

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde:
Cardiologia e Ciências Cardiovasculares**

**Pressão Positiva Expiratória na Via Aérea Associada ao
Inspirômetro de Incentivo Reduz as Complicações Pulmonares,
Melhora a Função Pulmonar e a Capacidade Funcional em
Pacientes Submetidos à Cirurgia de Revascularização do
Miocárdio.**

Mauren Porto Haeffner

Orientador: Prof. Dr. Pedro Dall'Ago

Porto Alegre, Setembro de 2007.

Brasil – RS.

DEDICATÓRIA

"Sim, sou eu, eu mesmo, tal qual resultei de tudo...

Quanto fui, quanto não fui, tudo isso sou...

Quanto quis, quanto não quis, tudo isso me forma..."

Fernando Pessoa

À minha grande família, Muito Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a:

Meu Orientador, **Prof. Dr. Pedro Dall'Ago**, quem possibilitou, do início ao fim, a conclusão dessa etapa. A ti, minha admiração, não só como profissional e pesquisador, mas, sobretudo, pela amizade, apoio, incentivo e carinho com que me orientou. Muito obrigado pela oportunidade, pelo convívio e ensinamentos.

Prof. Dr Sérgio Saldanha Menna Barreto e Prof. Orlando Wender pela oportunidade e ensinamentos.

Estagiária, Glória Menz, quem realmente acompanhou todos os momentos desse estudo. Obrigado pela sua eficiente ajuda, amizade e convívio diário.

Enfermeira Graziela Alitti, pela amizade e disponibilidade em ajudar em todos os momentos. Sem sua ajuda não teria sido possível concluir esse trabalho.

Equipe de pré e pós-operatório de cirurgia cardíaca, residentes da cardiologia, especialmente ao **Dr. Paulo Sérgio Kalil**, pela amizade e oportunidade de aprendizado.

Serviço de Pneumologia do HCPA, pela possibilidade da realização das avaliações, especialmente a **Luciana**, pelo apoio técnico, pela compreensão e paciência.

Todos os **pacientes** que participaram desse estudo, todo meu respeito e aprendizado de vida.

Todos os professores do PPG-Cardiologia, fundamentais na minha formação.

Aos colegas de mestrado, **Adriana Guntzel, Cristiano Maya e Patrícia Guerrero**, pela troca de experiência e pela perseverança.

Sirlei, pelo enorme apoio, incentivo e mão amiga para realmente todas as horas.

Obrigado por tudo!

Ao **Prof. Dr. Alberto Razia** e todos os **colegas e amigos** do laboratório de fisiologia, da FFFCMPA, pela amizade, aprendizado e momentos de alegria.

Mãe, Indispensável. Exemplo. Força. Amizade. A minha eterna gratidão e meu amor.

Christian e George, meus irmãos de coração. Ge...obrigado pela força e paciência, quem compartilhou diariamente essa fase.

Toda **minha família** pelo constante estímulo!

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas.....	VII
Lista de figuras.....	IX
Lista de tabelas.....	X
Lista de anexos.....	XI
Abstract.....	XII
Resumo.....	XIII
Capítulo I	
1. Revisão da literatura	
1.1 Introdução.....	01
1.2 Doença Arterial Coronariana.....	03
1.3 Cirurgia de Revascularização do Miocárdio (CRM).....	04
1.3.1 Repercussões da Circulação Extracorpórea (CEC).....	05
1.3.2 Disfunção pulmonar após a cirurgia de revascularização do miocárdio.....	06
1.4 Fatores de Risco Pré-operatório.....	11
1.5 Complicações Pós-Operatórias de CRM.....	13
1.6 Fisioterapia no Pós-operatório de Cirurgia Cardíaca.....	14
1.6.1 Fisioterapia respiratória Convencional.....	14
1.6.2 Inspirômetro de Incentivo.....	15
1.6.3 Pressão Positiva.....	17
1.6.4 Treinamento Muscular respiratório Pré-operatório.....	19
1.7 Perspectivas.....	21
Referências Bibliográficas	23
Hipótese	35
Objetivos	35
Capítulo II	
Artigo	
Introdução.....	37
Pacientes e Métodos.....	40
Delineamento e Participantes do Estudo.....	40

Desfechos Avaliados.....	41
Força Muscular Ventilatória.....	41
Função Pulmonar.....	42
Capacidade Funcional Submáxima.....	42
Presença de Alterações Radiológicas.....	43
Protocolo de Intervenção.....	43
Tamanho da Amostra e Análise Estatística.....	44
Resultados.....	45
Características basais dos pacientes estudados.....	45
Efeito do protocolo de II+EPAP na função pulmonar.....	49
Efeito do protocolo de II+EPAP na força muscular respiratória....	54
Efeito do protocolo de II+EPAP na capacidade funcional.....	56
Efeito do protocolo de II+EPAP no Raio-X de tórax.....	57
Efeito do protocolo de II+EPAP no tempo internação.....	58
Discussão.....	59
Melhora da função pulmonar.....	60
Diminuição de alterações radiológicas e de complicações pulmonares.....	63
Melhora da força muscular respiratória.....	65
Melhora da capacidade funcional.....	66
Implicações Clínicas.....	68
Limitações do Estudo.....	69
Conclusão.....	70
Referências Bibliográficas.....	71
Anexos.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS

AVC	Acidente vascular cerebral
BIPAP	Pressão positiva na via aérea em dois níveis de pressão
CEC	Circulação extra-corpórea
CPAP	Pressão positiva contínua na via aérea
CRM	Cirurgia de revascularização do miocárdio
CI	Capacidade inspiratória
DCO	Coeficiente de difusão do monóxido de carbono
CPT	Capacidade pulmonar total
CRF	Capacidade residual funcional
CVF	Capacidade vital forçada
cmH₂O,	Centímetros de água
CPs	Complicações pulmonares pós-operatórias
CTI	Centro de terapia intensiva
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crônica
EPAP	Pressão positiva expiratória na via aérea
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
II	Inspirometria de incentivo
II+EPAP	Inspirômetro de incentivo acoplado à pressão positiva
IAM	Infarto agudo do miocárdio
IC	Insuficiência cardíaca
IMC	Índice de massa corporal

P(A-a)O₂	Gradiente alvéolo-arterial de oxigênio
PaO₂	Pressão arterial de oxigênio
PCO₂	Pressão parcial de dióxido de carbono
PE_{máx}	Pressão expiratória máxima
PI_{máx}	Pressão inspiratória máxima
PFE	Pico de fluxo expiratório
PO	Pós-operatório
PMNs	Células polimorfonucleares
R_{tot}	Resistência da via aérea
SARA	Síndrome da angústia respiratória aguda
SIRS	Resposta inflamatória sistêmica
TC6M	Teste de caminhada de seis minutos
TMI	Treinamento muscular inspiratório
TNF-alfa	Fator de necrose tumoral alfa
VEF₁	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VM	Ventilação mecânica
VR	Volume residual

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma mostrando a entrada de pacientes no estudo.....	47
Figura 2. Gráfico dos valores médios da CVF e VEF ₁ durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório.....	50
Figura 3. Gráfico dos valores médios da CI, CPT e DCO durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório.....	52
Figura 4. Gráfico dos valores médios da pressão inspiratória máxima e da pressão expiratória máxima durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório.....	55
Figura 5. Gráfico dos valores médios da distância percorrida durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório.	56
Figura 6. Gráfico dos valores para escore de alterações pulmonares ao Raio-X.....	57
Figura 7. Gráfico dos dias de internação hospitalar total.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características clínicas e funcionais basais dos pacientes.....	48
Tabela 2. Variáveis Ventilatórias.....	53

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Artigo em inglês.....	80
Anexo 2. Termo de consentimento livre e informado.....	107

ABSTRACT**Expiratory Positive Airway Pressure Associated with Incentive Spirometry Reduces Pulmonary Complications and Improves Functional Capacity in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Graft Surgery**

Background: Patients undergoing coronary artery bypass graft (CABG) surgery are at relatively high risk of postoperative pulmonary complications (PPCs), increasing length of hospital stay and resource utilization. The presence of risk factors such as smoke and elderly increases the incidence rate of PPCs. The basic mechanism of PPCs is a lack of lung inflation due to a shallow, monotonous breathing pattern without periodic sighs. The use of the expiratory positive airway pressure (EPAP), associated with incentive spirometry (IS) for the prevention of PPCs following CABG is not well established. Therefore, we hypothesized that EPAP+IS protocol reduces the PPCs and increases submaximal functional capacity, assed by the distance covered during the 6-min walk test. **Methods:** Thirty four patients undergoing CABG with previous smoking history were randomly assigned to a placebo group (n=17) or to a program of EPAP+IS during hospital stay, which was followed at home to complete thirty days (n=17). Pulmonary function test, maximal inspiratory and expiratory mouth pressures, 6-min walk test and thoracic radiological evaluation were performed at baseline, day 7 and day 30. **Results:** Both groups were comparable at baseline. Radiological injury score at day 7 was lower in EPAP+IS compared to the placebo group (1.94 ± 0.8 vs 4.01 ± 1.9 ; $P < 0.004$). The distance walked in the 6-min test was higher at day 30 in EPAP+IS group (428.4 ± 64.2 vs 335.8 ± 93.2 m; $P < 0.001$). The EPAP+IS group improved maximal expiratory pressure at day 30 (102.7 ± 26.4 cmH₂O) compared to day 7 (82.2 ± 20.9 cmH₂O; $P < 0.01$). Maximal inspiratory pressure was better improved in the EPAP+IS group compared to the placebo group (day 7: -80.3 ± 23.3 vs -63.7 ± 12.9 ; day 30: -100.3 ± 26.6 vs -64.6 ± 35.5 cmH₂O; $P < 0.001$). Inspiratory capacity was higher in day 30 in EPAP+IS group compared to the placebo group (2.4 ± 0.6 vs 1.9 ± 0.5 L; $P < 0.05$). Furthermore, on day 30, forced vital capacity (78.2 ± 14.2 vs 68.7 ± 14.2 % of predicted; $P < 0.05$) and forced expiratory volume in 1 second (79.7 ± 16.6 vs 68.0 ± 16.1 % of predicted; $P < 0.05$) was higher in EPAP+IS compared to the placebo group. **Conclusions:** In patients submitted to a CABG, EPAP+IS protocol for 30 days results in a reduction of PPCs and in an improvement of submaximal functional capacity.

RESUMO

Pressão Positiva Expiratória na Via Aérea Associada ao Inspirômetro de Incentivo Reduz as Complicações Pulmonares, Melhora a Função Pulmonar e a Capacidade Funcional em Pacientes Submetidos à Cirurgia de Revascularização do Miocárdio.

Introdução: Pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) apresentam risco relativamente alto de desenvolver complicações pulmonares (CPs), aumentando o tempo de internação hospitalar e a necessidade de recursos financeiros. A presença de fatores de risco como idade avançada e tabagismo elevam o risco de incidência de CPs. O mecanismo básico do desenvolvimento de CPs é a diminuição da ventilação pulmonar devido ao padrão ventilatório superficial, sem suspiros periódicos. O uso da pressão positiva expiratória na via aérea (EPAP), associado ao inspirômetro de incentivo (II) na prevenção de CPs seguidos da CRM não está bem estabelecido. Assim, nossa hipótese é que o protocolo de II+EPAP reduz a incidência de CPs e melhora a função pulmonar e a capacidade funcional. **Métodos:** 34 pacientes com história prévia de tabagismo foram randomizados para o grupo controle (n=17) ou para o protocolo de II+EPAP (n=17), durante o período de internação hospitalar, o qual foi estendido ao domicílio até completar 30 dias. Testes da função pulmonar, pressões inspiratória e expiratória máximas, teste de caminhada de seis minutos (TC6M) e avaliação do raio-x de tórax foram realizados no momento pré-operatório (basal), no sétimo e no trigésimo dias de pós-operatório. **Resultados:** Ambos os grupos foram homogêneos no momento basal. O escore de injúria pulmonar foi menor no grupo II+EPAP quando comparado ao grupo controle (1,94±0,8 vs 4,01±1,9; p<0,004). A distância percorrida no TC6M foi maior em 30 dias no grupo II+EPAP (428,4±64,2 vs 335,8±93,2 m; p<0,001). O grupo II+EPAP melhorou a pressão expiratória máxima no dia 30 (102,7±26,4 cmH₂O) comparado com o dia 7 (82,2±20,9 cmH₂O; p<0,01). A pressão inspiratória máxima apresentou-se melhor no grupo II+EPAP comparado ao grupo controle (dia 7: -80,3±23,3 vs -63,7±12,9; dia 30: -100,3±26,6 vs -64,6±35,5 cmH₂O; p<0,001). A capacidade inspiratória foi maior em 30 dias no grupo II+EPAP comparado ao grupo controle (2,4±0,6 vs 1,9±0,5 L; p<0,05). Além disso, no dia 30, a capacidade vital forçada (78,2±14,2 vs 68,7±14,2 % do predito; p<0,05) e o volume expiratório forçado no 1º segundo (79,7±16,6 vs 68,0±16,1 % do predito; p<0,05) foi maior no grupo II+EPAP quando comparado com o grupo controle. **Conclusão:** Em pacientes submetidos à CRM, os resultados do protocolo II+EPAP mostram redução das CPs e melhora da função pulmonar e da capacidade funcional submáxima.

Capítulo I

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Introdução

A realização de cirurgias cardíacas tem aumentado progressivamente nos últimos anos, e ao mesmo tempo, o aperfeiçoamento das técnicas operatórias e as novas tecnologias têm permitido que pacientes mais graves pudessem ser operados com sucesso(1). Observa-se aumento da idade média, tendência a uma maior proporção de mulheres, aumento no número de re-operações, deterioração progressiva da função ventricular dos pacientes e aumento no número de cirurgias de emergência(2).

Assim, o perfil dos pacientes que vão realizar a cirurgia de revascularização do miocárdio tem mudado. São encaminhados pacientes mais idosos, com comprometimento acentuado da função ventricular e outras comorbidades. Esses fatores associados às alterações inflamatórias, metabólicas, de distribuição de líquidos e de coagulação sanguínea que ocorrem devido à cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) podem piorar ou dificultar a recuperação pós-cirúrgica(3).

Os fatores relacionados com aumento da mortalidade pós-operatória, como idade superior a 65 anos, cirurgia de emergência e reoperação estão associadas a aumento de risco, que pode estender-se por até 30 dias no período pós-operatório. Já, a presença de insuficiência cardíaca, diabetes e infarto do miocárdio prévio influenciam a sobrevivência a longo prazo(4,5). Da mesma forma, a presença de doença da válvula mitral, o uso de vasopressores no pré-operatório, doença renal prévia, cirurgia de urgência, infarto agudo do miocárdio (IAM) pré-operatório, história de acidente vascular

cerebral (AVC) e tempo de circulação extra-corpórea (CEC) superior a 120 minutos estão relacionados com aumento do tempo de ventilação mecânica, e conseqüentemente, maior risco de desenvolvimento de complicações pulmonares(2,6,7).

Os preditores para readmissão hospitalar foram identificados em 16.326 pacientes que realizaram CRM, dos quais 2.497 (15,3%) reinternaram antes de 30 dias após a alta hospitalar. As principais causas de readmissão são: infecção (28,3%), insuficiência cardíaca (IC) (15,7%), isquemia miocárdica (7,9%), arritmias (7,7%), tromboembolismo pulmonar ou trombose venosa profunda (6,3%) e sintomas respiratórios (5,6%). E, a presença dos fatores de risco pré-operatórios como idade avançada, sexo feminino, IAM 1 semana antes da cirurgia, IC, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e diabetes aumentam o risco de re-internação hospitalar(5).

Em relação às complicações pulmonares após CRM, foram identificados quatro fatores de risco pré-operatórios independentes associados ao desenvolvimento dessas complicações: idade superior a 70 anos, tosse produtiva, diabete mellitus, história de tabagismo nas últimas oito semanas. Por outro lado, pacientes com capacidade vital inspiratória e pressão expiratória máxima acima de 75% do previsto demonstraram efeito protetor para o desenvolvimento de complicações pulmonares(8).

A fisioterapia respiratória tem sido utilizada com o objetivo de melhorar a função pulmonar, prevenir ou tratar as complicações pulmonares no pós-operatório. Diversos estudos têm comparado diferentes intervenções fisioterapêuticas, como exercícios respiratórios e de tosse, inspirômetro de incentivo e pressão positiva na via aérea. Nos entanto, a efetividade da fisioterapia tem sido questionada e parece não ter significância clínica(9-11).

Estudos recentes têm demonstrado alguns benefícios aos pacientes, principalmente aqueles com risco de desenvolver complicações pulmonares pós-operatórias, utilizando-se a pressão expiratória positiva no período pós-operatório(12,13). Da mesma forma, a realização de treinamento muscular inspiratório durante o período que antecede a cirurgia cardíaca(14) mostrou-se benéfico.

No entanto, Pasquina e cols.(15) mostraram a falta de evidências sobre os benefícios das diversas intervenções sobre a função pulmonar, incidência de atelectasias e complicações pós-operatórias. As conclusões são inconsistentes devido à falta de qualidade dos estudos, permanecendo controverso se existe superioridade de uma ou outra intervenção na resolução das alterações pulmonares nestes pacientes.

Com base nos aspectos acima expostos, ressalta-se a necessidade da realização de ensaios clínicos de qualidade nesse contexto. Desta forma, vimos a necessidade de aprofundar nossos conhecimentos no sentido de identificar se estratégias fisioterapêuticas e profiláticas realizadas no ambiente hospitalar e a domicílio no período pós-operatório, associam-se com a redução de complicações pulmonares após a cirurgia de revascularização miocárdica.

