or the Kruskal–Wallis test as appropriate, depending on data distribution, followed by the Tukey-Kramer multiple comparisons test. All other outcomes evaluated by more than one repeated measure over time were analyzed in a generalized estimating equations (GEE) model. Analyses of outcomes such as the 6MWD were corrected for age, while MIP and MEP were corrected for both age and sex. The significance level was set at $P < 0.05$.

Results

Of the 40 patients randomized, 10 were allocated to each of the four study groups. A flow diagram of participant inclusion, allocation, and follow-up, in accordance with the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) guidelines, is provided in Figure 1. There was one loss to follow-up in the control group, at the last assessment time point.

Descriptive statistics and frequency distributions for clinical, demographic, and anthropometric parameters of all participants who received the study interventions are listed in Table 1. All groups were homogeneous in terms of age,

and most patients were male. Furthermore, most patients were smokers with hypertension and a sedentary lifestyle. All baseline characteristics were similar across all groups. Table 1 also provides preoperative and postoperative data for the study sample. Most patients were in Canadian Cardiovascular Society Angina (CCSA) classes II or III and New York Heart Association (NYHA) functional classes II or III. The mean number of grafts in all groups was three. Mean length of ICU stay was longer in the control group than in the other groups. No such difference was observed for overall length of hospital stay, which was similar across all four groups (Table 1).

Table 2 presents the primary and secondary outcomes of interest, stratified by group. Analysis of mean 6MWD shows that the greatest impairment in functional capacity from baseline in the immediate postoperative period was seen in groups 3 and 4 as compared to groups 1 and 2. On analysis of this variable in the late postoperative period (30 days after hospital discharge), patients in group 4 (control) were found to have experienced the least recovery. However, despite a lower functional capacity than patients in other groups, within group comparison showed that control-group participants were able to achieve 6MWD values similar to their preoperative baseline. In turn, all other groups experienced a significant improvement in functional capacity from baseline, as measured by the 6MWT. The progression of 6MWD in the four study groups at the three time points of assessment is illustrated in Figure 2.

Table 2 also shows lung capacity outcome measures. All behaved similarly across groups throughout the follow-up period, with no between-group differences in any measure. However, all groups exhibited a significant decline from baseline in lung capacity measures in the immediate postoperative period. In the late postoperative period (day 30 after hospital discharge), only group 3 failed to show significant recovery in relation to the immediate postoperative period (day 6 post-CABG).

Like pulmonary function measures, respiratory muscle function parameters did not differ across groups. On analysis of MIP, only group 2 did not exhibit any significant decline in performance in the immediate postoperative period. However, 30 days after hospital discharge, values in all groups were similar to baseline levels. Regarding MEP, all groups exhibited significant loss of

expiratory muscle function in the immediate postoperative period, and all had returned to baseline levels in the late postoperative period.

Table 3 shows the main measurements obtained through CPET. Notably, both group 1 and group 2 exhibited significantly higher VO_2 peak values than groups 3 and 4. These results are shown in Figure 3.

Discussion

The main finding of this RCT is that groups which received protocols combining active physical exercise and early ambulation experienced a more effective recovery of functional capacity, both before hospital discharge (early postoperative recovery) and at 30 days after discharge. When implemented as part of a structured P1CR program, such physical therapy strategies can serve as the cornerstone for resumption of the activities of daily living by post-CABG patients.

For many years, protocols used in clinical studies of in-hospital rehabilitation after cardiac surgery were based predominantly on respiratory therapy techniques^{11–13}. Evidence shows that the combination of active upper-limb or lower-limb exercise and early ambulation can provide benefits beyond prevention of thromboembolism or of range-of-motion limitation²¹.

In 2008, Hirschhorn et al.¹⁰ conducted an RCT of the effects of intervention on functional capacity. In this experiment, the authors assessed moderate-intensity exercise (structured walking) programs, combined or not with respiratory exercises, and found improvements in functional capacity as measured by 6MWD at discharge. However, at 30 days after discharge, there was no significant difference between groups. This finding differs from that of the present study at 30 days post-discharge, in which patients who received conventional CPT alone (control group) performed poorly as compared to the other groups which received active exercise and early ambulation.

On the other hand, two other RCTs^{22,23} that also employed P1CR protocols of progressive walking plus active exercise, with usual care as a comparator, corroborate our findings. In these studies, patients exhibited improvement in functional capacity both before discharge (as assessed by the 6MWD) and on day 30 after discharge (as assessed by CPET). Stein et al.²³ found that, 30 days after discharge, VO_2 peak was higher in the intervention group (CPT with EPAP

plus active upper limb and lower limb exercise plus ambulation) than in the usual care control group (no physical therapy). In this study, the authors postulated that physiological adaptations induced by exercise might relieve pain in the saphenous vein donor limb and thus facilitate improved performance on functional tests²³. Furthermore, the superior performance of such rehabilitation protocols may also be attributed to optimization of oxygen transport secondary to increased ventilation and improved ventilation/perfusion ratio. In this context, ambulation would serve as a gravitational stimulus capable of restoring the normal distribution of extravascular fluid, thus mitigating the effects of immobility.²¹ It is entirely plausible that a combination of such effects would have a positive impact on functional capacity.

Impaired lung function is an ubiquitous occurrence after CABG surgery, and, throughout the present study, outcome measures of lung capacity and flow did not differ across groups. All groups derived benefit from the physical therapy protocols administered during the intervention, including the control group, which also exhibited recovery of lung capacity at 30 days post-discharge. Therefore, it is important to note that all patients, even controls, received CPT consisting of respiratory exercises and use of an EPAP machine. According to Borghi et al.²⁴, the combination of positive pressure and physical therapy interventions was more effective than physical therapy alone at minimizing lung flow and volume alterations. Optimized thoracoabdominal motion mechanics and, consequently, increased respiratory movement amplitude facilitate pulmonary reexpansion and improvement of pulmonary function parameters²¹.