1.2 Doença Arterial Coronariana

Desde o início do século XX, observa-se a crescente prevalência das doenças cardiovasculares. Na década de 60, já estava bem estabelecido que a presença de fatores de risco, como o tabagismo, a hipertensão arterial sistêmica, a hipercolesterolemia, a obesidade, a diabetes e a inatividade física estavam associados com o desenvolvimento dessas doenças(16).

Atualmente, as doenças cardiovasculares mantêm-se como importante causa de morbidade e mortalidade em todo o mundo. No Brasil, são a segunda causa de internações hospitalares, gerando alto impacto econômico e social, com taxa de mortalidade de 34%, sendo que um terço é por doença arterial coronariana. Em relação aos fatores de risco, 53% dos indivíduos são fumantes, 32% são obesos e 15% apresentam hipertensão arterial sistêmica (17,18).

Desenvolveram-se então, várias abordagens para o tratamento da doença arterial coronariana. A prevenção primária, que aborda o controle dos fatores de risco, é de grande importância, pois, além de postergar o início da doença, também pode estabilizar os sintomas. Como prevenção secundária, utiliza-se a terapia farmacológica e os procedimentos intervencionistas. A angioplastia e a cirurgia cardíaca tornaram-se mais efetivas e seguras, sendo comum sua realização no tratamento desses pacientes(19). O tratamento cirúrgico da doença arterial coronariana é a revascularização do miocárdio. Este procedimento abrangente e eficaz de reperfusão direta do músculo cardíaco é realizado para a resolução das formas complexas de doença coronariana, evitando eventos cardíacos e diminuindo a mortalidade desses pacientes. A indicação está baseada na anatomia das artérias coronarianas, na função ventricular e na presença isquemia sintomática(19,20).

1.3 Cirurgia de Revascularização do Miocárdio (CRM)

A cirurgia de revascularização do miocárdio inclui uma rotina de procedimentos associados como, indução anestésica, intubação traqueal e ventilação mecânica. Além disso, a incisão de escolha, em grande parte dos casos, é a esternotomia mediana para acesso ao mediastino e execução dos procedimentos para anastomose aorto

coronariana ou mamário coronariana. Para adequada abordagem cirúrgica, em muitos casos, faz-se necessário o uso de circulação extracorpórea (CEC)(20).

Durante a CEC, utiliza-se infusão de solução cardioplégica, com hipotermia regional e sistêmica, que conseguem efetivamente reduzir o consumo de oxigênio pelo miocárdio, preservando sua função contrátil(21). Realizam-se, então, as anastomoses necessárias, geralmente, utilizando artéria mamária e enxertos venosos safenos para a derivação dos vasos coronarianos obstruídos(20).

Avanços recentes nas técnicas cirúrgicas(1), anestésicas(22,23) e na circulação extracorpórea(24) têm diminuído a morbidade e a mortalidade de pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. No entanto, tratando-se de uma cirurgia de grande porte, o trauma cirúrgico, a anestesia, a CEC e a manipulação tecidual geram alterações sistêmicas, incluindo disfunção pulmonar importante em todos os pacientes que realizam CRM. Essas alterações exigem cuidados intensivos, principalmente nas primeiras 48 horas de pós-operatório(3).

1.3.1 Repercussões da Circulação Extracorpórea (CEC)

As alterações geradas pela utilização da CEC se devem às manipulações para canulações, mudança do regime do fluxo sanguíneo, período de isquemia e reperfusão tecidual, hipotermia e estresse mecânico sobre os elementos do sangue, devido ao seu contato com superfícies não endoteliais(25).

Além disso, a hemodiluição causa queda das proteínas plasmáticas, que resulta em redução na pressão coloidosmótica do plasma, determinando aumento de líquido no espaço extravascular. O volume hídrico extravascular elevado resulta em aumento da

pressão do líquido intersticial (edema) e diminuição do volume plasmático (hipotensão)(26).

A exposição dos elementos do sangue a uma superfície não endotelial e o estresse mecânico são os principais mecanismos da ativação de células polimorfonucleares (PMNs), com aumento na produção de várias citocinas, como as interleucinas IL-1, IL-6, IL-8, do fator de necrose tumoral (TNF)- α que participam de forma direta na formação do processo inflamatório(25,27).

A ativação dos mediadores pró-inflamatórios gera uma resposta inflamatória sistêmica (SIRS), que inclui alterações pulmonares, disfunção neurológica transitória, diminuição da resistência vascular periférica, com diminuição do débito cardíaco, taquicardia, febre e tendência a hemoconcentração. Na maioria dos pacientes esse processo é resolvido nas primeiras 24 horas(28).

A presença de SIRS predispõe ao desenvolvimento da síndrome da angústia respiratória aguda (ARDS), que se caracteriza por disfunção pulmonar importante, com aumento da permeabilidade pulmonar, edema pulmonar associado com resposta inflamatória sistêmica. A incidência da ARDS em pacientes que realizam cirurgia cardíaca, com utilização de CEC é de 0,4 a 3%, com mortalidade de 15% a 30%. Os fatores de risco para ARDS incluem idade > 60 anos, tabagismo, classe da NYHA III e IV, FE < 40% e hipertensão arterial sistêmica(29).

1.3.2 Disfunção pulmonar após a cirurgia de revascularização do miocárdio

Diversos estudos demonstram a presença de alterações pulmonares de 20% a 65% em pacientes operados de revascularização miocárdica, levando a complicações

pós-operatórias responsáveis pelo aumento da morbidade e da mortalidade com elevados custos financeiros no pós-operatório(2,5,30). A disfunção pulmonar presente no pós-operatório imediato é resultante de múltiplos fatores característicos da cirurgia de revascularização do miocárdio. Esses fatores incluem a CEC, anestesia geral, esternotomia, manipulação tecidual, dissecação da artéria mamária, abertura pleural, drenos de tórax e a presença de dor.

A utilização da CEC desencadeia alterações significativas na função pulmonar, não só como parte da SIRS(25,28), mas também com desenvolvimento de resposta inflamatória pulmonar local. Observa-se aumento significativo das concentrações de IL-6 e IL-8 na circulação pulmonar, devido, principalmente ao processo de isquemia e reperfusão, que também ocorre nos pulmões(31).

A presença dos diversos mediadores inflamatórios gera elevação da permeabilidade microvascular, com aumento de líquido intrapulmonar. Esse fato contribui para o aumento do shunt intrapulmonar de 3% para 19%, com elevação do gradiente alvéolo-arterial de O_2 ($P(A-a)O_2$) em 150% e diminuição da pressão arterial de oxigênio (PaO_2) em 30%, prejudicando as trocas gasosas pulmonares (26,28,32). O processo de isquemia e reperfusão também contribui para a reatividade microvascular pulmonar, levando ao aumento da resistência vascular pulmonar, diminuindo a complacência pulmonar, alterando a mecânica ventilatória, os volumes e as capacidades pulmonares(27,31). Observa-se redução de até 65% na capacidade vital forçada (CVF) no primeiro dia de pós-operatório(33).

Além disso, o fato de que os pulmões não são ventilados e nem perfundidos durante a CEC promove a formação de microatelectasias pulmonares, que também contribuem para o aumento do shunt intrapulmonar, para elevação da $P(A-a)O_2$ e para

a instalação da hipoxemia(34). Diversos estudos vêm demonstrando que a presença de atelectasias sobrepõem-se a injúria vascular pulmonar, sendo causa importante da anormalidade nas trocas gasosas e da disfunção ventilatória(26,35,36).

Assim, as duas principais causas de hipoxemia são a presença de edema pulmonar e de atelectasias(36). Já a hipoventilação alveolar não contribui para a ocorrência de hipercapnia nesses pacientes, pois os valores de PCO_2 são menores do que valores encontrados no pré-operatório. Observam-se alterações no equilíbrio ácido-básico, demonstrando uma leve alcalose respiratória. Essa alteração pode ocorrer devido a hiperventilação em resposta à queda importante nos níveis de oxigênio(37).

Nos pacientes que realizaram cirurgia com CEC, verifica-se que há uma maior reação inflamatória(1) e elevada incidência de atelectasias (81%)(38). A utilização da CEC não afeta somente as trocas gasosas, mas também induz alterações nas propriedades mecânicas do sistema respiratório. Observou-se aumento significativo da resistência de via aérea em 74,9% e da elastância tecidual em 18,2%. Indicando que ocorre estreitamento da via aérea, aumentando a carga de trabalho para a musculatura respiratória, podendo reduzir a ventilação e também contribuir para o desenvolvimento de atelectasias(39).

A disfunção pulmonar está presente em todos os pacientes que realizam CRM, com ou sem utilização de CEC, observando-se redução de todos os volumes e capacidades pulmonares (40% na CVF e no VEF_1)(40) e dos parâmetros gasométricos (17% na PaO_2)(41) durante o período de internação hospitalar. Da mesma forma, as alterações radiológicas, a frequência de reintubação, óbito e readmissão por complicações pulmonares também são semelhantes entre os pacientes que realizaram cirurgia cardíaca com ou sem CEC(24).

A disfunção pulmonar nas cirurgias cardíacas realizadas sem CEC é atribuída à congestão pulmonar associada com redução significativa da complacência pulmonar, devido a outros fatores como, maior administração de líquido, manipulação cardíaca, imobilização cardíaca, oclusão de vasos coronários e utilização de fármacos(24,40).

A esternotomia mediana(42), a dissecação da artéria mamária interna, com abertura pleural(43-45) também contribuem para disfunção ventilatória. Observa-se redução significativa da CVF, CPT, e da complacência pulmonar(33,46). Além disso, a necessidade da realização de anestesia geral, e do uso de ventilação mecânica reduzem em 20% a capacidade residual funcional (CRF)(32,40) destes pacientes.

A utilização da artéria mamária interna, que ocorre em mais de 90 % dos casos, está associada ao desenvolvimento de atelectasias, derrame pleural e de hipoxemia mais freqüentemente do que quando são utilizados enxertos de veias safenas(46,47). Esse fato pode ser atribuído à realização de pleurostomia para a dissecação da artéria mamária interna, como também pode ser resultado do trauma do parênquima pulmonar e da caixa torácica, da dor intensa, da inabilidade de tossir e de respirar profundamente. Além disso, a dissecação pode reduzir o suprimento sanguíneo para os músculos intercostais ipsilaterais e para o nervo frênico, resultando em disfunção dos músculos respiratórios(46). Quando se utiliza a artéria mamária direita e esquerda ocorre aumento da disfunção ventilatória, em função de maior trauma cirúrgico e do aumento do tempo de CEC, no entanto não há aumento da morbidade por complicações ventilatórias(46). Da mesma forma, a necessidade de utilização de solução cardioplégica e hipotermia durante a cirurgia cardíaca, expõe a nervo frênico à baixas temperaturas, podendo afetar a função do músculo diafragma, com disfunção e até paralisia diafragmática(48).

Outro fator relevante é a presença da dor no período pós-operatório da cirurgia cardíaca. As causas incluem incisões, dissecções e retrações teciduais, presença de drenos torácicos e também devido aos diversos procedimentos invasivos realizados durante o período de pós-operatório. A localização mais freqüente de dor está no tórax, regiões central anterior e anterior esquerda e região epigástrica. A intensidade foi descrita como moderada nos dois primeiros dias de pós-operatório, e a sensação dolorosa foi diminuindo a partir do terceiro dia de PO. No final da primeira semana, foram registradas dores em outras áreas, como ombros e as costas, sendo do tipo osteomuscular. Indivíduos mais jovens, mulheres e obesos referem maior número de áreas dolorosas(49,50).

A dor é referida principalmente nos movimentos de respiração profunda e tosse(51,52), levando a um padrão ventilatório restritivo, com diminuição dos suspiros respiratórios, hipoventilação e diminuição dos mecanismos de tosse(52,53). Observa-se que a dor contribui para disfunção dos músculos inspiratórios, principalmente nas primeiras 24 horas(53).

Outro estímulo nociceptivo é a presença dos drenos torácicos, geralmente um de mediastino e um pleural. Foi verificado que a presença dos drenos é sítio de dor e contribui para diminuição da função pulmonar(52,54), no entanto, o local de inserção subxifóidea do dreno pleural promove menor sensação de dor e menor impacto sobre a função pulmonar, quando comparado com a posição intercostal(52). Assim, durante o período de pós-operatório é necessário um bom controle da dor, através de analgesia de qualidade, atenuando o impacto da dor sobre a função ventilatória, melhorando a expansão torácica, a habilidade para tossir, e para cooperar durante os exercício de fisioterapia(55,56).

A disfunção pulmonar também foi correlacionada com as alterações da mobilidade da caixa torácica, observada nas cirurgias cardíacas via esternotomia(57), principalmente na cirurgia de revascularização do miocárdio, com utilização da artéria mamária interna(58).

As alterações na mecânica da caixa torácicas são devidas a esternotomia, que prejudica a função dos músculos respiratórios, diminuindo a função pulmonar e contribuindo para formação de atelectasias. No sétimo dia de pós-operatório, a mobilidade abdominal está reduzida em 60% comparada aos valores obtidos no pré-operatório; da mesma forma, a mobilidade costal inferior está 72% menor e a mobilidade costal superior também se encontra reduzida em 87,1%(57).

Após três meses da cirurgia cardíaca, observa-se que as alterações na mecânica da caixa torácica se mantêm, principalmente com a presença de assimetria no movimento. Ainda há diminuição de 20% e 28% nas mobilidades à direita e à esquerda, respectivamente. A função pulmonar também se apresenta 14% menor em relação aos valores de pré-operatório, Após um ano, a mobilidade torácica e a função pulmonar encontram-se normalizadas(59).

1.4 Fatores de Risco Pré-operatório

As complicações pulmonares são freqüentes após qualquer cirurgia, porém sua incidência é maior em cirurgias torácicas e abdominais altas. A ocorrência destas complicações está intimamente ligada à existência de fatores de risco pré-operatório. Entre eles, destacam-se: idade maior que 60 anos, presença de doença pulmonar prévia ou outras alterações clínicas como presença de tabagismo e sua intensidade, obesidade, desnutrição, tempo anestésico superior a 3 horas, técnica cirúrgica

empregada, valores espirométricos anormais e tempo de internação pré-operatório prolongado(60-64).

Tem sido demonstrado que a ocorrência de complicações pulmonares é 2 a 6 vezes mais comum em tabagistas ativos (29,5%) quando comparados com ex-tabagistas (14,7%) ou não fumantes (13,6%)(65). Tabagistas pesados apresentam maiores complicações que os fumantes leves. Isso se deve ao aumento dos níveis de carboxihemoglobina, que pode causar diminuição da PaO_2 (60,61).

Observa-se então, que o perfil dos pacientes que vão realizar cirurgias cardíacas tem mudado. São encaminhados pacientes mais idosos, com comprometimento acentuado na função ventricular e com outras comorbidades. Com isso, há necessidade de avaliar quais fatores pré-operatórios podem estar associados com o aumento do risco de mortalidade, complicações pós-operatórias e readmissão hospitalar.

Idade superior a 65 anos, cirurgia de emergência, reoperação estão associados a aumento de risco até 30 dias de pós-operatório; Já, a presença de insuficiência cardíaca, diabetes e infarto do miocárdio influenciam na sobrevida a longo prazo(4,5). E, a presença dos fatores de risco pré-operatórios como idade avançada, sexo feminino, superfície corporal, IAM 1 semana antes da cirurgia, IC, DPOC e diabetes aumentam o risco de reinternação hospitalar(5).

Os quatro fatores de risco pré-operatórios independentes associados ao desenvolvimento dessas complicações são: idade superior a 70 anos, tosse produtiva, diabete mellitus, história de tabagismo nas últimas oito semanas. Por outro lado, pacientes com capacidade vital inspiratória e pressão expiratória máxima acima de 75% do previsto demonstraram efeito protetor para o desenvolvimento de complicações pulmonares(8).

1.5 Complicações Pós-Operatórias de CRM

As principais complicações pós-operatórias da cirurgia de revascularização do miocárdio incluem: IAM pós-operatório, com incidência de 1,4% a 23%; Síndrome de baixo débito cardíaco; Arritmias, sendo que a forma mais comum é a fibrilação atrial que ocorre em 30% dos casos; Insuficiência renal; Acidente vascular cerebral, isquemia transitória, comprometimento da função intelectual, com incidência de 1 a 6%; Síndrome vasoplégica, é causa de instabilidade hemodinâmica, com incidência de 2 a 10%; Infecção – mediastinite, ocorre em torno de 1 a 4%, com mortalidade de 25%(19).

A incidência de complicações pulmonares é alta após a realização de CRM, chegando a 40%, contribuindo para morbidade e a mortalidade de pacientes, aumento do tempo de internação e aumento dos custos hospitalares com estes pacientes(8). A definição para complicações pulmonares pós-operatórias são a presença de características clínicas consistentes como consolidação pulmonar, elevação da temperatura corporal acima de 38^oC, associadas a alterações radiológicas ou à evidência de infecção(66). No entanto, não há um consenso sobre essa definição(61).

Dentre os fatores relacionados com o aumento da incidência de complicações pós-operatórias nas cirurgias cardíacas estão as alterações na mecânica da caixa torácica, dor, cardioplegia para proteção miocárdica e CEC(32). Além disso, a duração de anestesia superior a 4 horas é um preditor independente de complicações pulmonares pós-operatórias(62).

As principais complicações pulmonares encontradas no período pós-operatório são: pneumonia, broncoespasmo e consolidação lobar, presentes em 40% dos pacientes, atelectasias, com incidência de até 80%, ventilação mecânica

prolongada(32,61,62), edema pulmonar, derrame pleural, pneumotórax e disfunção diafragmática(3,19).

1.6 Fisioterapia no Pós-operatório de Cirurgia Cardíaca

Várias intervenções fisioterapêuticas vem sendo utilizadas visando melhorar a função pulmonar e prevenir ou reverter complicações pulmonares após a CRM. A literatura contempla estudos que avaliam a efetividade dessas intervenções em diferentes doenças associadas com alterações da função pulmonar, fraqueza muscular respiratória, deficiência dos mecanismos de tosse(67); nos períodos pré e pós-operatório, especialmente em cirurgias de grande porte, como as abdominais, as torácicas e as cardíacas(15,68), em pacientes que necessitam de ventilação mecânica(69). Nesta situação, estão incluídas diversas intervenções que podem ser realizadas isoladas ou de maneira combinada, dentre elas podemos citar a fisioterapia respiratória convencional, o treinamento muscular inspiratório, a inspirometria de incentivo e a pressão positiva expiratória, nas formas de EPAP, CPAP e BIPAP.

1.6.1 Fisioterapia respiratória convencional.

Este termo é utilizado pelos autores quando se realiza a fisioterapia torácica, que inclui manobras desobstrutivas (percussão, vibração e drenagem postural), mobilização precoce, exercícios de tosse e exercícios respiratórios diversos(66,67). Essas intervenções são amplamente utilizadas, principalmente em condições de acúmulo de secreção pulmonar, com recomendação nível C em pacientes com fibrose cística(67). No entanto, a efetividade da fisioterapia convencional tem sido questionada e parece não ter significância clínica em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca(9-11,15).

Johnson e cols.(70) avaliaram 75 pacientes submetidos à cirurgia de troca valvar, randomizados em dois grupos, um que realizou deambulação precoce, inspiração máxima sustentada e recebeu instruções sobre o procedimento; e o segundo grupo, que realizou a mesma rotina descrita acima, associada com percussão torácica durante a inspiração máxima sustentada. Não houve diferenças sobre a função pulmonar, na incidência de atelectasias e nos tempos de permanência na CTI e hospitalar.

Outros estudos avaliaram os benefícios da fisioterapia convencional (mobilização precoce e exercício de tosse) após as cirurgias cardíacas. Foram incluídos exercícios respiratórios diversos, como inspiração em tempos e com pausa inspiratória, executados antes e após a cirurgia, em diferentes graus de intensidade e frequência. Não houve diferenças significativas nas variáveis ventilatórias e no tempo de internação entre os pacientes que realizaram ou não a intervenção. Portanto, as evidências sugerem mudanças na prática tradicional de fisioterapia após cirurgias cardíacas(9-11,71).

1.6.2 Inspirômetro de Incentivo.

Esse dispositivo possibilita a realização de uma inspiração máxima sustentada com glote aberta até a CPT. Durante a inspiração ocorre elevação de um êmbolo, incentivando o paciente, através do feedback visual, a realizar ventilações lentas e profundas. Esse padrão determina aumento dos volumes inspiratórios, aumento da pressão transpulmonar, melhora o desempenho dos músculos inspiratórios, restabelecendo o padrão de expansão pulmonar(66).

A técnica consiste na inspiração lenta com sustentação da mesma durante 3 a 5 segundos. A frequência recomendada para sua utilização é de 5 a 10 inspirações a cada sessão, sendo uma sessão a cada hora, todos os dias, desde que o paciente esteja acordado (72).

Em um estudo não randomizado foi verificada diminuição em 8% do shunt intrapulmonar após a realização do inspirômetro de incentivo(73). Em outros estudos que avaliaram a função pulmonar, saturação de oxigênio, tempo de CTI e internação hospitalar pós-cirurgia cardíaca, o inspirômetro de incentivo não se mostrou eficiente, quando comparado com a realização de fisioterapia convencional(10,74) e com a pressão positiva expiratória na via aérea(75-77).

Os resultados do uso do inspirômetro de incentivo são amplamente discutidos em duas revisões sistemáticas que tiveram como objetivo verificar a efetividade desse recurso em pacientes após cirurgias abdominal, torácica e cardíaca. Mattos e cols.(66) verificaram redução na incidência de complicações pulmonares após cirurgias abdominais nos pacientes que utilizaram o inspirômetro de incentivo em comparação aos que não realizaram nenhuma abordagem, no entanto, não houve benefícios adicionais quando comparado a outras terapias respiratórias.

Nesses casos devem ser utilizados incentivadores volumétricos, pois esses impõem menor trabalho respiratório, quando comparado com incentivadores a fluxo, o que melhora a inspiração máxima sustentada, sendo mais benéfico nos cuidados respiratório de pacientes no período pós-operatório(78).

Concluiu-se que a evidência é baixa quanto ao uso do inspirômetro de incentivo e, quando utilizado, deve ser adjunto com outras intervenções fisioterapêuticas(79).

1.6.3 Pressão Positiva.

A terapia com pressão positiva expiratória na via aérea (EPAP) é a maneira mais prática de oferecer pressão positiva expiratória em respiração espontânea. O sistema é composto por um resistor que pode ser regulado para oferecer de 5 a 20 cmH₂O, uma válvula unidirecional acoplada a uma máscara facial ou a um bucal (com clipe nasal)(80). O paciente expira espontaneamente contra esta resistência, o que possibilita mobilização de secreções acumuladas nas vias aéreas, o recrutamento alveolar, a redistribuição de água extravascular e a diminuição do shunt intrapulmonar. Deve ser realizada durante 10 a 20 minutos a cada três horas, todos os dias, desde que o paciente esteja acordado(81). Em pacientes com fibrose cística, a recomendação para a utilização de pressão expiratória positiva apresenta-se com grau de evidência B, com benefício na remoção de secreções pulmonares. Tem ainda como fator positivo a possibilidade de ser realizada sem supervisão direta(67).

O uso de pressão positiva contínua na via aérea (CPAP) tem como característica principal a manutenção da pressão positiva na via aérea, tanto na inspiração quanto na expiração, em um mesmo valor. Entretanto, quando se usa a pressão positiva na via aérea em dois níveis (BIPAP), a pressão inspiratória é superior ao nível de pressão expiratória. Nessas duas modalidades são utilizadas máscaras para a interface, e não há necessidade da colaboração do paciente(80).

Está bem estabelecida a eficácia do uso de CPAP ou BIPAP no tratamento do edema pulmonar agudo de origem cardiogênica, no desmame da ventilação mecânica de pacientes com insuficiência cardíaca congestiva e com DPOC, bem como na exacerbação da DPOC(82). A realização de CPAP (10 a 15 cmH₂O) em pacientes durante o pós-operatório de cirurgias abdominais tem demonstrado benefícios na

redução de atelectasias, na diminuição da diferença alvéolo-arterial de oxigênio e melhora da oxigenação(83,84). Em pacientes com hipoxemia pós-operatória, o tratamento com oxigenoterapia mais CPAP diminui a incidência de reintubação endotraqueal e outras complicações, quando comparado ao uso somente de oxigenoterapia(85).

Os primeiros estudos que avaliaram o efeito da pressão positiva em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca foram no início da década de 90, comparando o uso de CPAP, com inspirômetro de incentivo e exercício respiratório na prevenção de complicações pulmonares. Não foram encontradas diferenças significativas na função pulmonar, nos gases sanguíneos e na incidência de atelectasias(75,76).

Uma tendência de melhora da PaO_2 e diminuição do risco em desenvolver complicações pulmonares foi observada em pacientes que utilizaram pressão positiva expiratória na via aérea durante o pós-operatório de CRM(86,87). Da mesma forma, o uso de CPAP durante 30 minutos, logo após a extubação, preveniu a aumento de líquido extravascular pulmonar nesses pacientes(88). Nesse mesmo contexto, o uso de CPAP durante 8 horas após a extubação foi bem tolerado pelos pacientes, minimizou a hipoxemia, mas não preveniu a aparecimento de atelectasias(89).

Estudos randomizados mais recentes já demonstram benefício do uso da pressão positiva nesses pacientes. Matte e cols.(13), realizaram um ensaio clínico randomizado, com 96 pacientes submetidos à CRM, com enxerto de artéria mamária. Todos os pacientes realizaram fisioterapia convencional, com exercícios de tosse e mobilização precoce. O grupo que utilizou inspirômetro de incentivo volumétrico (20 respirações a cada 2 horas) foi comparado com o grupo que realizou CPAP (5 cmH_2O) e com o grupo que utilizou BIPAP (12 e 5 cmH_2O). Neste estudo, observou-se queda da

CVF em 65% entre o pré-operatório e o 1º dia de pós-operatório em todos os grupos. Entretanto, houve recuperação da CVF e VEF₁ do 1º para o 2º dia, somente nos grupos CPAP (18%) e BIPAP (26%). Esse resultado pode ser explicado, pelo efeito do uso da pressão positiva expiratória que evita o colapso alveolar, o que possibilita o recrutamento alveolar, sem dor e sem necessidade da colaboração do paciente. Esse estudo demonstra que o uso de CPAP e ou BIPAP diminui o padrão ventilatório restritivo e o shunt pulmonar, podendo ser utilizado como adjunto na rotina da fisioterapia após CRM(13).

Corroborando com esses achados, Pasquina e cols.(71) também avaliaram os efeitos do CPAP e do BIPAP (com pressão positiva expiratória de 5 cmH₂O) durante o pós-operatório de CRM. Verificou-se que o uso do BIPAP melhorou a resolução radiológica das atelectasias quando comparado com CPAP. No entanto, essa melhora radiológica não foi acompanhada de aumento significativo da função pulmonar ou na oxigenação. Em função do baixo benefício clínico e do alto custo, ainda não está indicado o uso de BIPAP para pacientes em PO de cirurgia cardíaca.

A redução na incidência de atelectasias também foi demonstrada através do estudo de Westerdahl e cols(12), utilizando pressão positiva expiratória, através de selo d'água. Foi verificado que as maiores áreas de atelectasias se encontram nas bases pulmonares, próximas do diafragma, com presença 2,5% de área de atelectasia no grupo que utilizou a pressão positiva e 4,7%,no grupo controle.

1.6.4 Treinamento muscular respiratório pré-operatório.

O treinamento muscular inspiratório (TMI) é um importante modo de aumentar a força e a resistência da musculatura respiratória, melhorando a dispnéia e a qualidade

de vida. Sua indicação inclui as doenças neuromusculares, DPOC, desmame difícil da ventilação mecânica, insuficiência cardíaca, mas, sobretudo qualquer doença associada com a presença de fraqueza da musculatura respiratória(90).

O TMI vem sendo realizado em pacientes no período pré-operatório de cirurgia cardíaca, com benefícios sobre a função pulmonar, na diminuição de complicações pulmonares e na diminuição do tempo de internação hospitalar(14,91). Além, disso, programas de orientação fisioterapêutica pré-operatória, com orientação e explicação dos exercícios, demonstrou que pacientes instruídos no pré-operatório podem compreender e colaborar melhor durante o período de pós-operatório(92).

Os efeitos do TMI no pré-operatório também têm sido verificados através de estudos em indivíduos que serão submetidos a CRM. Foi observado melhora da força muscular respiratória, da função pulmonar e nas trocas gasosas no grupo TMI. Além disso, 4 pacientes (27%) do grupo controle apresentaram complicações pulmonares enquanto que somente 1 (7%) do grupo TMI apresentou complicações. Assim, o TMI reduz a perda da função pulmonar após a cirurgia, e desta forma, pode também prevenir as complicações pulmonares pós-operatórias(91,93).

Hulzebos e cols.(14) realizaram um ensaio clínico randomizado, avaliando os efeitos do TMI em 279 pacientes com alto risco de desenvolver complicações pulmonares, durante os períodos pré e pós-operatório de CRM,. Foi demonstrada redução na incidência de complicações pulmonares pós-operatórias (18% vs 35%), de pneumonia (6,5% vs 16,1%) e no tempo de internação hospitalar (7 vs 8 dias) no grupo TMI.

Pacientes com DPOC, candidatos à CRM, também se beneficiaram com treinamento pré-operatório. Nesse grupo, houve redução no tempo de ventilação

mecânica pós-operatória, nas complicações pós-operatórias e no tempo de internação hospitalar(94).

1.7 Perspectivas

Com base nos dados apresentados, observam-se alguns benefícios aos pacientes submetidos à CRM, principalmente aqueles com risco de desenvolver complicações pulmonares pós-operatórias, utilizando-se pressão positiva expiratória, assim como realização de treinamento muscular inspiratório durante o período que antecede a cirurgia cardíaca.

No entanto, uma revisão sistemática publicada recentemente por Pasquina e cols.(15) sobre o uso da fisioterapia respiratória para prevenir complicações pulmonares após cirurgia cardíaca, mostra a falta de evidências sobre os benefícios das diversas intervenções sobre a função pulmonar, incidência de atelectasias e complicações pós-operatórias. Entretanto, as conclusões sobre a fisioterapia respiratória, são inconsistentes devido à falta de qualidade dos estudos. São poucos estudos randomizados, cegos e controlados; as amostras são pequenas, com pouco tempo de seguimento e as intervenções são analisadas de maneira associada e com grande variabilidade na frequência e intensidade, quando se encontram descritas. Portanto, permanece controverso, se existe superioridade de uma ou outra intervenção na resolução da disfunção pulmonar nestes pacientes, bem como na prevenção de complicações pulmonares no pós-operatório. Desta forma, ressalta-se a necessidade da realização de ensaios clínicos de qualidade nesse contexto.

Portanto, a justificativa para realização desse estudo é original e inovadora no sentido de testar especificamente o uso de associação entre duas intervenções

fisioterapêuticas. Sabe-se das inúmeras complicações pós-operatórias nas cirurgias de grande porte, como a revascularização do miocárdio e, também, da utilização de diversas intervenções fisioterapêuticas empregadas com o objetivo de prevenir ou reverter as complicações pulmonares pós-operatórias. Porém, dados da literatura ainda são contraditórios e escassos sobre quais procedimentos são realmente eficazes em pacientes revascularizados(15). Sobretudo, ainda se percebe uma carência de estudos que estabeleçam o tratamento fisioterapêutico como um recurso eficaz na redução de complicações pós-operatórias de revascularização miocárdica, principalmente quando se trata de populações de risco, como tabagistas e pneumopatas crônicos, torna-se então, necessário a realização de estudos com a proposta de comparar intervenções com grupos controles para melhor documentar os possíveis benefícios para esses pacientes.

Referências bibliográficas

1. Keenan TD, Abu-Omar Y, Taggart DP. Bypassing the pump: changing practices in coronary artery surgery. *Chest* 2005;128:363-9.
2. Noronha JC, Travassos C, Martins M, Campos MR, Maia P, Panezzuti R. Avaliação da relação entre volume de procedimentos e a qualidade do cuidado: o caso de cirurgia coronariana no Brasil. *Cad. Saúde Pública* 2003;19:1781-1789.
3. Pitrez FAB, Pioner SR. Pré e Pós-operatório em cirurgia geral e especializada. . 2 ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2003.
4. Koch CGea. Prevalence of Risk Factors, and Not Gender Per se, Determines Short- and Long Term Survival After Coronary Artery Bypass Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2003;17:585-593.
5. Bradshaw PJ, Jamrozik K, Le M, Gilfillan I, Thompson PL. Mortality and recurrent cardiac events after coronary artery bypass graft: long term outcomes in a population study. *Heart* 2002;88:488-94.
6. Branca P, McGaw P, Light R. Factors associated with prolonged mechanical ventilation following coronary artery bypass surgery. *Chest* 2001;119:537-46.
7. Spivack SD, Shinozaki T, Albertini JJ, Deane R. Preoperative prediction of postoperative respiratory outcome. *Coronary artery bypass grafting. Chest* 1996;109:1222-30.
8. Hulzebos EH, Van Meeteren NL, De Bie RA, Dagnelie PC, Helders PJ. Prediction of postoperative pulmonary complications on the basis of preoperative risk factors in patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery. *Phys Ther* 2003;83:8-16.

9. Dull JL, Dull WL. Are maximal inspiratory breathing exercises or incentive spirometry better than early mobilization after cardiopulmonary bypass? *Phys Ther* 1983;63:655-9.
10. Jenkins SC, Soutar SA, Loukota JM, Johnson LC, Moxham J. Physiotherapy after coronary artery surgery: are breathing exercises necessary? *Thorax* 1989;44:634-9.
11. Stiller K, Montarello J, Wallace M, et al. Efficacy of breathing and coughing exercises in the prevention of pulmonary complications after coronary artery surgery. *Chest* 1994;105:741-7.
12. 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;128:3482-8.
13. Matte P, Jacquet L, Van Dyck M, Goenen M. Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;44:75-81.
14. Hulzebos EH, Helders PJ, Favie 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;296:1851-7.
15. Pasquina P, Tramer MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *Bmj* 2003;327:1379.
16. Martins J, Silva J. Pioneiros de estudos epidemiológicos na doença cardiovascular. *Boletim da SPM* 2006;21:24-31.

17. Gus I. Prevenção da cardiopatia isquêmica, o investimento na saúde. Arq. Bras. Cardiol 1998;70.
18. DATASUS. População Residente in Informações de Saúde. . Ministério da Saúde 2007.
19. Guimarães Jlec. Diretrizes da cirurgia de revascularização miocárdica. . Arq Bras Cardiol 2004;82:1-20.
20. Sabiston DC. Tratado de Cirurgia – as bases biológicas da prática cirúrgica moderna. 15ª ed. Rio de Janeiro, 1999.
21. Malbouisson LMS, Santos LM, Auler JJOC, Carmona MJC. Proteção Miocárdica em Cirurgia Cardíaca. . Rev Bras Anesthesiol 2005;55:558-574.
22. Myles PS, Mcllroy D. Fast-track cardiac anesthesia: choice of anesthetic agents and techniques. Semin Cardiothorac Vasc Anesth 2005;9:5-16.
23. Warner DO. Preventing postoperative pulmonary complications: the role of the anesthesiologist. Anesthesiology 2000;92:1467-72.
24. Staton GW, Williams WH, Mahoney EM, et al. Pulmonary outcomes of off-pump vs on-pump coronary artery bypass surgery in a randomized trial. Chest 2005;127:892-901.
25. Moura HV, Pomerantzeff PMA, Gomes WJ. Síndrome da resposta inflamatória sistêmica na circulação extracorpórea: papel das interleucinas. Rev Bras Cir Cardiovasc 2001;16:376-387.
26. Groeneveld AB, Verheij J, van den Berg FG, Wisselink W, Rauwerda JA. Increased pulmonary capillary permeability and extravascular lung water after major vascular surgery: effect on radiography and ventilatory variables. Eur J Anaesthesiol 2006;23:36-41.