Unlike the present study, some investigations^{8,23} have found between-group differences in pulmonary variables during postoperative follow-up. However, in these studies, controls did not receive progressive, supervised CPT and exhibited marked declines in performance in the immediate postoperative period, as well as a more protracted recovery, differing even from the control group of the present study. Haeffener et al.²⁵, who compared usual care to EPAP with incentive spirometer use, also failed to find between group differences in pulmonary function in the postoperative period. Corroborating our findings, the authors also identified a decline in performance in the immediate postoperative period with recovery at 30 day follow-up, likely due to reduced alveolar

recruitment and pulmonary reexpansion in the immediate postoperative period followed by recovery due to the study intervention.

Respiratory muscle performance is also impaired after CABG surgery, in a multifactorial phenomenon. In this sample, the variables MIP and MEP were reduced on postoperative day 6 but had recovered substantially (to preoperative baseline levels) at 30 days after hospital discharge. In this scenario, use of the Threshold® IMT trainer, which was used in only two groups, did not appear to influence variability in MIP values in these groups as compared to the groups which did not use the device. Notably, other studies^{23,25,26} which did not employ this device in their P1CR protocols reported results similar to ours for respiratory pressure variables measured at similar time points. Reversal of loss of respiratory muscle performance may be at least partly attributable to an additional effect of EPAP²⁴. MIP has also been associated with VO₂ peak in the literature²³; however, our findings do not suggest that the increase observed in VO₂ peak could be attributed to IMT.

Length of ICU stay and overall length of hospital stay have been reported in two prior studies of P1CR^{22,25}. Both of these studies reported differences in overall length of hospital stay in the standard of care group vs. P1CR group. On the other hand, length of ICU stay did not differ between groups. In our study, overall length of hospital stay was similar in all four rehabilitation groups, whereas ICU stay was longer in the control group.

The clinical relevance of our findings lies in the identification of which post-CABG physical therapy protocols can provide a significant increase in functional capacity and, thus, aid in the early recovery of patients whose autonomy for physical activities is greatly limited. This gives patients greater potential to resume their activities of daily living as soon as they are discharged from hospital. Both the present experiment and data from previously published studies^{10,22,23} strengthen the evidence base for optimized management of this patient population by rehabilitation teams, which should include active exercise as part of routine P1CR in the postoperative period of patients with ischemic heart disease.

Limitations

The protocols used in this study were developed for rehabilitation of patients status post CABG. Extension of these protocols to other modalities of heart surgery (e.g., transplantation) may require adaptations. Therefore, studies should be conducted to evaluate their effects in each type of surgery.

In our study, pulmonary function parameters were assessed as secondary outcomes. Larger studies designed to consider these parameters as primary outcomes are warranted.

As subjects with a left ventricular ejection fraction < 50% were excluded from our sample, we do not know whether our findings would be reproduced in such patients.

Finally, even though our sample size exceeded the recommended number of subjects, we are aware that this was an efficacy study, in which a single group of highly dedicated investigators followed the included patients over the course of the experiment.

Conclusion

Protocols combining early implementation of active upper limb and lower limb exercise with progressive ambulation were associated with superior recovery of functional capacity in patients who underwent CABG surgery. Such strategies are effective and can be implemented within the context of phase-1 cardiac rehabilitation.

References:

1. Johnson D, Hurst T, Thomson D, Mycyk T, Burbridge B, To T, et al. Respiratory function after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1996;10(5):571–7.
2. Schuller D, Morrow LE. Pulmonary complications after coronary revascularization. *Curr Opin Cardiol*. 2000;15(5):309–15.
3. Barbosa RA, Carmona MJ. [Evaluation of pulmonary function in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.]. *Rev Bras Anesthesiol*. 2002;52(6):689–99.
4. Westerdahl E, Lindmark B, Bryngelsson I, Tenling A. Pulmonary function 4 months after coronary artery bypass graft surgery. *Respir Med*. 2003 Apr;97(4):317–22.
5. Kristjánsdóttir A, Ragnarsdóttir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Respiratory movements are altered three months and one year following cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J* SCJ. 2004 May;38(2):98–103.
6. Oikkonen M, Karjalainen K, Kähärä V, Kuosa R, Schavikin L. Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest*. 1991;99(1):60–5.
7. Richter Larsen K, Ingwersen U, Thode S, Jakobsen S. Mask physiotherapy in patients after heart surgery: a controlled study. *Intensive Care Med*. 1995 Jun;21(6):469–74.
8. Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson T, Friberg O, Hedenstierna G, Tenling A. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2005 Nov;128(5):3482–8.
9. Van der Peijl ID, Vliet Vlieland TPM, Versteegh MIM, Lok JJ, Munneke M, Dion RAE. Exercise therapy after coronary artery bypass graft surgery: a randomized comparison of a high and low frequency exercise therapy program. *Ann Thorac Surg*. 2004 May;77(5):1535–41.
10. Hirschhorn AD, Richards D, Mungovan SF, Morris NR, Adams L. Supervised moderate intensity exercise improves distance walked at hospital discharge following coronary artery bypass graft surgery--a randomised controlled trial. *Heart Lung Circ*. 2008 Apr;17(2):129–38.
11. Pasquina P, Tramèr MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ*. 2003 Dec 13;327(7428):1379.
12. Renault JA, Costa-Val R, Rossetti MB. Respiratory physiotherapy in the pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc Órgão Of Soc Bras Cir Cardiovasc*. 2008 Dec;23(4):562–9.