27. Massoudy P, Zahler S, Becker BF, Braun SL, Barankay A, H. M. Evidence for inflammatory responses of the lungs during coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass. . CHEST 2001;119:31-36.
28. Conti VR. Pulmonary injury after cardiopulmonary bypass. Chest 2001;119:2-4.
29. Milot J, Perron J, Lacasse Y, Letourneau L, Cartier PC, Maltais F. Incidence and predictors of ARDS after cardiac surgery. Chest 2001;119:884-8.
30. Scott BH, Seifert FC, Grimson R, Glass PS. Octogenarians undergoing coronary artery bypass graft surgery: resource utilization, postoperative mortality, and morbidity. J Cardiothorac Vasc Anesth 2005;19:583-8.
31. Ng CS, Wan S, Yim AP, Arifi AA. Pulmonary dysfunction after cardiac surgery. Chest 2002;121:1269-77.
32. Ferguson MK. Preoperative assessment of pulmonary risk. Chest 1999;115:58S-63S.
33. Vargas FS, Terra-Filho M, Hueb W, Teixeira LR, Cukier A, Light RW. Pulmonary function after coronary artery bypass surgery. Respir Med 1997;91:629-33.
34. Groeneveld AJ, Jansen EK, Verheij J. Mechanisms of pulmonary dysfunction after on-pump and off-pump cardiac surgery: a prospective cohort study. J Cardiothorac Surg 2007;2:11.
35. Hachenberg T, Brussel T, Roos N, et al. Gas exchange impairment and pulmonary densities after cardiac surgery. Acta Anaesthesiol Scand 1992;36:800-5.
36. Verheij J, Lingen A, Raijmakers PGHM, et al. Pulmonary abnormalities after cardiac surgery are better explained by atelectasis than by increased permeability. Ann Thorac Surg. 2003;75:853-857.

37. Singh NP, Vargas FS, Cukier A, Filho MT, Teixeira LR, Light RW. Arterial Blood Gases after Coronary Artery Bypass Surgery. *Chest* 1992;102:1337-1341.
38. Andrejaitiene J, Sirvinskas E, Bolys R. The influence of cardiopulmonary bypass on respiratory dysfunction in early postoperative period. *Medicina (Kaunas)* 2004;40 Suppl 1:7-12.
39. Babik B, Asztalos T, Petak F, Deak ZI, Hantos Z. Changes in respiratory mechanics during cardiac surgery. *Anesth Analg* 2003;96:1280-7, table of contents.
40. Çimen S, Özkul V, Ketenci B, et al. Daily comparison of respiratory functions between on-pump and off-pump patients undergoing CABG. *Eur Jor of Cardiothoracic Surgery* 2003;23:589-594.
41. Cox CM, Ascione R, Cohen AM, Davies IM, Ryder IG, Angelini GD. Effect of cardiopulmonary bypass on pulmonary gas exchange: a prospective randomized study. *Ann Thorac Surg* 2000;69:140-5.
42. Berrizbetia LD, Tessler S, Jacobowitz IJ, Kaplan P, Budzilowicz L, JN. C. Effect of sternotomy and coronary bypass surgery on postoperative pulmonary mechanism. Comparison of internal mammary saphenous vein bypass graft. . *CHEST* 1989;96:873-876.
43. Goksin I, Baltalarli A, Sacar M, et al. Preservation of pleural integrity in patients undergoing coronary artery bypass grafting: effect on postoperative bleeding and respiratory function. *Acta Cardiol* 2006;61:89-94.
44. Bonacchi M, Prifti E, Giunti G, Salica A, Frati G, Sani G. Respiratory dysfunction after coronary artery bypass grafting employing bilateral internal mammary arteries: the influence of intact pleura. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:827-33.

45. Matsumoto M, Konishi Y, Miwa S, Minakata K. Effect of different methods of internal thoracic artery harvest on pulmonary function. *Ann Thorac Surg* 1997;63:653-5.
46. Daganou M, Dimopoulou I, Michalopoulos N, et al. Respiratory complications after coronary artery bypass surgery with unilateral or bilateral internal mammary artery grafting. *Chest* 1998;113:1285-9.
47. Vargas FS, Cukier A, Filho MT, Hueb W, Teixeira LR, Light PW. Relationship Between Pleural Changes after Myocardial Revascularization and Pulmonary Mechanics. *Chest* 1992;102:1333-1336.
48. Mills GH, Khan ZP, Moxham J, Desai J, Forsyth A, Ponte J. Effects of temperature on phrenic nerve and diaphragmatic function during cardiac surgery. *Br J Anaesth* 1997;79:726-32.
49. Mueller XM, Tinguely F. Pain location distribution and intensity after cardiac surgery. *CHEST* 2000;118:391-396.
50. Eisenberg E, Pultorak Y, Pud D, Bar-El Y. Prevalence and characteristics of post coronary artery bypass graft surgery pain (PCP). *Pain* 2001;92:11-7.
51. Pettersson PH, Settergren G, Owall A. Similar pain scores after early and late extubation in heart surgery with cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;18:64-7.
52. Hagl C, Harringer W, Gohrbandt B, Haverich A. Site of pleural drain insertion and early postoperative pulmonary function following coronary artery bypass grafting with internal mammary artery. *Chest* 1999;115:757-61.

53. Vassilakopoulos T, Mastora Z, Katsaounou P. Contribution of pain to inspiratory muscle dysfunction after upper abdominal surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1372--1375.
54. Mueller XM, Tinguely F, Tevaeearai HT, Ravussin P, Stumpe F, von Segesser LK. Impact of duration of chest tube drainage on pain after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;18:570-4.
55. Gust R, Pecher S, Gust A, Hoffmann V, Bohrer H, Martin E. Effect of patient-controlled analgesia on pulmonary complications after coronary artery bypass grafting. *Crit Care Med* 1999;27:2218-23.
56. Bensenor FE, Vieira JE, Auler Junior JO. Thoracic sympathetic block reduces respiratory system compliance. *Sao Paulo Med J* 2007;125:9-14.
57. Ragnarsdottir M, Kristjansdottir A, Ingvarsdottir I, Hannesson P, Torfason B, Cahalin L. Short-term changes in pulmonary function and respiratory movements after cardiac surgery via median sternotomy. *Scand Cardiovasc J* 2004;38:46-52.
58. Kristjansdottir A, Ragnarsdottir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Chest wall motion and pulmonary function are more diminished following cardiac surgery when the internal mammary artery retractor is used. *Scand Cardiovasc J* 2004;38:369-74.
59. Kristjansdottir A, Ragnarsdottir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Respiratory movements are altered three months and one year following cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J* 2004;38:98-103.
60. Bluman LG, Mosca L, Newman N, Simon DG. Preoperative smoking habits and postoperative pulmonary complications. *Chest* 1998;113:883-9.

61. Doyle RL. Assessing and modifying the risk of postoperative pulmonary complications. *Chest* 1999;115:77S-81S.
62. Filardo FA, Faresin SM, Fernandes ALG. Validade de um Índice Prognóstico para Ocorrência de Complicações Pulmonares no Pós-Operatório de Cirurgia Abdominal Alta. *Rev Assoc Med Bras* 2002;48:209-216.
63. Pereira ED, Fernandes AL, da Silva Ancao M, de Araujo Pereres C, Atallah AN, Faresin SM. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *Sao Paulo Med J* 1999;117:151-60.
64. Ambrozin ARP, Cataneo AJM. Aspectos da função pulmonar após revascularização do miocárdio relacionados com risco pré-operatório. *Braz J Cardiovasc Surg* 2005;20:408-415.
65. Ngaage DL, Martins E, Orkell E, et al. The impact of the duration of mechanical ventilation on the respiratory outcome in smokers undergoing cardiac surgery. *Cardiovasc Surg* 2002;10:345-50.
66. Matos JM, KT; Filho, DS; Parreira, VF. Eficácia da espirometria de incentivo na prevenção de complicações pulmonares após cirurgias torácicas e abdominais- revisão de literatura. *Rewv. Bras. Fisioter* 2003;7:93-99.
67. McCool FD, Rosen MJ. Nonpharmacologic airway clearance therapies: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2006;129:250S-259S.
68. Pasquina P, Tramer MR, Granier JM, Walder B. Respiratory physiotherapy to prevent pulmonary complications after abdominal surgery: a systematic review. *Chest* 2006;130:1887-99.

69. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest* 2000;118:1801-13.
70. Johnson D, Kelm C, Thomson D, Burbridge B, Mayers I. The effect of physical therapy on respiratory complications following cardiac valve surgery. *Chest* 1996;109:638-44.
71. Pasquina P, Merlani P, Granier JM, Ricou B. Continuous positive airway pressure versus noninvasive pressure support ventilation to treat atelectasis after cardiac surgery. *Anesth Analg* 2004;99:1001-8, table of contents.
72. AARC (American Association for Respiratory Care) clinical practice guideline. Incentive spirometry. *Respir Care* 1991;36:1402-5.
73. Strider D, Turner D, Egloff MB, Burns SM, Truwit JD. Stacked inspiratory spirometry reduces pulmonary shunt in patients after coronary artery bypass. *Chest* 1994;106:391-5.
74. Crowe JM, Bradley CA. The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery. *Phys Ther* 1997;77:260-8.
75. Stock MC, Downs JB, Cooper RB, et al. Comparison of continuous positive airway pressure, incentive spirometry, and conservative therapy after cardiac operations. *Crit Care Med* 1984;12:969-72.
76. Oikkonen M, Karjalainen K, Kahara V, Kuosa R, Schavikin L. Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest* 1991;99:60-5.

77. Westerdahl E, Lindmark B, Almgren SO, Tenling A. Chest physiotherapy after coronary artery bypass graft surgery--a comparison of three different deep breathing techniques. *J Rehabil Med* 2001;33:79-84.
78. Weindler J, Kiefer RT. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest* 2001;119:1858-64.
79. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest* 2001;120:971-8.
80. Barnes T. *Core Textbook of Respiratory Care*. 2 ed. Saint Louis, Missouri, 1994.
81. AARC clinical practice guideline. Use of positive airway pressure adjuncts to bronchial hygiene therapy. American Association for Respiratory Care. *Respir Care* 1993;38:516-21.
82. Il Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. *J Pneumol* 2000;26.
83. Ricksten SE, Bengtsson A, Soderberg C, Thorden M, Kvist H. Effects of periodic positive airway pressure by mask on postoperative pulmonary function. *Chest* 1986;89:774-81.
84. Lindner KH, Lotz P, Ahnefeld FW. Continuous positive airway pressure effect on functional residual capacity, vital capacity and its subdivisions. *Chest* 1987;92:66-70.
85. Squadrone V, Cocha M, Cerutti E, et al. Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *Jama* 2005;293:589-95.

86. Richter Larsen K, Ingwersen U, Thode S, Jakobsen S. Mask physiotherapy in patients after heart surgery: a controlled study. *Intensive Care Med* 1995;21:469-74.
87. Christensen EF, Schultz P, Jensen OV, et al. Postoperative pulmonary complications and lung function in high-risk patients: a comparison of three physiotherapy regimens after upper abdominal surgery in general anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1991;35:97-104.
88. Gust R, Gottschalk A, Schmidt H, Bottiger BW, Bohrer H, Martin E. Effects of continuous (CPAP) and bi-level positive airway pressure (BiPAP) on extravascular lung water after extubation of the trachea in patients following coronary artery bypass grafting. *Intensive Care Med* 1996;22:1345-50.
89. Jousela I, Rasanen J, Verkkala K, Lamminen A, Makelainen A, Nikki P. Continuous positive airway pressure by mask in patients after coronary surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1994;38:311-6.
90. Dall'Ago P, Chiappa GR, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:757-63.
91. Weiner P, Zeidan F, Zamir D, et al. Prophylactic inspiratory muscle training in patients undergoing coronary artery bypass graft. *World J Surg* 1998;22:427-31.
92. Leguisamo PK, RAK, Furlani, A. A efetividade de uma proposta fisioterapêutica pré-operatória para cirurgia de revascularização do miocárdio.
93. Nomori H, Kobayashi R, Fuyuno G, Morinaga S, Yashima H. Preoperative respiratory muscle training. Assessment in thoracic surgery patients with special reference to postoperative pulmonary complications. *Chest* 1994;105:1782-8.

94. Rajendran AJ, Pandurangi UM, Murali R, Gomathi S, Vijayan VK, Cherian KM. Pre-operative short-term pulmonary rehabilitation for patients of chronic obstructive pulmonary disease undergoing coronary artery bypass graft surgery. Indian Heart J 1998;50:531-4.

2. HIPÓTESE

A utilização do protocolo de intervenção II+EPAP reduz a incidência de complicações pulmonares pós-operatórias e o tempo de internação hospitalar e melhora a função pulmonar, a força muscular respiratória e a capacidade funcional em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio.

3. OBJETIVOS

3.1 Analisar as respostas da função pulmonar após a realização do protocolo II+EPAP em pacientes submetidos à CRM.

3.2 Avaliar o impacto do protocolo II+EPAP sobre a força muscular respiratória.

3.3 Analisar a capacidade funcional, através do teste de caminhada dos seis minutos, nos diferentes grupos.

3.4 Verificar a incidência de alterações radiológicas pulmonares e de complicações pulmonares pós-operatórias no momento da alta hospitalar.

3.4 Observar o comportamento da função pulmonar, força muscular respiratória e capacidade funcional durante o período hospitalar e após 30 dias de cirurgia.

Capítulo II

ARTIGO

Pressão Positiva Expiratória na Via Aérea Associada ao Inspirômetro de Incentivo Reduz as Complicações Pulmonares, Melhora a Função Pulmonar e a Capacidade Funcional em Pacientes Submetidos à Cirurgia de Revascularização do Miocárdio.

MAUREN P. HAEFFNER¹, GLÓRIA M. FERREIRA³, SÉRGIO S. M. BARRETO¹,
PEDRO DALL'AGO^{1,2,3}

- 1- Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares. HCPA-UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- 2- Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas e Departamento de Ciências Fisiológicas – FFFCMPA, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- 3- Curso de Graduação em Fisioterapia do Centro Universitário La Salle – UNILASALLE, Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil.

Apoio Financeiro: CNPq, CAPES e FIPE/HCPA

Título resumido: Fisioterapia respiratória após CRM

Autor para Correspondência:

Pedro Dall'Ago, PhD
Depto. Ciências Fisiológicas – FFFCMPA
Sarmiento Leite, 245/308
90050-170, Porto Alegre, RS, Brasil
Tel. +55 51 33038751
Fax +55 51 33038810
e-mail: pdallago@pq.cnpq.br

INTRODUÇÃO

A cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) é um procedimento realizado diariamente em todo o mundo para o tratamento de pacientes com isquemia miocárdica sintomática. Entretanto, apesar dos recentes avanços na técnica cirúrgica de revascularização do miocárdio(1), nos protocolos de anestesia(2,3), na técnica de circulação extracorpórea(4), nos cuidados perioperatórios e pós-operatórios(5,6), a realização de CRM, ainda é um procedimento que está associado ao desenvolvimento freqüente de complicações pulmonares (CPs) pós-operatórias, de origem multifatorial(7). Provavelmente estas complicações devem-se em parte, as mudanças no perfil dos pacientes submetidos à CRM. A realização de cirurgias em pacientes com idade avançada, com comprometimento acentuado na função ventricular e outras comorbidades como infarto prévio, tosse produtiva, diabetes mellitus e história de tabagismo(1,8) são fatores pré-operatórios que associam-se com a ocorrência de CPs. Da mesma forma, fatores perioperatórios como uso de anestesia geral que pode diminuir a capacidade residual funcional em aproximadamente 20%(9), as modificações pulmonares pós circulação extracorpórea (CEC) que dificultam as trocas gasosas(10,11), a utilização da artéria mamária interna que aumenta o risco de desenvolver derrame pleural(12,13), e a dor que leva a um padrão respiratório restritivo e superficial, com diminuição do mecanismo de tosse e retenção de secreções são fatores que potencializam a ocorrência de CPs. Além disso, mudanças nas propriedades mecânicas do sistema respiratório, principalmente devido a utilização de CEC diminuem a complacência pulmonar, favorecendo o aparecimento de atelectasias e hipoxemia(14,15). Ademais, o uso de ventilação mecânica prolongada(16-18), a

presença de edema pulmonar(4), derrame pleural, pneumotórax e disfunção diafragmática também são comuns no período pós-operatório de CRM(19,20).

A redução dos volumes e capacidade pulmonares(21), a presença de atelectasias(22), pneumonia(23), broncoespasmo e consolidações lobares(9) são fatores que aumentam a morbidade e a mortalidade bem como aumentam o tempo de internação hospitalar e os gastos durante a internação com esses pacientes(8,24-26).

A fisioterapia respiratória tem sido utilizada com o objetivo de melhorar a função pulmonar, prevenir ou tratar as complicações pulmonares no pós-operatório. Uma das técnicas mais utilizada é a inspirometria de incentivo (II) com a intenção de prevenir as CPs pos operatórias(27). Diversos estudos têm comparado diferentes intervenções fisioterapêuticas, como exercícios respiratórios e de tosse, inspirômetro de incentivo e pressão positiva expiratória na via aérea (EPAP). No entanto, a efetividade da fisioterapia tem sido questionada e, de acordo com alguns estudos, parece não ter significância clínica(28-30). No entanto, os estudos realizados para avaliar as técnicas de fisioterapia respiratória apresentam fatores de confusão que não foram adequadamente controlados. A grande maioria dos estudos inclui pacientes que não apresentam potenciais riscos para desenvolvimento de complicações pós-operatórias(31), geralmente incluem co-intervenções ou intervenções associadas e em diferentes populações.