13. Cavenaghi S, Ferreira LL, Marino LHC, Lamari NM. Respiratory physiotherapy in the pre and postoperative myocardial revascularization surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc Órgão Of Soc Bras Cir Cardiovasc*. 2011 Sep;26(3):455–61.
14. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377–81.
15. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J Suppl*. 1993 Mar;16:5–40.
16. Pereira, editor. I Consenso Brasileiro de Espirometria. Publicação oficial da Sociedade de Brasileira e de Pneumologia e Tisiologia. *J Bras Pneumol*. 1996;22(3).
17. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002 Aug 15;166(4):518–624.
18. Nava S, Ambrosino N, Crotti P, Fracchia C, Rampulla C. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax*. 1993 Jul;48(7):702–7.
19. Mason RE, Likar I. A new system of multiple-lead exercise electrocardiography. *Am Heart J*. 1966 Feb;71(2):196–205.
20. Weiner P, Zeidan F, Zamir D, Pelled B, Waizman J, Beckerman M, et al. Prophylactic inspiratory muscle training in patients undergoing coronary artery bypass graft. *World J Surg*. 1998;22(5):427–31.
21. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest*. 2000 Dec;118(6):1801–13.
22. Herdy AH, Marcchi PLB, Vila A, Tavares C, Collaço J, Niebauer J, et al. Pre- and postoperative cardiopulmonary rehabilitation in hospitalized patients undergoing coronary artery bypass surgery: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil Assoc Acad Physiatr*. 2008 Sep;87(9):714–9.
23. Stein R, Maia CP, Silveira AD, Chiappa GR, Myers J, Ribeiro JP. Inspiratory muscle strength as a determinant of functional capacity early after coronary artery bypass graft surgery. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(10):1685–91.
24. Borghi-Silva A, Mendes RG, Costa F. S, Di Lorenzo VA, Oliveira CR, Luzzi S. The influences of positive end expiratory pressure (PEEP) associated with physiotherapy intervention in phase I cardiac rehabilitation. *Clin Sao Paulo*. 2005;60(6):465–72.
25. Haeffener MP, Ferreira GM, Barreto SSM, Arena R, Dall'Ago P. Incentive spirometry with expiratory positive airway pressure reduces pulmonary

complications, improves pulmonary function and 6-minute walk distance in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Am Heart J.* 2008 Nov;156(5):900.e1–900.e8.

26. Moreno AM, Castro RRT, Sorares PPS, Sant' Anna M, Cravo SL d, Nóbrega ACL. Longitudinal evaluation the pulmonary function of the pre and postoperative periods in the coronary artery bypass graft surgery of patients treated with a physiotherapy protocol. *J Cardiothorac Surg.* 2011;6:62.

Table 1: Sample profile and preoperative, intraoperative, and postoperative data.

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Anthropometric measurements				
Age (years) M(SD)	58 (5)	56 (7)	59 (8)	61 (5)
BMI (kg/m ²) M(SD)	28 (2.9)	26 (3.8)	28 (3.7)	28 (4.2)
Male, n (%)	9 (90)	7 (70)	6 (60)	7 (70)
Risk factors, n (%)				
Sedentary lifestyle	7 (70)	8 (80)	7 (70)	9 (90)
Tobacco smoking	8 (80)	9 (90)	7 (70)	7 (70)
Diabetes	3 (30)	7 (70)	6 (60)	3 (30)
HTN	8 (80)	8 (80)	9 (90)	7 (70)
Preoperative data				
Creatinine (mg/dL) M(SD)	0.98 (0.19)	0.99 (0.25)	1.1 (0.4)	0.95 (0.34)
Angina class, n (%)				
I	2 (20)	0 (0)	1 (10)	3 (30)
II	4 (40)	9 (90)	6 (60)	4 (40)
III	4 (40)	1 (10)	3 (30)	3 (30)
NYHA class, n (%)				
Class 1	2 (20)	1 (10)	1 (10)	0 (0)
Class 2	4 (40)	7 (70)	7 (70)	5 (50)
Class 3	4 (40)	2 (20)	2 (20)	5 (50)
ASA class, n (%)				
II	1 (10)	3 (30)	3 (30)	3 (30)
III	8 (80)	5 (50)	6 (60)	4 (40)
IV	1 (10)	2 (20)	1 (10)	3 (30)
Intraoperative data				
Operative time (min) M(SD)	180 (33)	158 (27)	167 (42)	174 (51)
Ischemic time (min) M(SD)	39 (13)	33 (10)	40 (17)	44 (16)
On-pump time (min) M(SD)	56 (17)	50 (14)	60 (24)	67 (24)
Grafts M(SD)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.8)	3 (0.5)
Postoperative data				
IMV time (h) M(SD)	8 (3.3)	9 (5.9)	11 (5.9)	11 (3.9)
Length of ICU stay (days) M(SD)	3 (0.5)	3 (0.3)	3 (0.5)	4 (0.9)*
Length of hospital stay (days) M(SD)	7 (0.7)	6 (0.8)	7 (0.6)	8 (3)
Atrial fibrillation, n (%)	2 (20)	1 (10)	2 (20)	3 (30)

BMI, body mass index; HTN, arterial hypertension; NYHA, New York Heart Association; AMI, acute myocardial infarction; ASA, American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification System; IMV, invasive mechanical ventilation; ICU, intensive care unit. *P<0.05.

Table 2: Measures of functional capacity (6MWD) and lung capacity.

	G1	G2	G3	G4	P (G)	P (T)	P (G×T)
6MWD (m)					<.001	<.001	<.001
Baseline	398 (21) A a	419 (20) A a	384 (22) A a	423 (17) A a			
PO ₆	365 (23) A ac	401 (20) A a	275 (23) B b	291 (22) B bc			
PD ₃₀	531 (23) B bc	531 (16) B c	471 (14) C ab	433 (14) A a			
VC (%)					0.77	<.001	0.32
Baseline	93.5 (4.0) A a	97.4 (3.7) A a	99.0 (5.6) A a	103.0 (2.9) A a			
PO ₆	68.4 (3.6) B a	70.9 (3.3) B a	76.8 (5.7) B a	65.1 (5.4) B a			
PD ₃₀	84.6 (3.8) C a	88.3 (2.8) C a	87.1 (4.7) B a	86.5 (4.9) C a			
FVC (%)					0.85	<.001	0.18
Baseline	90.4 (3.7) A a	94.8 (3.3) A a	96.8 (5.0) A a	100.4 (3.6) A a			
PO ₆	65.8 (3.6) B a	67.6 (2.6) B a	73.2 (5.2) B a	61.8 (5.6) B a			
PD ₃₀	82.6 (4.0) C a	83.5 (2.7) C a	82.6 (4.5) B a	85.3 (4.6) C a			
FEV₁ (%)					0.99	<.001	0.055
Baseline	91.3 (2.9) A a	94.7 (3.2) A a	93.5 (5.1) A a	97.7 (3.7) A a			
PO ₆	67.0 (3.1) B a	65.0 (2.6) B a	68.9 (5.0) B a	59.3 (5.9) B a			
PD ₃₀	82.1 (4.4) C a	80.8 (3.2) C a	75.9 (4.1) B a	80.7 (4.5) C a			
PEF (%)					0.48	<.001	0.33
Baseline	109.0 (6.3) A a	100.4 (7.7) A a	110.3 (5.1) A a	106.0 (4.7) A a			
PO ₆	85.7 (5.9) B a	77.6 (5.5) B a	91.2 (6.5) B a	78.7 (7.0) B a			
PD ₃₀	103.5 (3.2) A a	99.5 (5.4) A a	98.5 (4.1) B a	93.1 (6.9) A a			
FEF₅₀ (%)					0.08	<.001	0.16
Baseline	99.3 (8.5) A a	100.4 (11.0) A a	77.0 (5.9) A a	93.7 (7.2) A a			
PO ₆	73.2 (5.5) B a	58.2 (7.1) B a	52.5 (6.0) B a	48.8 (8.5) B a			
PD ₃₀	85.4 (8.2) B a	69.9 (5.8) B a	58.6 (8.0) B a	75.7 (8.0) A a			
IVC (%)					0.82	<.001	0.24
Baseline	90.7 (3.8) A a	93.1 (3.0) A a	97.7 (5.83) A a	96.3 (3.9) A a			
PO ₆	65.0 (3.3) B a	67.5 (3.5) B a	72.5 (5.81) B a	60.9 (6.1) B a			
PD ₃₀	80.8 (3.6) C a	85.7 (2.9) C a	74.6 (7.93) B a	79.2 (4.0) C a			
MIP (cmH₂O)					0.90	<.001	0.29
Baseline	91.7 (11.2) A a	88.8 (8.9) AB a	89.5 (8.5) A a	87.1 (4.4) A a			
PO ₆	62.8 (8.6) B a	68.2 (11.1) A a	68.0 (6.7) B a	65.7 (7.3) B a			
PD ₃₀	87.5 (8.6) A a	92.4 (10.8) B a	85.3 (9.3) A a	76.0 (5.9) AB a			
MEP (cmH₂O)					0.68	<.001	0.02
Baseline	124.9 (14.0) A a	105.2 (12.8) A a	123.0 (13.9) A a	114.4 (11.3) A a			
PO ₆	89.2 (10.7) B a	83.6 (14.4) B a	100.1 (13.2) B a	92.3 (12.2) B a			
PD ₃₀	121.8 (11.1) A a	113.5 (9.5) A a	115.3 (10.6) AB a	98.8 (12.6) AB a			

Baseline, preoperative; PO₆, postoperative day 6; PD₃₀, post-discharge day 30; 6MWD, 6-minute walk distance; VC, maximum vital capacity; FVC, forced vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second; PEF, peak expiratory flow; FEF₅₀, 50% of forced expiratory flow; IVC, inspiratory vital capacity; MIP, maximal inspiratory pressure; MEP, maximal expiratory pressure. P (G), significance between groups; P (T), significance between time points; P (G × T), significance of group × time interaction. Uppercase letters denote differences in groups across time points; lowercase letters denote differences across groups at each time point.

Table 3: Performance measures at 30 days post discharge (CPET).

	G1	G2	G3	G4	P
VO₂ peak, mL.kg⁻¹.min⁻¹	21.4 (3.1) a	21.4 (2.8) a	17.7 (3.2) b	17.3 (3.2) b	0.005
VE peak, L/min	74.6 (19.0) a	67.9 (14.2) a	55.8 (17.2) a	65.5 (18.7) a	0.130
VE/VO₂, L/min mL/min	43.5 (7.4) a	44.3 (8.1) a	38.8 (10.6) a	46.3 (10.7) a	0.349
VE/VCO₂ slope, L /min ml/min	33.7 (5.6) a	39.2 (7.6) a	38.5 (9.4) a	41.3 (9.7) a	0.239
VCO₂ peak,	27.8 (4.1) a	26.4 (4.3) a	20.5 (4.2) b	20.7 (3.7) b	0.001
R peak,	1.3 (0.1) a	1.2 (0.1) ab	1.2 (0.1) b	1.2 (0.1) b	0.008
VO₂/HR	13 (3) a	11 (3) a	10 (2.33) a	9.4 (2.6) a	0.053
HR peak, bpm	129 (11) a	136 (21) a	129 (20) a	137 (20) a	0.627
SBP peak, mmHg	168 (22) a	176 (14) a	176 (15) a	163 (25) a	0.370
DBP peak, mmHg	74 (7) a	78 (6) a	74 (8) a	74 (9) a	0.583

Lowercase letters denote differences across groups. VO₂, oxygen uptake; VE, minute ventilation; VE/VO₂, ventilatory equivalent for oxygen; VE/VCO₂, ventilatory equivalent for carbon dioxide; VE/VCO₂ slope, minute ventilation/carbon dioxide production slope; VCO₂, carbon dioxide production; R, respiratory quotient; VO₂/HR, oxygen pulse; HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure.