Poucos estudos bem conduzidos e recentes têm demonstrado efeitos benéficos, de técnicas específicas de fisioterapia respiratória, principalmente naqueles pacientes com maior risco de desenvolver complicações pulmonares pós-operatórias. A utilização da pressão positiva expiratória na via aérea (32-34) no período pós-operatório, assim como a realização de treinamento muscular inspiratório(31) durante o período que

antecede a cirurgia cardíaca mostraram benefícios importantes. Entretanto ainda existem muitas lacunas e dúvidas sobre os potenciais efeitos benéficos da fisioterapia respiratória nesta condição. Portanto, o objetivo do presente estudo, controlado randomizado e cego, é de avaliar especificamente um protocolo de intervenção fisioterapêutica, que utiliza associação de inspirômetro de incentivo e pressão positiva expiratória na via aérea (II+EPAP) na redução de complicações pulmonares, na melhora da função pulmonar e da capacidade funcional em pacientes de risco, submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio.

PACIENTES E MÉTODOS

Delineamento e Participantes do Estudo

De Janeiro de 2005 a Janeiro de 2007, um total de cento e noventa e quatro indivíduos com cardiopatia isquêmica, internados no Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), para a realização de cirurgia eletiva de revascularização do miocárdio, foram avaliados para participar do estudo. Desses, somente 43 pacientes preencheram os seguintes critérios de inclusão e foram randomizados para o estudo: idade superior a 50 anos, história de tabagismo e/ou doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e utilização de enxerto mamário. Foram excluídos do estudo, pacientes com diagnóstico de insuficiência cardíaca congestiva (ICC), diabetes mellitus, neuropatia periférica, obesidade (IMC \geq 30), doenças neurológicas ou musculoesqueléticas, e pacientes que necessitaram de ventilação mecânica prolongada (mais de 24 horas) ou que necessitaram de reintubação.

Após o aceite em participar e serem incluídos no estudo, todos os indivíduos assinaram o termo de consentimento informado, de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas, envolvendo seres humanos aprovadas pelo Comitê de Ética do HCPA. Os indivíduos foram randomizados para um dos dois grupos: grupo intervenção (II+EPAP) ou grupo controle. Os pacientes do grupo II+EPAP foram submetidos a um protocolo, com a utilização de inspirômetro de incentivo associado ao EPAP. Estes pacientes também receberam orientações sobre a técnica de tosse. O grupo controle recebeu somente orientações sobre técnica de tosse. Ambos os grupos foram tratados de acordo com as rotinas médicas, farmacológicas e de enfermagem para o período pós-operatório de cirurgia cardíaca do HCPA.

No período pré-operatório, todos os pacientes foram avaliados de acordo com o protocolo que incluía: entrevista, onde foram verificadas informações sobre história da doença, fatores de riscos e a presença de sintomas; espirometria; pletismografia de corpo inteiro; raio-x de tórax; medida das pressões respiratórias máximas e teste de caminhada de seis minutos (TC6M). Posteriormente, os indivíduos de ambos os grupos receberam orientações sobre o período pós-operatório, foram treinados para técnica de tosse e para a realização do protocolo de intervenção, no caso do grupo II+EPAP.

Os pacientes foram acompanhados diariamente até a alta hospitalar. Neste momento, todos foram reavaliados com os mesmos testes feitos no pré-operatório, e os indivíduos do grupo II+EPAP receberam instrução para a continuidade do protocolo durante mais três semanas no seu domicílio. Após esse período, os pacientes foram novamente reavaliados no serviço de pneumologia do HCPA.

Desfechos Avaliados

Todos os pacientes realizaram um protocolo de avaliação conforme anteriormente descrito, no período pré-operatório, no dia da alta hospitalar e no trigésimo dia de pós-operatório. Todos os testes para a obtenção das variáveis de interesse (desfechos) foram realizados por um avaliador cego.

Força Muscular Ventilatória: A medida das pressões respiratórias máximas foi realizada por um sistema composto por um transdutor de pressão MVD-500 V.1.1 (Microhard System, ± 300 cmH₂O, Globalmed, Porto Alegre-RS), conectado a um tubo em T, com duas válvulas unidirecionais, uma inspiratória e outra expiratória (*DHD Inspiratory Muscle Trainer*), acoplado a um bucal(35). Após dois ciclos respiratórios em volume de ar corrente, o indivíduo expirava lentamente até volumes próximos ao volume residual, em seguida realizava uma inspiração máxima contra o circuito fechado, para medida da pressão inspiratória máxima ($PI_{m\acute{a}x}$). Um orifício de 2 mm de diâmetro foi utilizado no sistema durante a manobra de inspiração máxima para prevenir a produção de pressão pelos músculos faciais(36,37). A manobra para medida da pressão expiratória máxima ($PE_{m\acute{a}x}$) foi iniciada com uma inspiração lenta até a capacidade pulmonar total, seguida de uma expiração forçada contra o circuito fechado. Os valores obtidos para $PI_{m\acute{a}x}$ e $PE_{m\acute{a}x}$ foram visualizados diretamente no transdutor de pressão. Para a análise dos dados referentes a $PI_{m\acute{a}x}$ e $PE_{m\acute{a}x}$ foram utilizados os valores absolutos e os valores previstos de acordo com as equações propostas por Neder e cols.(38). Para realizar as medidas de $PI_{m\acute{a}x}$ e $PE_{m\acute{a}x}$, os pacientes adotaram a posição sentada, com os cotovelos apoiados e com clipe nasal. As medidas foram repetidas seis vezes com intervalo de um minuto entre elas, sendo considerado

somente o valor máximo alcançado, desde que não houvesse uma diferença maior do que 5% entre dois maiores valores(39).

Função Pulmonar: Para a avaliação da função pulmonar, todos os pacientes realizaram um teste espirométrico computadorizado (*Eric Jaeger GmbH, Würzburg, Germany*) de acordo com o consenso brasileiro de espirometria(40). Para a análise das variáveis da capacidade vital forçada (CVF), Volume expirado no primeiro segundo (VEF_1), pico de fluxo expiratório (PFE), capacidade inspiratória (CI), foram utilizados valores absolutos e de referência seguindo as recomendações da *American Thoracic Society* (ATS)(41). As medidas da capacidade pulmonar total (CPT), capacidade residual funcional (CRF), volume residual (VR), resistência da via aérea (R_{tot}) e coeficiente de difusão do monóxido de carbono (DCO) foram feitas por um pletismógrafo de corpo inteiro (*Master Screen Body, Jaeger, Germany*). Os valores são expressos como absolutos e preditos seguindo as recomendações da ATS(41). Todas as medidas foram realizadas por um técnico credenciado pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, cego para o estudo.

Capacidade Funcional Submáxima: A capacidade funcional submáxima foi avaliada através do teste de caminhada de seis minutos. O TC6M foi realizado em superfície plana, com percurso retilíneo de 30 metros, demarcados a cada 3 metros, com dois cones demarcando o início e fim do percurso. Após um repouso de 10 minutos foram verificados os sinais vitais (pressão arterial, FC, FR, oximetria de pulso, presença de dor e dispnéia através da escala de Borg), foram dadas orientações sobre o teste, para posterior realização do TC6M. Durante todo o teste um fisioterapeuta treinado

permaneceu supervisionando e incentivando os pacientes com frases de encorajamento conforme descritas pelo consenso da ATS sobre TC6M. Caso o paciente necessita-se interromper o teste para descansar, o cronômetro não foi parado. O teste foi interrompido quando houve dessaturação importante (abaixo de 85%), dor no peito, dispnéia intensa, tontura, sudorese, palidez ou cianose(42).

Presença de Alterações Radiológicas: As análises de Raios-X de tórax foram realizadas de maneira cega por radiologistas do Serviço de Radiologia do HCPA. A presença de atelectasias, derrame pleural e consolidação pulmonar foram quantificados através de escore de 0-4, proposto por Staton e cols.(4).

Protocolo de Intervenção

No primeiro dia de pós-operatório (PO), após a extubação do paciente, iniciou-se a execução do protocolo de intervenção, que consistiu na realização de exercícios respiratórios, utilizando um inspirômetro de incentivo volumétrico (Voldyne® 5000, EUA) associado ao EPAP (Vital Sign's®, New Jersey,EUA). A pressão expiratória no EPAP foi aumentada progressivamente da seguinte maneira: 1° e 2° dias de PO - 5 cm de H₂O; 3° dia de PO - 6 cm de H₂O; 4° e 5° dias de PO - 8 cm de H₂O; 6° e 7° dias de PO - 10 cm de H₂O e nos dias após a alta hospitalar - 15 cm de H₂O.

O protocolo de II+EPAP foi executado duas vezes ao dia, supervisionado por um fisioterapeuta. Além disso, os pacientes do grupo II+EPAP foram estimulados a realizar mais 2 a 4 vezes ao dia sem orientação direta. O período de duração do protocolo foi de 15 a 20 minutos, com descanso de 1 minuto, caso necessário, conforme a tolerância

de cada paciente. A pressão do EPAP foi aumentada conforme o dia de pós-operatório, no entanto, se o paciente fosse incapaz de realizar o exercício adequadamente, a carga foi mantida, e elevada somente no dia seguinte.

Durante a intervenção, os pacientes foram orientados a manter um padrão ventilatório diafragmático, com frequência respiratória entre 12 e 18 ciclos por minuto. Na unidade de terapia intensiva, o protocolo foi interrompido caso a frequência cardíaca fosse ≥ 120 batimentos por minuto, a pressão arterial $\geq 150/100$, a $\text{SatO}_2 < 90$ e caso houvesse instabilidade hemodinâmica.

Após a alta hospitalar, os pacientes mantiveram seu equipamento, possibilitando a continuidade do protocolo no seu domicílio, duas vezes ao dia, por um período de 15 minutos. Para reforçar a importância da realização do protocolo e verificar a pressão do EPAP foram feitos contatos telefônicos semanais. Este contato também foi realizado com o grupo controle.

Tamanho da Amostra e Análise Estatística

Toda a análise estatística empregada foi feita considerando as diferenças nos desfechos entre os grupos, com a intenção de tratar. Para detectar uma diferença mínima de 15% na capacidade vital entre o grupo II+EPAP e o grupo controle, com uma probabilidade de erro tipo II de 20% ($\beta = 0,2$) e erro tipo I de 99% ($\alpha = 0,01$), o número mínimo calculado de pacientes em cada grupo foi estimado em 20 pacientes. Após uma análise interina o estudo foi interrompido com 17 pacientes em cada grupo.

Os dados foram inicialmente plotados em planilhas do Excel (Microsoft, Corporation, Seattle WA, versão XP) e convertidos para o formato SPSS (Statistical

Package for the Social Sciences) versão 14.0, Chicago, IL) e para o Software GraphPad (GraphPad Prism, versão 4.0, San Diego, CA) para análise estatística.

Os dados contínuos foram expressos como média \pm desvio padrão da média das variáveis com distribuição normal. As variáveis não paramétricas são expressas em mediana e percentis.

Os dados basais entre os grupos, foram analisados através do teste t de Student para amostras independentes. Os parâmetros entre os grupos e dentro dos grupos (valores pré e pós-protocolo) foram comparados pela análise de variância de dupla entrada para medidas repetidas, seguida pelo pós-teste de Student-Newman-Keuls. Os dados não paramétricos foram comparados através do teste de Mann-Whitney. As diferenças foram consideradas significativas para valores de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Características basais dos pacientes estudados

Dos quarenta e três pacientes incluídos, nove não concluíram o estudo pelas seguintes causas: 1 óbito por acidente vascular encefálico intra-operatório; 1 por IAM intra-operatório, com instabilidade hemodinâmica; 2 pacientes necessitaram re-intubação; 1 por agitação psicomotora no pós-operatório imediato; 1 por enfisema subcutâneo extenso; 1 por mediastinite; 2 não compareceram na avaliação dos 30 dias. Trinta e quatro pacientes completaram o estudo, divididos em dois grupos: controle (n=17) e II+EPAP (n=17), conforme mostra a figura 1.

Os pacientes que realizaram o protocolo II+EPAP aderiram ao tratamento, além das duas sessões diárias supervisionadas pelo fisioterapeuta, também realizaram em média mais duas vezes ao dia, sem supervisão. Não houve nenhum efeito adverso relatado durante a realização do protocolo, tanto no período hospitalar, quanto no domicílio.

A tabela 1 apresenta os valores das características basais dos grupos II+EPAP e controle. Não houve diferenças significativas entre os grupos. Os pacientes de ambos os grupos receberam o mesmo protocolo cirúrgico e anestésico. O tempo de ventilação mecânica foi semelhante entre os grupos ($13,6 \pm 3,2$ vs $13,4 \pm 2,0$, $p=0,81$), portanto, não interferiu nos resultados da função pulmonar. Todos realizaram anastomose com artéria mamária interna como enxerto, abertura pleural, com exceção de um paciente com pleura intacta no grupo II+EPAP.

Figura 1. Fluxograma mostrando a entrada de pacientes no estudo.

Tabela 1. Características clínicas e funcionais basais dos pacientes

	Grupo controle (n = 17)	Grupo II+EPAP (n = 17)	P
Sexo, M/F	14/3	14/3	
Idade, anos	60±7	62±6	0,40
Índice de Massa Corporal	27,5±2,5	26,2±2,5	0,14
Carga Tabágica, massos/ano	62,6 ± 10,4	89,2 ± 32,0	0,43
Tempo de CEC, min	66,1±15,5	65,5±15,3	0,90
Tempo de Isquemia, min	46,2±12,6	44,2±10,0	0,51
Tempo de VM, h	13,6±3,2	13,4±2,0	0,81
Extubação, h	9,8±2,6	9,4±2,0	0,59
PI _{máx} , cmH ₂ O	-86,6±23,7	-95,1±33,0	0,39
PE _{máx} , cmH ₂ O	106,7±26,6	100,4±29,3	0,98
TC6M, metros	358±116	370±85	0,90
CVF,L	3,0±0,7	2,9±0,7	0,38
VEF ₁ , L	2,5±0,6	2,3±0,5	0,50

Os valores são expressos em média ± desvio padrão (DP). CEC, circulação extracorpórea; VM, ventilação mecânica; PI_{máx}, pressão inspiratória máxima; PE_{máx}, pressão expiratória máxima; TC6M, teste de caminhada de seis minutos; CVF, capacidade vital forçada; VEF₁, volume expiratório forçado no 1º segundo.

A quantidade de medicamentos utilizados pelos pacientes, durante o período de internação hospitalar, foi prescrita por médicos cegos para o estudo, conforme a rotina da equipe da terapia intensiva e de pré e pós-cirurgia cardíaca. Foi verificado que não

houve diferenças significativas entre os grupos na utilização de medicamentos, com exceção do uso de antibiótico pelos pacientes. Quatro indivíduos do grupo controle (23,5%) usaram antibiótico, enquanto no grupo II+EPAP nenhum paciente utilizou antibiótico no período hospitalar ($p < 0,001$).

Efeitos do protocolo de II+EPAP na função pulmonar

Todas as variáveis da função pulmonar apresentaram redução significativa após a CRM, tanto no grupo controle, como no grupo II+EPAP ($p < 0,001$). Quando analisada a recuperação das variáveis pulmonares, foi observada que o grupo que realizou o protocolo II+EPAP obteve melhor recuperação em 30 dias, apresentando valores iguais ou superiores dos seus valores basais, enquanto no grupo controle a função pulmonar não se restabeleceu após um mês do procedimento cirúrgico.

Na avaliação da capacidade vital forçada (CVF) e do volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF_1), verificamos redução significativa do pré-operatório para o sétimo dia de PO em todos os pacientes, no entanto, a recuperação foi melhor no grupo que realizou o protocolo II+EPAP, em 30 dias, quando comparado com o grupo controle ($p < 0,05$ para a interação e efeito do tempo, ANOVA de dupla entrada) (Figura 2).

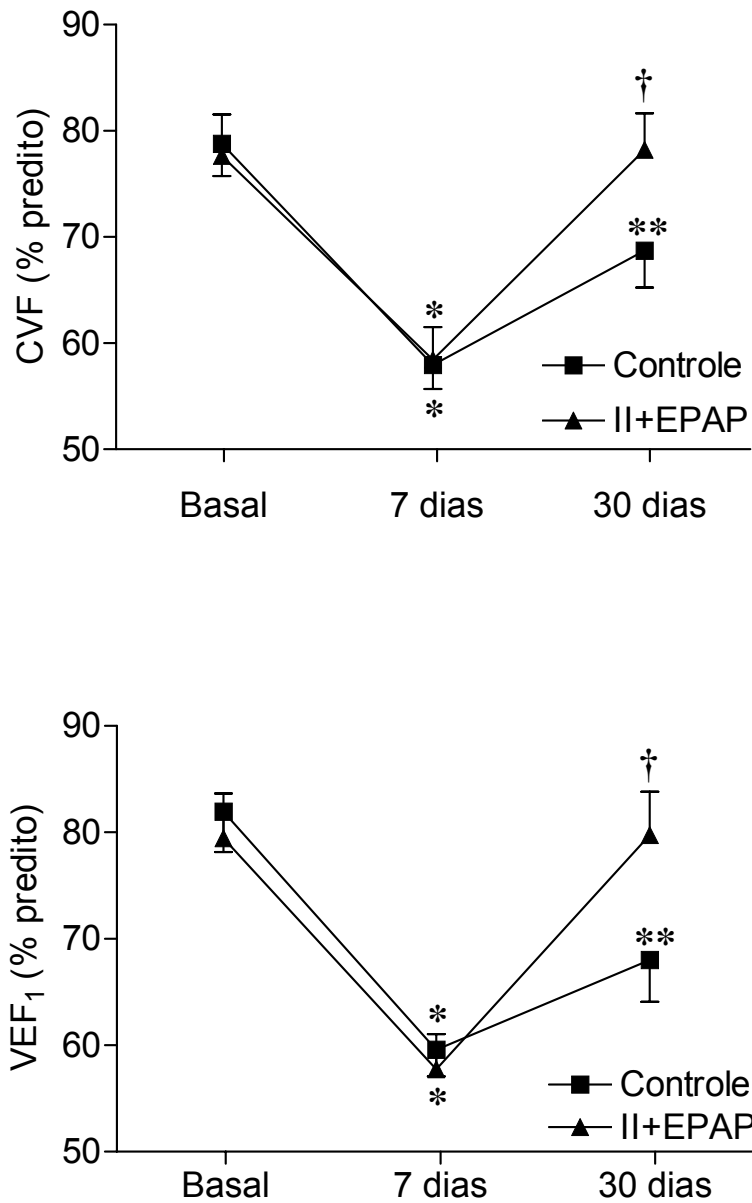


Figura 2. Valores em média±DP durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório. **A:** CVF, capacidade vital forçada, *7 dias vs basal no II+EPAP e no grupo controle ($p<0,01$); †grupo II+EPAP vs grupo controle 30 dias ($p<0,05$); **30 dias vs basal no grupo controle ($p<0,05$). **B:** VEF₁, volume expiratório forçado no primeiro segundo, *7 dias vs basal no II+EPAP e no grupo controle ($p<0,01$); †grupo II+EPAP vs grupo controle 30 dias ($p<0,05$); **30 dias vs basal no grupo controle ($p<0,05$). Todas

as comparações foram feitas pelo teste de ANOVA de dupla entrada seguido pelo teste de Student-Newmann-Keuls.

A capacidade inspiratória (CI) desses pacientes também se restabeleceu melhor no grupo II+EPAP quando comparado com o grupo controle em 30 dias ($p < 0,0002$ para a interação e efeito do tempo, ANOVA de dupla entrada). Assim, no grupo II+EPAP, observou-se recuperação significativa no trigésimo dia comparado ao valor basal ($1,6 \pm 0,5$ vs $2,4 \pm 0,6$ litros, ANOVA, $p < 0,05$), enquanto no grupo controle, a CI manteve-se significativamente menor no trigésimo dia em relação ao seu valor basal ($1,9 \pm 0,5$ vs $2,3 \pm 0,7$, litros, ANOVA, $p < 0,05$) (Figura 3A).

A redução significativa da capacidade pulmonar total (CPT) ocorreu do momento basal para o 7º dia de PO tanto no grupo controle ($6,12 \pm 1,22$ vs $4,78 \pm 1,13$, litros, ANOVA, $p < 0,001$ para efeitos da interação e do tempo) quanto no grupo II+EPAP ($5,67 \pm 1,29$ vs $4,53 \pm 1,09$, L, ANOVA, $p < 0,01$ para efeitos da interação e do tempo). Em 30 dias os valores de CPT no grupo II+EPAP se encontravam os mesmos do momento basal, enquanto no grupo controle, os valores estavam significativamente menores em 30 dias, quando comparados com seus valores basais ($5,1 \pm 0,9$ vs $6,1 \pm 1,2$, litros, ANOVA, $p < 0,05$) (Figura 3B).

O comportamento da capacidade de difusão do monóxido de carbono (DCO) também foi diferente entre os grupos. No grupo II+EPAP houve recuperação significativa dessa variável em 30 dias ($17,6 \pm 3,1$ vs $13,0 \pm 2,0$, ml/min/mmHg, ANOVA, $p < 0,001$ para efeito da interação e do tempo). No grupo controle não houve

recuperação da DCO, mantendo-se abaixo de seu valor basal no trigésimo dia (16,7±4,7 vs 19,4±5,4 ml/min/mmHg, ANOVA, $p < 0,05$) (Figura 3C).

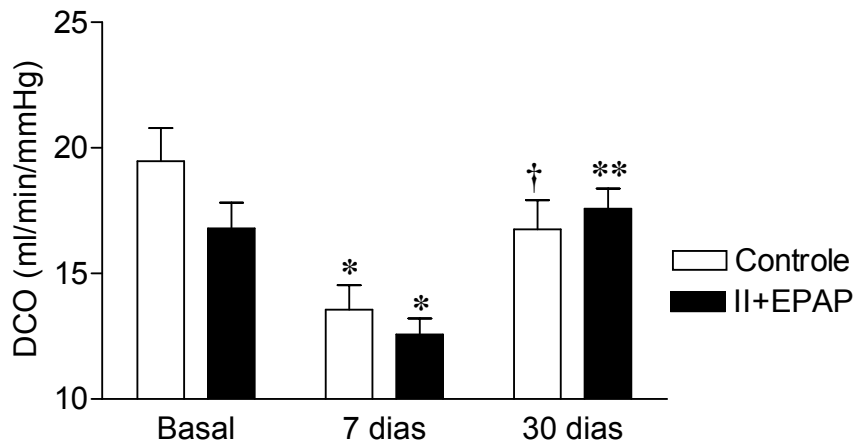
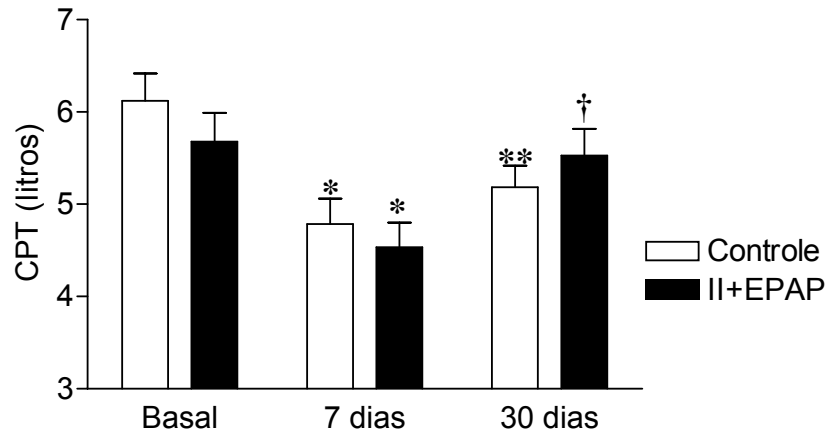
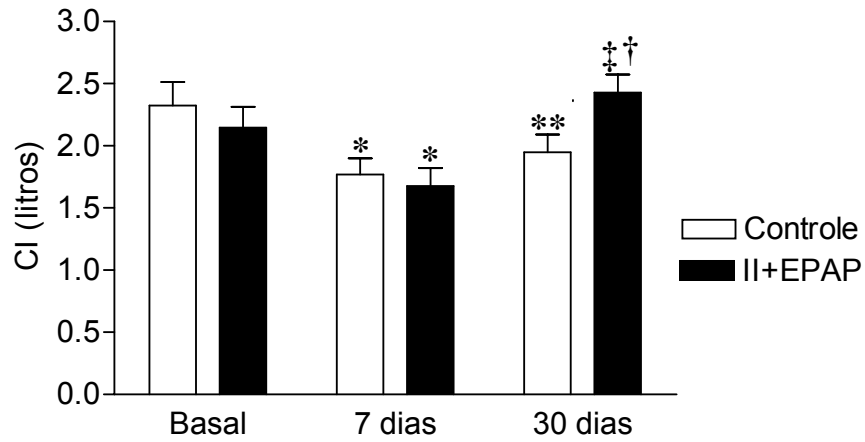


Figura 3. Valores expressos em média±DP durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório. Grupo intervenção (II+EPAP) e grupo controle. **A:** Valores da CI, *7 dias vs basal nos grupos II+EPAP e controle ($p<0,001$); ‡grupo II+EPAP vs controle ($p<0,05$); †30 dias vs 7° ($p<0,05$); **30 dias vs basal ($p<0,05$). **B:** Valores de CPT, †30 dias vs 7 dias ($p<0,01$); *7 dias vs basal nos grupo II+EPAP e controle ($p<0,001$); **30 dias vs basal ($p<0,05$). **C:** Valores de DCO, *7 dias vs basal nos grupo II+EPAP e controle ($p<0,001$); **30 dias vs 7 dias ($p<0,001$); †30 dias vs basal ($p<0,05$). Todas as comparações foram feitas pelo teste de ANOVA de dupla entrada seguido pelo teste de Student-Newmann-Keuls.

As demais variáveis de função pulmonar não apresentaram comportamento diferente entre os grupos e em relação ao tempo (Tabela 3).

Tabela 3. Variáveis Ventilatórias.

	Pré-operatório		7 dias		30 dias		p
	Controle	II+EPAP	Controle	II+EPAP	Controle	II+EPAP	
PFE,L	6,8±2,2	6,3±1,6	5,2±1,8	4,7±1,4	6,1±2,0	6,5±1,9	0,08
VR,L	2,8±0,6	2,6±0,9	2,3±0,8	2,2±0,7	2,3±0,7	2,3±0,7	0,58
CRF,L	3,7±0,9	3,5±0,9	3,0±0,9	2,8±0,8	3,2±0,7	3,1±0,9	0,71
R,cmH ₂ O*s/l	3,6±1,1	3,4±1,2	4,2±1,4	4,2±2,1	3,3±1,0	3,4±1,3	0,63

Os valores são expressos em média ± desvio padrão(DP). PFE, pico de fluxo expiratório; VR, volume residual; CRF, capacidade residual funcional; R, resistência de vias aéreas.

Efeito do protocolo de II+EPAP na força muscular respiratória

A força da musculatura inspiratória, avaliada através da $PI_{m\acute{a}x}$, no sétimo e no trigésimo dia após a realização do protocolo de intervenção foi maior no grupo II+EPAP quando comparada com o grupo controle (dia 7: $-80,3\pm 23,3$ vs $-63,7\pm 12,9$; dia 30: $-100,3\pm 26,6$ vs $-64,6\pm 35,5$, cmH_2O , $p<0,0001$ para a interação, efeito do tempo e do grupo, ANOVA). No grupo controle, houve redução significativa da $PI_{m\acute{a}x}$ entre o pré-operatório (basal) e o sétimo dia ($-86,6\pm 23,7$ vs $-63,7\pm 12,9$, cmH_2O , $p<0,05$), em 30 dias o grupo controle ainda apresentava uma $PI_{m\acute{a}x}$ significativamente menor do que seu valor de pré-operatório ($-86,6\pm 23,7$ vs $-64,6\pm 35,5$, cmH_2O , $p<0,05$) (Figura 4A).

O comportamento da força muscular expiratória, expressa através $PE_{m\acute{a}x}$, apresentou-se inicialmente uma redução significativa tanto do grupo II+EPAP ($100,5\pm 29,3$ vs $82,2\pm 20,9$, cmH_2O , ANOVA, $p<0,01$) quanto no grupo controle ($106,8\pm 26,6$ vs $78,0\pm 18,5$, cmH_2O , ANOVA, $p<0,001$ para a interação e para o efeito do tempo). No entanto, observou-se uma melhor recuperação da força da musculatura expiratória no grupo II+EPAP, do sétimo ao trigésimo dia de pós-operatório ($82,2\pm 20,9$ vs $102,7\pm 26,4$, cmH_2O , ANOVA, $p<0,01$), enquanto, no grupo controle a força da musculatura expiratória manteve-se significativamente menor em relação as seu valor basal ($89,8\pm 22,8$ vs $106,8\pm 26,6$, ANOVA, cmH_2O , $p<0,05$) (Figura 4B).

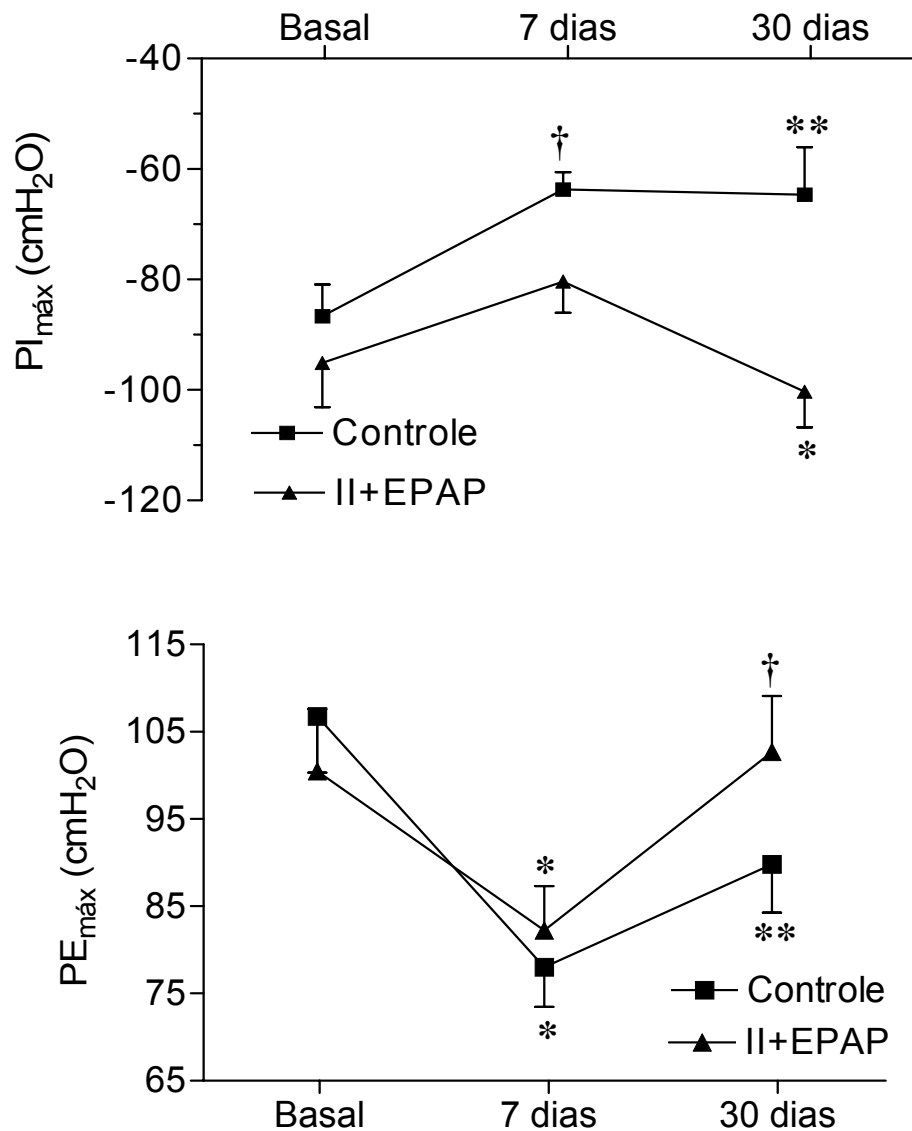


Figura 4. Valores expressos em média \pm DP durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório. Grupo intervenção (II+EPAP) e grupo controle. ANOVA para medidas repetidas. **A:** Valores de PI_{máx}. *grupo II+EPAP vs controle ($p < 0,001$); †7 dias vs basal para grupo controle ($p < 0,05$); **30 dias vs basal para grupo controle ($p < 0,05$). **B:** Valores de PE_{máx}. *7 dias vs basal no II+EPAP ($p < 0,01$) e 7 dias vs basal no controle ($p < 0,001$); †30 dias vs 7 dias ($p < 0,01$); **30 dias vs basal ($p < 0,05$). Todas as comparações foram feitas pelo teste de ANOVA de dupla entrada seguido pelo teste de Student-Newmann-Keuls.

Efeito do protocolo de II+EPAP na capacidade funcional.

A capacidade funcional, avaliada através da distância percorrida, apresentou melhores resultados no grupo II+EPAP no sétimo e trigésimo dia de pós-operatório quando comparado com o grupo controle (dia 7: $324,2 \pm 73,9$ vs $274,5 \pm 93,4$; dia 30: $428,4 \pm 64,2$ vs $335,8 \pm 93,2$, metros, $P < 0,0001$ para a interação, efeito do tempo e do grupo, ANOVA).

Ocorreu perda significativa da capacidade funcional do pacientes entre os dias de pré-operatório e de alta hospitalar no grupo controle ($358,6 \pm 116,4$ vs $274,5 \pm 93,4$, metros, $P < 0,001$). O mesmo não ocorreu no grupo II+EPAP (Figura 5).

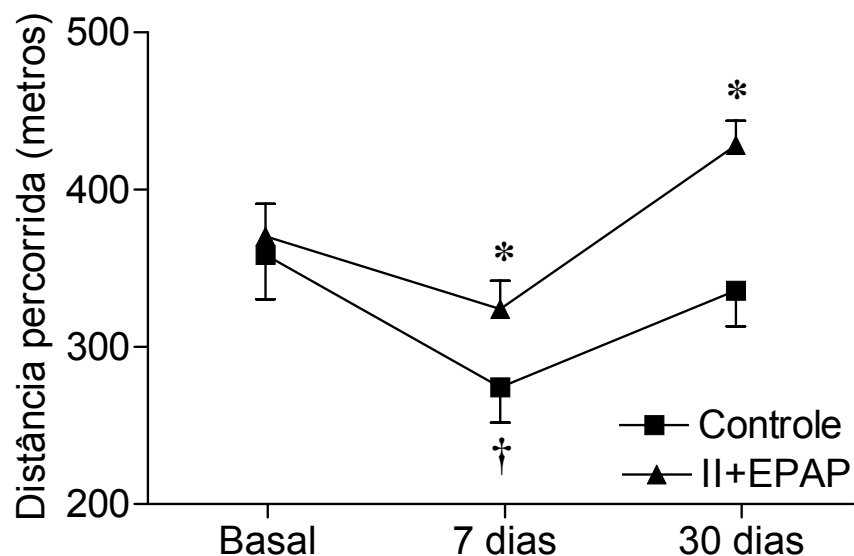


Figura 5. Valores da distância percorrida em média±DP durante o período basal (pré-operatório), 7 e 30 dias de pós-operatório. Grupo intervenção (II+EPAP) e grupo controle. *grupo II+EPAP vs controle ($p < 0,0001$); †comparado com basal ($p < 0,001$). Todas as comparações foram feitas pelo teste de ANOVA de dupla entrada seguido pelo teste de Student-Newmann-Keuls.