Figure 1: Flow Diagram

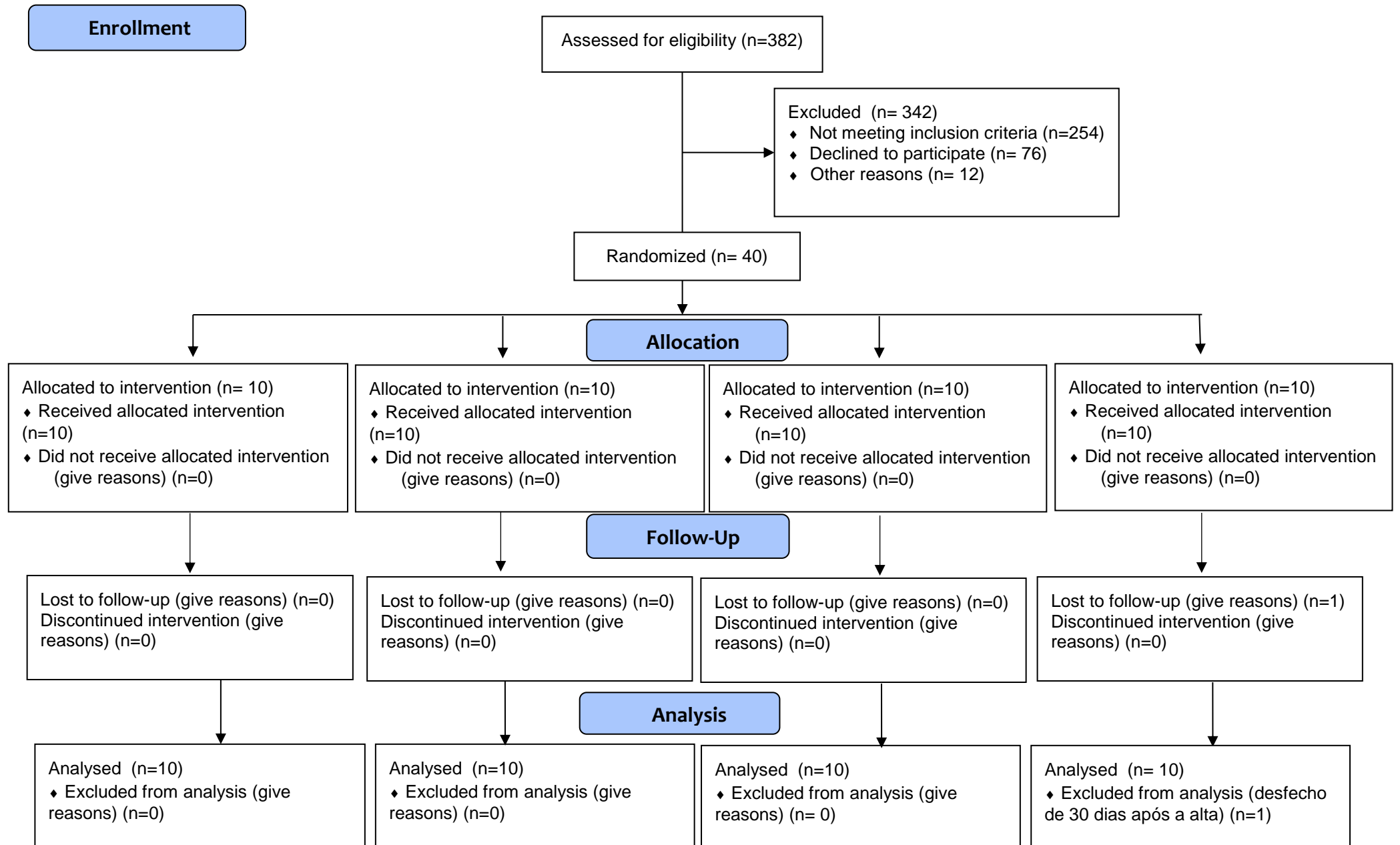


Figure 2: Performance in six minutes walk test.