Efeito do protocolo de II+EPAP no Raio-X de tórax.

Os Raio-X de tórax foram avaliados no sétimo dia de pós-operatório, com o objetivo de verificar a ocorrência de alterações pulmonares, como consolidação pulmonar, atelectasias e derrame pleural. Foi observado que a presença de alterações pulmonares foi significativamente menor no grupo II+EPAP quando comparado com o grupo controle ($p=0,0004$). No grupo controle, 64,7% dos pacientes apresentaram atelectasias e 23,5% tinham consolidação pulmonar ao Raio-X de tórax, no dia da alta hospitalar, enquanto no grupo II+EPAP, a incidência de atelectasias foi de 29,4% e nenhum caso de consolidação pulmonar foi observado (Figura 6).

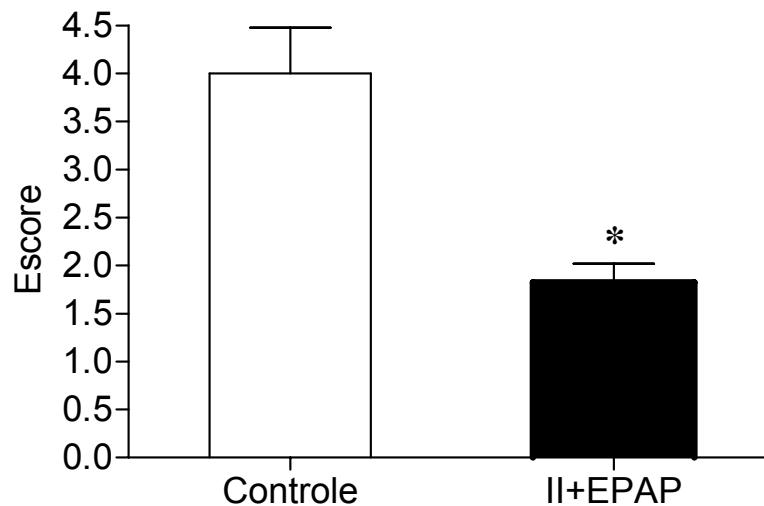


Figura 6. Valores para escore de alterações pulmonares (média±DP) no 7° dia de pós-operatório (alta hospitalar). *grupo II+EPAP vs grupo controle ($p=0,0004$, Mann-Whitney).

Efeito do protocolo de II+EPAP no tempo internação

O tempo de permanência no centro de terapia intensiva (CTI) foi verificado desde o momento da entrada do paciente até a alta prescrita pelo médico plantonista. Não foi observada diferença significativa entre o grupo controle e o grupo II+EPAP ($70,0 \pm 3,2$ vs $70,0 \pm 2,3$, horas, teste t, $p=0.99$).

Também foi avaliado o tempo de permanência hospitalar total, contabilizando o número de dias de internação, desde o dia da realização da cirurgia até a alta hospitalar prescrita pelo médico da equipe de pré e pós-operatório do HCPA. Foi observado maior tempo de internação dos pacientes do grupo controle ($p=0,002$, *t-Student*) (Figura 7). O tempo de internação foi maior do que 7 dias em 29,41% dos pacientes do grupo controle.

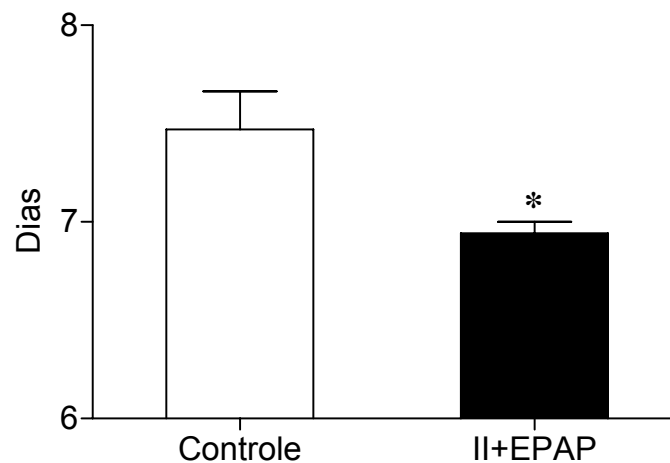


Figura 7. Dias de internação hospitalar total (média \pm DP). *grupo II+EPAP vs grupo controle ($p=0,002$, *t-Student*).

DISCUSSÃO

Este estudo demonstra claramente que a realização de CRM esta associada com efeitos negativos agudos sobre a função pulmonar, sobre a distância percorrida durante o teste de caminhada e na ocorrência de complicações pulmonares no período pós-operatório imediato. Esses efeitos adversos podem prolongar-se para períodos maiores, caso nenhuma intervenção especifica seja adotada para sua recuperação. No nosso entendimento, este é o primeiro ensaio clínico randomizado e controlado que avalia a eficiência de uma única intervenção fisioterapêutica, o uso acoplado de inspirômetro de incentivo e pressão positiva expiratória na via aérea, sobre a função pulmonar, a capacidade funcional e seu papel em prevenir as complicações pulmonares no período pós-operatório. Uma vez que a redução dos volumes e das capacidades pulmonares(43), bem como as alterações na mecânica da caixa torácica, principalmente com a presença de assimetria no movimento(44,45) ainda permanecem, mesmo após quatro meses da cirurgia cardíaca, nosso estudo foi delineado para manter a realização do protocolo de II+EPAP durante 30 dias após a cirurgia, no domicílio dos pacientes. Neste sentido, podemos verificar claramente que o uso de II+EPAP modificou o comportamento da função pulmonar, da força muscular respiratória e da capacidade funcional nesse período.

Os pacientes selecionados para este estudo, foram aqueles com maior risco de desenvolver complicações pulmonares, como idade avançada, uso de artéria mamária interna e história de tabagismo. Nossa hipótese que a realização de um protocolo com uso associado de inspirômetro de incentivo e pressão positiva expiratória melhora a função pulmonar, a capacidade funcional, diminui a incidência de alterações radiológicas, como atelectasias, derrame pleural e consolidação pulmonar, e previne as

complicações pulmonares no período pós-operatório foi comprovada, em parte na alta hospitalar ou então na avaliação feita no trigésimo dia de pós-operatório. Desta forma um dos resultados mais importante e conclusivo do presente estudo, é que os pacientes com maior risco de desenvolver complicações pulmonares no pós-operatório de CRM se beneficiam desta intervenção fisioterapêutica. Este fato é demonstrado pela melhora da função pulmonar, como também pela aderência ao protocolo durante o período hospitalar e domiciliar, com boa aceitação e colaboração de todos os pacientes, que referiram melhora da expectoração e da capacidade de inspirar profundamente após a realização do protocolo de II+EPAP.

Também é importante destacar que os pacientes de ambos os grupos foram submetidos a protocolos anestésicos e cirúrgicos semelhantes, como também foram similares, os tempos de CEC, de isquemia, de ventilação mecânica e de intubação. Da mesma forma, a quantidade de analgésicos, antiinflamatórios e diuréticos administrados aos pacientes não foram diferentes, portanto, estas variáveis não interferiram nos resultados apresentados pelo presente estudo.

Melhora da função pulmonar

Já está bem estabelecido que fatores como o trauma cirúrgico, a resposta inflamatória sistêmica, a presença de atelectasias, a dissecação da artéria mamária interna, a presença de drenos torácicos e de mediastino e a dor contribuem para a redução da função pulmonar no período pós-operatório de CRM.

A diminuição dos volumes e capacidades pulmonares e da difusão do monóxido de carbono encontrados neste estudo, também foram observados anteriormente em pacientes que realizaram cirurgia de revascularização do miocárdio(46,47). Nossos

dados demonstram que no sétimo dia de pós-operatório, o momento de alta hospitalar, os volumes e capacidades pulmonares (CPT, CVF, VEF₁, PEF, CI, CRF) apresentam-se reduzidos de 20 a 27% do valor de pré-operatório tanto no grupo controle quanto no grupo II+EPAP. A capacidade de difusão do monóxido de carbono (DCO) está reduzida em 30% no grupo controle e 25% no grupo II+EPAP.

No presente estudo a utilização de II+EPAP com aumento progressivo do valor de pressão expiratória (5 a 10 cmH₂O), durante o período hospitalar não foi suficiente para que houvesse diferenças significativas entre os grupos em relação aos volumes e capacidades pulmonares no dia da alta hospitalar. Os nossos achados são semelhantes aos de Pasquina e cols.(33) utilizaram 5 cmH₂O de pressão positiva expiratória, durante 15 minutos, 4 vezes ao dia, demonstrando diminuição na incidência de atelectasias, sem recuperação da função pulmonar até o momento da alta hospitalar. Da mesma forma, Stock e cols.(48) e Oikkonen e cols.(49), utilizaram de 5 a 7,5 cmH₂O de pressão positiva expiratória, também não relatam melhora na função pulmonar no período de alta hospitalar. Por outro lado, somente o estudo de Matte e cols(50), descreve o aumento de 18 e 26% da CVF e VEF₁ do primeiro para o segundo dia de pós-operatório, utilizando CPAP e BIPAP com pressão positiva expiratória de 5 cmH₂O, respectivamente.

Outros estudos, onde observou-se incremento precoce da CVF e do VEF₁, após CRM com a utilização de pressão positiva expiratória, foram empregados níveis de pressão acima de 10 cmH₂O(32), o que difere do presente estudo. Da mesma forma, esses resultados também foram relatados após a utilização de CPAP, 12 cmH₂O(51), EPAP ou CPAP, 10 a 15 cmH₂O(52) durante o pós-operatório de cirurgias abdominais. Além disso, existem relatos de efeitos benéficos da pressão positiva expiratória na

prevenção do aumento de líquido extravascular pulmonar(53), na diminuição da diferença alvéolo-arterial de oxigênio(52) e na melhora da pressão parcial de oxigênio (PaO_2)(52,54-56). No mesmo sentido, Borghi-Silva e cols(57), Maya e cols(58) testaram a utilização de um protocolo de reabilitação cardíaca fase I em pacientes que realizaram CRM. Estes autores descrevem que no grupo que incluiu exercícios ventilatórios, deambulação precoce e utilização de pressão positiva expiratória, através de EPAP, verificou-se melhora das variáveis espirométricas.

O principal resultado do presente trabalho referente à avaliação função pulmonar, da alta hospitalar até o trigésimo dia de pós-operatório, é a demonstração da melhor recuperação das variáveis que representam a função pulmonar no grupo II+EPAP. O percentual de recuperação dessas variáveis foi de 20 a 40%, alcançando seu valor basal em 30 dias. Além disso, a CI, o PFE, a DCO e o VR apresentaram valores superiores aos do período pré-operatório no trigésimo dia no grupo II+EPAP. Entretanto, no grupo controle, as variáveis que representam a função pulmonar mantiveram-se de 10 a 26% menores do que seu valor basal, no trigésimo dia de pós-operatório.

Ademais, as alterações pulmonares podem estar presentes mesmo 4 meses após a cirurgia de revascularização do miocárdio, mantendo uma redução de 6 a 13% em relação aos valores de pré-operatório(43). Além disso, foi observado no terceiro mês após CRM, que os movimentos torácicos estão reduzidos, com a presença de movimentos assimétricos entre os lados direito e esquerdo do tórax(45). Portanto, podemos afirmar com base nos resultados do presente estudo, bem como de outros acima citados, que sem a realização de nenhuma intervenção fisioterapêutica, a diminuição dos volumes e capacidades pulmonares pode perpetuar-se por períodos de

tempo prolongados o que pode associar-se com maior morbidade, mais complicações radiológicas e maiores limitações funcionais nesta população de pacientes.

Diminuição de alterações radiológicas e de complicações pulmonares.

As alterações radiológicas observadas no período pós-operatório de CRM associam-se com as modificações nos volumes e capacidades pulmonares como anteriormente descrito. Neste contexto, alguns autores sugerem que a fisioterapia respiratória utilizando técnicas específicas de reexpansão pulmonar pode reduzir as alterações radiológicas pós-operatórias, melhorar a ausculta pulmonar, as trocas gasosas, a saturação de oxigênio além de diminuir a incidência de atelectasia em algumas populações(59,60). De fato, no presente trabalho podemos observar a diminuição na incidência de atelectasias, de derrame pleural e de consolidação pulmonar ao raio-X de tórax no grupo II+EPAP. Na nossa amostra, 64,70% dos pacientes do grupo controle apresentaram atelectasias e 23,52% tinham consolidação pulmonar no dia da alta hospitalar, enquanto no grupo II+EPAP, a incidência de atelectasias foi de 29,41% e não houve casos de consolidação pulmonar. A importância desse resultado, deve-se ao fato que a presença de atelectasias contribui para a disfunção pulmonar pós-cirúrgica, com aumento do shunt, diminuição da complacência e das trocas gasosas, levando a hipoxemia(11,15,61,62).

Nossos resultados são corroborados pelo estudo de Westerdahs e cols.(32) que utilizaram a pressão positiva expiratória na via aérea, através de coluna d'água. Esses autores observaram diminuição significativa na presença de atelectasias no grupo que realizou EPAP ($p < 0,05$). Estes autores demonstraram, através da avaliação por tomografia computadorizada, que as maiores áreas de atelectasias se encontram nas

bases pulmonares, com 2,5% no grupo EPAP e com 4,7% no grupo controle. No mesmo sentido, Pasquina e cols(33) também verificaram a diminuição na incidência de atelectasias em 40% dos pacientes com o uso de CPAP e em 60% dos pacientes com utilização de BIPAP. Além disso, Ricksten e cols(52) também já haviam demonstrado resolução parcial das atelectasias utilizando CPAP e EPAP (10 a 15 cmH₂O) após cirurgias abdominais. Ao contrário disto, dois estudos que utilizaram níveis menores de EPAP (10cmH₂O) não demonstraram diferença na incidência de atelectasias(48,49), provavelmente, este fato deve-se a utilização de menores níveis de EPAP.

Nossos dados demonstram que a menor incidência de alterações radiológicas pela utilização do protocolo II+EPAP associa-se com a menor incidência de infecções pulmonares. De fato, no presente trabalho quatro pacientes (23,52%) do grupo controle desenvolveram infecção respiratória, e necessitaram usar de antibioticoterapia no período pós-operatório. Ao contrário, no grupo que realizou o protocolo II+EPAP não ocorreu nenhum caso de infecção pulmonar. Neste contexto, provavelmente a menor incidência de alterações radiológicas associa-se com o uso de II e de EPAP. Uma vez que a associação destas duas técnicas tem como consequência fisiológica aumentar o volume de ar corrente durante a fase inspiratória (II) e ao mesmo tempo aumentar o volume de ar que permanece no interior dos pulmões ao final da fase expiratória (EPAP). Juntos esses dois efeitos, aumentam a ventilação alveolar e reduzem a incidência de atelectasias, conforme mostra o presente estudo. Por outro lado, a diminuição de complicações pulmonares também tem sido demonstrada através do treinamento muscular respiratório desde o período pré-operatório(31).

Ainda, em nosso estudo, os desfechos clínicos revelaram dados importantes sobre a eficácia do protocolo de II+EPAP na redução do tempo de internação

hospitalar. No presente estudo, o fato dos pacientes do grupo controle apresentarem aumento no tempo de internação hospitalar, provavelmente está associado com a presença de infecções pulmonares e a conseqüente necessidade de usar antibioticoterapia, fato este que também tem como conseqüência o aumento dos custos hospitalares com estes pacientes.

Melhora da força muscular respiratória

Esta bem estabelecido que a disfunção muscular respiratória pode associar-se com a hipoventilação alveolar devido a redução da CVF, do volume de ar corrente e da CPT. Entretanto, poucos estudos relatam o comportamento da força muscular respiratória após a realização de cirurgia cardíaca. Fatores como o trauma cirúrgico, a dissecação da artéria mamária interna, a presença de drenos torácicos e a dor contribuem para a disfunção muscular respiratória durante o pós-operatório. Realmente, os nossos dados confirmam a ocorrência de redução da força muscular respiratória no período pós-operatório. No grupo controle essa redução foi mais acentuada, com queda de 26,4% na $PI_{máx}$ e 26,9% na $PE_{máx}$, enquanto no grupo II+EPAP houve diminuição de 15,5% na $PI_{máx}$ e 18,2% na $PE_{máx}$. Quando avaliamos a recuperação da força muscular respiratória também podemos observar que aos 30 dias o grupo II+EPAP tinha melhores valores. Neste sentido, observamos o restabelecimento total da força muscular respiratória no grupo II+EPAP em trinta dias, enquanto no grupo controle a força muscular manteve-se reduzida em 25,5% na $PI_{máx}$ e em 15,8% na $PE_{máx}$.

Estudos recentes, tem demonstrado que o treinamento muscular respiratório utilizado no pré e no pós-operatório de cirurgias torácicas e cardíacas, associa-se com melhora significativa na força muscular respiratória e que esta melhora esta diretamente

relacionada com a melhora da função pulmonar(31,63,64), com a redução de complicações pulmonares e com a diminuição no tempo de internação hospitalar(31). No presente estudo não usamos nenhum equipamento específico de treinamento muscular respiratório, no entanto, a utilização de um inspirômetro de incentivo, que através do feedback visual, estimula a inspiração sustentada máxima, acoplado a pressão positiva expiratória na via aérea, possibilitando o recrutamento alveolar e a reexpansão pulmonar, pode ter como efeito associado o treinamento dos músculos respiratórios. Este fato, é comprovado pelo aumento da $PI_{máx}$ e da $PE_{máx}$.