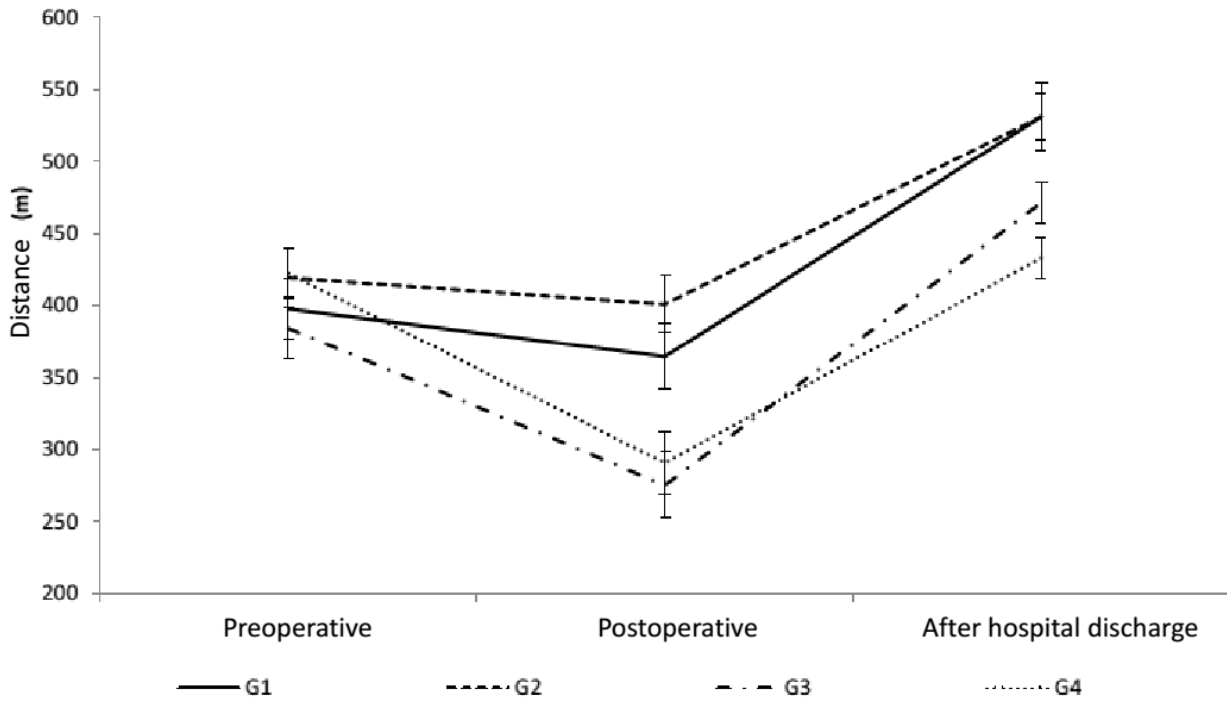
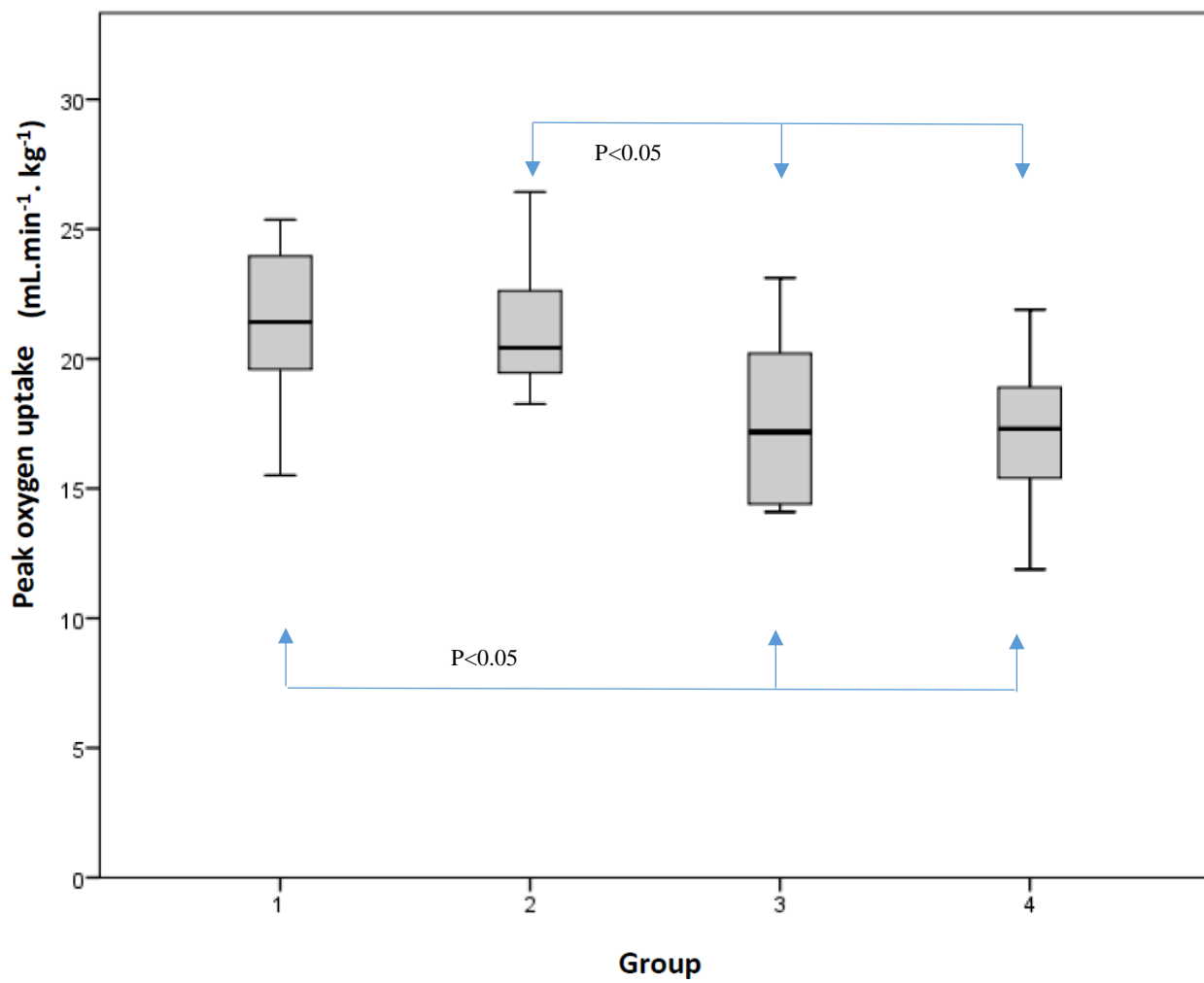


Figure 3: Peak oxygen consumption after 30 days of hospital discharge.



7. Considerações Finais

Após longo e minucioso experimento, identificamos protocolos de fisioterapia pós CRM, que promovem incremento significativo na capacidade funcional e podem auxiliar na recuperação precoce dos pacientes. Com isso, esses sujeitos podem retornar precocemente as suas atividades de vida diária. Nesse contexto, é possível reforçar as bases científicas para instrumentalizar as equipes de reabilitação no manejo adequado desses pacientes, incluindo programas com exercícios ativos na rotina de atendimento da RCPF1 no pós-operatório da CRM.

ANEXOS

Descrição detalhada do Protocolo de Intervenção do estudo. (Versão Português e Inglês)

Protocolos

Protocolo Grupo 1

Pré-operatório

- Orientações Gerais descritas no protocolo controle.
- **1º Pós-operatório**
- Protocolo Controle acrescido de treinamento muscular inspiratório (TMI) 8 séries de 10 respirações / 20 % da PI máx.
- Exercícios ativos em membros inferiores (MI) (flexo-extensão de quadril e joelho associados) 2 séries de 10 repetições.
- Exercícios ativos em membros superiores (MS) (flexo-extensão até 90º) 2 séries de 10 repetições.
- Intervalo entre os exercícios de 1 a 2 min.

2º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações / 20 % da PI máx).
- Exercício ativo MS (flexo-extensão até 90º) 2 séries de 10 repetições.
- Exercícios ativos MI (flexo-extensão de quadril e joelho associados) 2 séries de 15 repetições.
- Marcha estacionária (2 séries de 20 repetições), após retirada do dreno.
- Intervalo entre os exercícios de 30 a 60 segundos.

3º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da PImáx com aumento de 1cmH2O)
- Exercício ativo MS (flexo-extensão até 90º) 2 séries de 10 repetições.
- Exercício ativo MI (flexo-extensão de quadril e joelho associados) 2 séries de 15 repetições.
- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação de 100-200 metros (Escala de Percepção de Esforço de Borg 11)
- Intervalo entre os exercícios de 30 a 60 segundos.

4º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da PImáx com aumento de 2cmH2O).
- Exercício ativo MS (flexo-extensão até 90º) 2 séries de 12 repetições.
- Exercício ativo flexo-extensão MI, 2 séries de 15 repetições em ortostase.

- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação 250 a 350 m (Escala de Percepção de Esforço de Borg 11)
- Intervalo entre os exercícios de 30 a 60 segundos.

5º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da P_{lmáx} com aumento de 3cmH₂O).
- Exercício ativo MS (flexo-extensão até 90°) 2x15 repetições.
- Exercício ativo flexo-extensão MI, 2 séries de 15 repetições em ortostase.
- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação 400 a 500 m (Escala de Percepção de Esforço de Borg 11)
- Descida e subida de escadas (aproximadamente 30 degraus).
- Intervalo entre os exercícios de 60 a 90 segundos.

6º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da P_{lmáx} com aumento de 4cmH₂O).
- Exercício ativo MS (flexo-extensão até 90°), 2 séries de 15 repetições.
- Flexo-extensão MI 2 séries de 15 repetições em ortostase.
- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação 500 a 600m.
- Subida e descida de escadas (aproximadamente 30 degraus).
- Intervalo entre os exercícios de 1 a 2 min.

Protocolo Grupo 2

Pré-operatório

- Orientações Gerais descritas no protocolo controle.

1º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de exercícios ativos em membros inferiores (MI) (flexo-extensão de quadril e joelho associados), 2 séries de 10 repetições.
- Exercícios ativos em membros superiores (MS) (flexo-extensão até 90°), 2 séries de 10 repetições.
- Intervalo entre os exercícios de 1 a 2 min.

2º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de exercício ativo MS (flexo-extensão até 90°), 2 séries de 10 repetições.
- Exercícios ativos MI (flexo-extensão de quadril e joelho associados), 2 séries de 15 repetições.
- Marcha estacionária (2 séries de 20 repetições) após retirada do dreno.
- Intervalo entre os exercícios de 30 a 60 segundos.

3º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de exercício ativo MS (flexo-extensão até 90°), 2 séries de 10 repetições.

- Exercício ativo MI (flexo-extensão de quadril e joelho associados) 2 séries de 15 repetições.
- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação de 100-200 metros (Escala de Percepção de Esforço de Borg 11)
- Intervalo entre os exercícios de 30 a 60 segundos.

4º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de exercício ativo MS (flexo-extensão até 90º) 2 séries de 12 repetições.
- Exercício ativo flexo-extensão MI, 2 séries de 15 repetições em ortostase.
- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação 250 a 350 m (Escala de Percepção de Esforço de Borg 11)
- Intervalo entre os exercícios de 30 a 60 segundos.

5º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de exercício ativo MS (flexo-extensão até 90º) 2 séries de 15 repetições.
- Exercício ativo flexo-extensão MI, 2 séries de 15 repetições em ortostase.
- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação 400 a 500 m (Escala de Percepção de Esforço de Borg 11)
- Descida e subida de escadas (aproximadamente 30 graus).
- Intervalo entre os exercícios de 60 a 90 segundos.

6º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de exercício ativo MS (flexo-extensão até 90º) 2 séries de 15 repetições.
- Flexo-extensão MI 2 séries de 15 repetições em ortostase.
- Flexão plantar em ortostase 2 séries de 10 repetições.
- Deambulação 500 a 600m.
- Subida e descida de escadas (aproximadamente 30 graus).
- Intervalo entre os exercícios de 1 a 2 min.

Protocolo Grupo 3

Pré-operatório

- Orientações Gerais descritas no protocolo controle.

1º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de TMI (8 séries de 10 respirações / 20 % da PImáx)

2º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações / 20 % da PImáx)

3º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da P_{lmáx} com aumento de 1cmH₂O).

4º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da P_{lmáx} com aumento de 2cmH₂O).

5º Pós-operatório

- Protocolo controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da P_{lmáx} com aumento de 3cmH₂O).

6º Pós-operatório

- Protocolo Controle acrescido de TMI (10 séries de 10 respirações /20 % da P_{lmáx} com aumento de 4cmH₂O).

Protocolo Grupo 4 (controle)

Pré-operatório

- Orientações Gerais
- Posturas adequadas antes e depois da cirurgia (levantar-se, deitar-se, banho, deambulação, entre outras)
- Pós-operatório imediato (o que ocorre)
- Importância dos exercícios respiratórios, exercícios de membros superiores (MS) e inferiores (MI) de maneira adequada
- Padrões Ventilatórios (exercícios respiratórios)
- Como realizar tosse e *Huffing* com contenção torácica
- Como utilizar o EPAP

1º Pós-operatório

- Sentar no leito cabeceira elevada
Padrões Ventilatórios (exercícios respiratórios)
- Respiração Profunda (10 respirações)
- Inspiração em 2 ou 3 tempos com pequena pausa (10 respirações)
- Estímulo da tosse ou *huffing*.
- EPAP (5 séries de 10 respirações / 5-8 cmH₂O)
- Realização de movimentação ativa do tornozelo e punho (40 repetições)

2º Pós-operatório

- Sentar fora do leito (cadeira)
- Padrões Ventilatórios (exercícios respiratórios)
- Respiração Profunda (10 respirações)
- Inspiração em 2 ou 3 tempos com pequena pausa (10 respirações)
- Estímulo da tosse ou *huffing*.
- EPAP (10 séries de 10 respirações / 8-10cmH₂O)
- Realização de movimentação ativa do tornozelo e punho (40 repetições)

3º Pós-operatório

- Padrões Ventilatórios (exercícios respiratórios)

- Respiração Profunda (10 respirações)
- Inspiração em 2 ou 3 tempos com pequena pausa (10 respirações)
- Estímulo da tosse ou *huffing*.
- EPAP (10 séries de 10 respirações / 10cmH₂O)
- Realização de movimentação ativa do tornozelo e punho (40 repetições)

4º Pós-operatório

- Padrões Ventilatórios (exercícios respiratórios)
- Respiração Profunda (10 respirações)
- Inspiração em 2 ou 3 tempos com pequena pausa (10 respirações)
- Estímulo da tosse ou *huffing*.
- EPAP (10 séries de 10 respirações / 13 cmH₂O)
- Realização de movimentação ativa do tornozelo e punho (40 repetições)

5º Pós-operatório

- Padrões Ventilatórios (exercícios respiratórios)
- Respiração Profunda (10 respirações)
- Inspiração em 2 ou 3 tempos com pequena pausa (10 respirações)
- Estímulo da tosse ou *huffing*.
- EPAP (10 séries de 10 respirações / 15 cmH₂O)
- Realização de movimentação ativa do tornozelo e punho (40 repetições)

6º Pós-operatório

- Padrões Ventilatórios (exercícios respiratórios)
- Respiração Profunda (10 respirações)
- Inspiração em 2 ou 3 tempos com pequena pausa (10 respirações)
- Estímulo da tosse ou *huffing*.
- EPAP (10 séries de 10 respirações / 15 cmH₂O)
- Realização de movimentação ativa do tornozelo e punho (40 repetições)

Protocols

Group 1 - Protocol

Preoperative

- Guidelines described in control protocol.

1st postoperative

- Control protocol plus IMT (Threshold) (8 series of 10 breaths / 20% of MIP)
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 10 repetitions
- Active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 10 repetitions
- Interval between exercises 1 to 2 minutes.

2nd postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths / 20% of MIP)
- Active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 10 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions
- Stationary walk after thorax and mediastinal drain withdrawal (2 series of 10 repetitions) Borg's Scale =11
- Interval between exercises 30 to 60 second.

3rd postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 1cmH₂O)
- Active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 10 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 100-200 meters (Borg's Scale =11)
- Interval between exercises 30 to 60 second.

4th postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 2 cmH₂O)
- Active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 12 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions, in orthostatic posture
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 250- 350 m (Borg's Scale =11)
- Interval between exercises 30 to 60 second.

5th postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 3 cmH₂O)

- Active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 15 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions, in orthostatic posture
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 400 - 500 m
- Steps up and down (30 steps)
- Interval between exercises 60 to 90 second.

6th postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 4 cmH₂O)
- Active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 15 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions, in orthostatic posture
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 500 - 600m
- Steps up and down (30 steps)
- Interval between exercises 60 to 90 second.

Group 2 - Protocol

Preoperative

- Guidelines described in control protocol.

1st postoperative

- Control protocol plus active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 10 repetitions
- Active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 10 repetitions
- Interval between exercises 1 to 2 minutes.

2nd postoperative

- Control protocol plus active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 10 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions
- Stationary walk after thorax and mediastinal drain withdrawal (2 series of 10 repetitions) Borg's Scale =11
- Interval between exercises 30 to 60 second.

3rd postoperative

- Control protocol plus active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 10 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 100-200 meters (Borg's Scale =11)
- Interval between exercises 30 to 60 second.

4th postoperative

- Control protocol plus active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 12 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions, in orthostatic posture
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 250- 350 m (Borg's Scale =11)
- Interval between exercises 30 to 60 second.

5th postoperative

- Control protocol plus active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 15 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions, in orthostatic posture
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 400 - 500 m
- Steps up and down (30 steps)
- Interval between exercises 60 to 90 second.

6th postoperative

- Control protocol plus active exercise for upper limbs (flexion up to 90°) 2 series of 15 repetitions
- Active exercise for lower limbs (flexion of hip and knee) 2 series of 15 repetitions, in orthostatic posture
- Plantar flexion in orthostatic posture, 2 series of 10 repetitions
- Walking 500 - 600m
- Steps up and down (30 steps)
- Interval between exercises 60 to 90 second.

Group3 - Protocol

Preoperative

- Guidelines described in control protocol.

1st postoperative

- Control protocol plus IMT (Threshold) (8 series of 10 breaths / 20% of MIP)

2nd postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths / 20% of MIP)

3rd postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 1cmH₂O)

4th postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 2cmH₂O)

5th postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 3cmH₂O)

6th postoperative

- Control protocol plus IMT (10 series of 10 breaths/ 20% of MIP plus 4cmH₂O)

Group 4 – Control Protocol

Pré-operatório

- General information:
- Information about turn from side to side and get out of bed.
- Information about postoperative routines
- Information about breathing exercises, active exercises for upper and lower limbs and walking
- Instructions in efficient coughing and huffing techniques
- Information about EPAP mask use

1º Pós-operatório

- Sitting in bed with high headboard
- Breathing exercises
- Deep breath (10 breaths)
- Inspiration in 2 e 3 times with short break (10 breaths)
- Coughing or huffing
- EPAP (5 series of 10 breaths / 5-8 cmH₂O)
- Active movement ankle and wrist (40 repetitions)

2º Pós-operatório

- Sitting out of bed (chair)
- Breathing exercises
- Deep breath (10 breaths)
- Inspiration in 2 e 3 times with short break (10 breaths)
- Coughing or huffing
- EPAP (10 series of 10 breaths / 8-10 cmH₂O)
- Active movement ankle and wrist (40 repetitions)

3º Pós-operatório

- Breathing exercises
- Deep breath (10 breaths)
- Inspiration in 2 e 3 times with short break (10 breaths)
- Coughing or huffing
- EPAP (10 series of 10 breaths / 10 cmH₂O)

- Active movement ankle and wrist (40 repetitions)

4º Pós-operatório

- Breathing exercises
- Deep breath (10 breaths)
- Inspiration in 2 e 3 times with short break (10 breaths)
- Coughing or huffing
- EPAP (10 series of 10 breaths / 13 cmH₂O)
- Active movement ankle and wrist (40 repetitions)

5º Pós-operatório

- Breathing exercises
- Deep breath (10 breaths)
- Inspiration in 2 e 3 times with short break (10 breaths)
- Coughing or huffing
- EPAP (10 series of 10 breaths / 15 cmH₂O)
- Active movement ankle and wrist (40 repetitions)

6º Pós-operatório

- Breathing exercises
- Deep breath (10 breaths)
- Inspiration in 2 e 3 times with short break (10 breaths)
- Coughing or huffing
- EPAP (10 series of 10 breaths / 15 cmH₂O)
- Active movement ankle and wrist (40 repetitions)