Os achados de Borghi-Silva(57), que também verificaram melhora da função muscular inspiratória utilizando EPAP, reforçam a idéia de que pode haver um efeito adicional da pressão positiva na força muscular respiratória. Da mesma forma, Maya e cols(58), sugerem que o mecanismo envolvido na melhora da força muscular respiratória, nestas situações seria o treinamento constante através da realização dos exercícios respiratórios.

Com base nos aspectos acima discutidos, podemos evidenciar, neste trabalho, que a melhora da força muscular respiratória está associada com a melhor evolução pós-cirúrgica, fato este já comprovado em estudos que treinaram especificamente os músculos respiratórios nestes pacientes.

Melhora da capacidade funcional

A capacidade funcional submáxima, foi avaliada através do teste de caminhada dos seis minutos, que melhor reproduz as atividades de vida diária (AVDs). O TC6M é um método simples, de fácil aplicabilidade e de baixo custo, amplamente utilizado para avaliar o grau de limitação funcional tanto em pacientes pneumopatas como em

cardiopatas(65). Além disso, o TC6M é utilizado em paciente com insuficiência cardíaca como preditor de mortalidade e como parâmetro de avaliação de resposta terapêutica(66).

A melhora da capacidade funcional é fundamental para os pacientes que são submetidos a CRM, já que esses indivíduos possuem sua capacidade para o exercício limitada em função do desenvolvimento da sua doença. No TC6M, a variável de interesse é a distância percorrida durante o teste. Neste aspecto, um dos achados relevantes do nosso estudo foi o aumento da distância percorrida no teste de caminhada. Nossos dados demonstraram que no momento da alta hospitalar os indivíduos do grupo controle caminharam em média 274,5 metros, enquanto no grupo II+EPAP a distância percorrida foi em média de 324,5 metros. No presente trabalho, verificamos que após a CRM, ocorre perda de 23,5% na capacidade funcional (distância percorrida) nos indivíduos que não realizam nenhuma intervenção fisioterapêutica e apenas 12,5% no grupo que realizou o protocolo II+EPAP. A melhora da capacidade funcional foi mantida com a continuidade do protocolo no domicílio, com aumento de 32% da capacidade funcional na avaliação de trinta dias comparada com o dia da alta hospitalar no grupo II+EPAP, superando em 15% seu valor basal. Enquanto que, no grupo controle a capacidade funcional estava 7% abaixo do período pré-operatório no trigésimo dia. A distância média percorrida aos 30 dias foi de 335,8 metros no grupo controle e de 428,4 metros no grupo II+EPAP.

Nesse mesmo sentido, nossos dados estão de acordo com os resultados obtidos por Herdy e cols(67) e Maya e col(58), que verificaram que a distância percorrida no dia da alta hospitalar foi maior no grupo que realizou um programa de reabilitação que incluía exercícios respiratórios, EPAP e deambulação precoce.

IMPLICAÇÕES CLÍNICAS

Através deste estudo, reafirmamos a necessidade de identificar os pacientes com maiores riscos de desenvolver complicações pulmonares durante o período pós-operatório, devido à alta morbidade e mortalidade e aumento dos custos hospitalares. Com utilização dessa rotina, podemos prevenir a ocorrência dessas complicações, minimizando os efeitos sobre a função pulmonar e motora gerados por uma cirurgia de grande porte, como a CRM.

Da mesma forma, a rotina de utilizar a pressão positiva expiratória durante o período de pós-operatório tem demonstrado ser eficaz e traz benefício a esse tipo de paciente, com menor perda da função pulmonar e diminuição na incidência de atelectasias, a qual está relacionada com desenvolvimento de disfunção ventilatória e hipoxemia.

Nossos dados demonstraram, que além dos benefícios clínicos, também obtemos diminuição no uso de antibióticos e no tempo de internação hospitalar, sugerindo que outros estudos também avaliem o custo-efetividade dessa intervenção.

Através desse estudo, verificamos a importância da continuidade do protocolo desses pacientes, os quais se beneficiaram através do restabelecimento completo da função pulmonar e da força muscular respiratória, como também pela melhora da sua capacidade funcional, possibilitando melhor execução das atividades de vida diária e das suas funções sociais e laborais.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A generalização dos nossos achados pode estar restrita devido a algumas limitações. Primeiramente, em função da dificuldade de amostragem os pacientes incluídos neste estudo não possuíam alterações pulmonares graves. Além disso, foram incluídos ex-tabagistas e tabagistas ativos. Com base no conhecimento de que cessar com o hábito de tabagismo 8 semanas antes da cirurgia já diminui as complicações respiratórias no pós-operatório, com base nisto podemos sugerir que o comportamento pode ser diferente, e até com maiores benefícios para os tabagistas ativos. Em segundo lugar, apesar da melhora na força muscular respiratória, nossa proposta não foi de treinar músculos respiratórios. A terceira limitação do presente estudo é que teste de caminhada de seis minutos foi realizado no período pré-operatório, com indivíduos com doença isquêmica, no entanto, o teste foi realizado com a liberação do médico da equipe de pré e pós-operatório, e nenhum paciente apresentava angina instável. Além disso, no momento da alta, todos os indivíduos apresentavam alguma dificuldade de caminhar, já que possuíam uma incisão em um dos membros inferiores, decorrente da retirada da veia safena. Esses fatores poderiam limitar o desempenho durante a execução do teste de caminhada. No entanto, como já era esperado, nenhuma intercorrência ocorreu durante a realização das avaliações. Finalmente, durante a realização do protocolo após a alta hospitalar, no domicílio do paciente, não tínhamos a possibilidade de supervisionar pessoalmente os pacientes e, portanto, avaliar de forma objetiva a aderência ao protocolo, bem como a frequência, o tempo e a intensidade do uso de II+EPAP. Para minimizar este efeito, durante a intervenção domiciliar, realizamos contatos telefônicos semanais com os pacientes.

CONCLUSÃO

Este é o primeiro ensaio clínico que avalia de forma isolada o benefício do uso acoplado de um inspirômetro de incentivo com pressão positiva expiratória em pacientes que realizaram cirurgia de revascularização do miocárdio, avaliando a função pulmonar, força muscular respiratória e a capacidade funcional, não só no momento da alta hospitalar, como também após 30 dias da cirurgia. Este estudo demonstrou que a realização do inspirômetro de incentivo acoplado a pressão positiva expiratória traz benefícios aos pacientes com alto risco de desenvolver complicações pulmonares pós-operatórias. A realização desse protocolo reduziu a perda da função pulmonar, da força muscular respiratória e da capacidade funcional após a realização da cirurgia de revascularização do miocárdio. Além disso, é evidente a melhor recuperação da função ventilatória, da força muscular respiratória e da capacidade de exercício após 30 dias de cirurgia. Por fim, a realização desse protocolo minimiza as perdas da função pulmonar, diminui a incidência de complicações pulmonares no pós-operatório, proporcionando uma melhor e mais eficiente recuperação desses pacientes. Desta forma, nós consideramos que a intervenção da fisioterapia respiratória, no período pós-cirúrgico parece ser efetiva em melhorar o desfecho clínico destes pacientes.

1. Keenan TD, Abu-Omar Y, Taggart DP. Bypassing the pump: changing practices in coronary artery surgery. *Chest* 2005;128:363-9.
2. Myles PS, McIlroy D. Fast-track cardiac anesthesia: choice of anesthetic agents and techniques. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;9:5-16.
3. Warner DO. Preventing postoperative pulmonary complications: the role of the anesthesiologist. *Anesthesiology* 2000;92:1467-72.
4. Staton GW, Williams WH, Mahoney EM, et al. Pulmonary outcomes of off-pump vs on-pump coronary artery bypass surgery in a randomized trial. *Chest* 2005;127:892-901.
5. Henke PK. Improving quality of care in vascular surgery: the tools are available now. *Am J Surg* 2005;190:333-7.
6. Goksin I, Baltalarli A, Sacar M, et al. Preservation of pleural integrity in patients undergoing coronary artery bypass grafting: effect on postoperative bleeding and respiratory function. *Acta Cardiol* 2006;61:89-94.
7. Ng CS, Wan S, Yim AP, Arifi AA. Pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Chest* 2002;121:1269-77.
8. Scott BH, Seifert FC, Grimson R, Glass PS. Octogenarians undergoing coronary artery bypass graft surgery: resource utilization, postoperative mortality, and morbidity. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19:583-8.
9. Ferguson MK. Preoperative assessment of pulmonary risk. *Chest* 1999;115:58S-63S.
10. Groeneveld AB, Verheij J, van den Berg FG, Wisselink W, Rauwerda JA. Increased pulmonary capillary permeability and extravascular lung water after

- major vascular surgery: effect on radiography and ventilatory variables. *Eur J Anaesthesiol* 2006;23:36-41.
11. Groeneveld AJ, Jansen EK, Verheij J. Mechanisms of pulmonary dysfunction after on-pump and off-pump cardiac surgery: a prospective cohort study. *J Cardiothorac Surg* 2007;2:11.
 12. Daganou M, Dimopoulou I, Michalopoulos N, et al. Respiratory complications after coronary artery bypass surgery with unilateral or bilateral internal mammary artery grafting. *Chest* 1998;113:1285-9.
 13. Berrizbetia LD, Tessler S, Jacobowitz IJ, Kaplan P, Budzilowicz L, JN. C. Effect of sternotomy and coronary bypass surgery on postoperative pulmonary mechanism. Comparison of internal mammary saphenous vein bypass graft. . *CHEST* 1989;96:873-876.
 14. Tenling A, Hachenberg T, Tyden H, Wegenius G, Hedenstierna G. Atelectasis and gas exchange after cardiac surgery. *Anesthesiology* 1998;89:371-8.
 15. Verheij J, Lingen A, Raijmakers PGHM, et al. Pulmonary abnormalities after cardiac surgery are better explained by atelectasis than by increased permeability. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:853-857.
 16. Koch CG. Prevalence of Risk Factors, and Not Gender Per se, Determines Short- and Long Term Survival After Coronary Artery Bypass Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2003;17:585-593.
 17. Doyle RL. Assessing and modifying the risk of postoperative pulmonary complications. *Chest* 1999;115:77S-81S.

18. Filardo FA, Faresin SM, Fernandes ALG. Validade de um Índice Prognóstico para Ocorrência de Complicações Pulmonares no Pós-Operatório de Cirurgia Abdominal Alta. *Rev Assoc Med Bras* 2002;48:209-216.
19. Guimarães Jlec. Diretrizes da cirurgia de revascularização miocárdica. . *Arq Bras Cardiol* 2004;82:1-20.
20. Pitrez FAB, Pioner SR. Pré e Pós-operatório em cirurgia geral e especializada. . 2 ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2003.
21. Nicholson DJ, Kowalski SE, Hamilton GA, Meyers MP, Serrette C, Duke PC. Postoperative pulmonary function in coronary artery bypass graft surgery patients undergoing early tracheal extubation: a comparison between short-term mechanical ventilation and early extubation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002;16:27-31.
22. Jain U, Rao TL, Kumar P, et al. Radiographic pulmonary abnormalities after different types of cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1991;5:592-5.
23. Carrel TP, Eisinger E, Vogt M, Turina MI. Pneumonia after cardiac surgery is predictable by tracheal aspirates but cannot be prevented by prolonged antibiotic prophylaxis. *Ann Thorac Surg* 2001;72:143-8.
24. Lawrence VA, Hilsenbeck SG, Mulrow CD, Dhanda R, Sapp J, Page CP. Incidence and hospital stay for cardiac and pulmonary complications after abdominal surgery. *J Gen Intern Med* 1995;10:671-8.
25. Wynne R, Botti M. Postoperative pulmonary dysfunction in adults after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: clinical significance and implications for practice. *Am J Crit Care* 2004;13:384-93.

26. Zupancich E, Paparella D, Turani F, et al. Mechanical ventilation affects inflammatory mediators in patients undergoing cardiopulmonary bypass for cardiac surgery: a randomized clinical trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;130:378-83.
27. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest* 2001;120:971-8.
28. Dull JL, Dull WL. Are maximal inspiratory breathing exercises or incentive spirometry better than early mobilization after cardiopulmonary bypass? *Phys Ther* 1983;63:655-9.
29. Jenkins SC, Soutar SA, Loukota JM, Johnson LC, Moxham J. Physiotherapy after coronary artery surgery: are breathing exercises necessary? *Thorax* 1989;44:634-9.
30. Stiller K, Montarello J, Wallace M, et al. Efficacy of breathing and coughing exercises in the prevention of pulmonary complications after coronary artery surgery. *Chest* 1994;105:741-7.
31. Hulzebos EH, Helders PJ, Favie 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;296:1851-7.
32. 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;128:3482-8.

33. Pasquina P, Merlani P, Granier JM, Ricou B. Continuous positive airway pressure versus noninvasive pressure support ventilation to treat atelectasis after cardiac surgery. *Anesth Analg* 2004;99:1001-8, table of contents.
34. Westerdahl E, Lindmark B, Almgren SO, Tenling A. Chest physiotherapy after coronary artery bypass graft surgery--a comparison of three different deep breathing techniques. *J Rehabil Med* 2001;33:79-84.
35. Barnes T. *Core Textbook of Respiratory Care*. 2 ed. Saint Louis, Missouri, 1994.
36. Tzelepis GE, Vega DL, Cohen ME, Fulambarker AM, Patel KK, McCool FD. Pressure-flow specificity of inspiratory muscle training. *J Appl Physiol* 1994;77:795-801.
37. Tzelepis GE, Vega DL, Cohen ME, McCool FD. Lung volume specificity of inspiratory muscle training. *J Appl Physiol* 1994;77:789-94.
38. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999;32:719-27.
39. Nava S, Ambrosino N, Crotti P, Fracchia C, Rampulla C. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax* 1993;48:702-7.
40. Pereira Cec. I CONSENSO BRASILEIRO SOBRE ESPIROMETRIA. *J Pneumol* 1996;22:105-164.
41. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:1202-18.
42. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-7.

43. Westerdahl E, Lindmark B, Bryngelsson I, Tenling A. Pulmonary function 4 months after coronary artery bypass graft surgery. *Respir Med* 2003;97:317-22.
44. Kristjansdottir A, Ragnarsdottir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Chest wall motion and pulmonary function are more diminished following cardiac surgery when the internal mammary artery retractor is used. *Scand Cardiovasc J* 2004;38:369-74.
45. Kristjansdottir A, Ragnarsdottir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Respiratory movements are altered three months and one year following cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J* 2004;38:98-103.
46. Bonacchi M, Prifti E, Giunti G, Salica A, Frati G, Sani G. Respiratory dysfunction after coronary artery bypass grafting employing bilateral internal mammary arteries: the influence of intact pleura. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:827-33.
47. Ragnarsdottir M, Kristjansdottir A, Ingvarsdottir I, Hannesson P, Torfason B, Cahalin L. Short-term changes in pulmonary function and respiratory movements after cardiac surgery via median sternotomy. *Scand Cardiovasc J* 2004;38:46-52.
48. Stock MC, Downs JB, Cooper RB, et al. Comparison of continuous positive airway pressure, incentive spirometry, and conservative therapy after cardiac operations. *Crit Care Med* 1984;12:969-72.
49. Oikkonen M, Karjalainen K, Kahara V, Kuosa R, Schavikin L. Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest* 1991;99:60-5.
50. Matte P, Jacquet L, Van Dyck M, Goenen M. Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory

- support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;44:75-81.
51. Lindner KH, Lotz P, Ahnefeld FW. Continuous positive airway pressure effect on functional residual capacity, vital capacity and its subdivisions. *Chest* 1987;92:66-70.
 52. Ricksten SE, Bengtsson A, Soderberg C, Thorden M, Kvist H. Effects of periodic positive airway pressure by mask on postoperative pulmonary function. *Chest* 1986;89:774-81.
 53. Gust R, Gottschalk A, Schmidt H, Bottiger BW, Bohrer H, Martin E. Effects of continuous (CPAP) and bi-level positive airway pressure (BiPAP) on extravascular lung water after extubation of the trachea in patients following coronary artery bypass grafting. *Intensive Care Med* 1996;22:1345-50.
 54. Richter Larsen K, Ingwersen U, Thode S, Jakobsen S. Mask physiotherapy in patients after heart surgery: a controlled study. *Intensive Care Med* 1995;21:469-74.
 55. Christensen EF, Schultz P, Jensen OV, et al. Postoperative pulmonary complications and lung function in high-risk patients: a comparison of three physiotherapy regimens after upper abdominal surgery in general anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1991;35:97-104.
 56. Jousela I, Rasanen J, Verkkala K, Lamminen A, Makelainen A, Nikki P. Continuous positive airway pressure by mask in patients after coronary surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1994;38:311-6.
 57. Borghi-Silva A, Mendes RG, Costa Fde 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. *Clinics* 2005;60:465-72.
58. Maya C, Stain R. Efeito de um programa de reabilitação cardíaca fase 1 sobre a força muscular ventilatória, função pulmonar e capacidade funcional: Ensaio clínico randomizado. *Cardiologia*. Porto Alegre: UFRGS, 2006.
 59. Chumillas S JP, F Delgado, V Viciano, M Mateu. Prevention of postoperative pulmonary complications through respiratory rehabilitation: a controlled clinical study. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:5-9.
 60. Castillo R HA. Chest physical therapy: comparative efficacy of preoperative and postoperative in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil* 1985;66:376-9.
 61. Vargas FS, Cukier A, Terra-Filho M, Hueb W, Teixeira LR, Light RW. Influence of atelectasis on pulmonary function after coronary artery bypass grafting. *Chest* 1993;104:434-7.
 62. Vargas FS, Terra-Filho M, Hueb W, Teixeira LR, Cukier A, Light RW. Pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Respir Med* 1997;91:629-33.
 63. Nomori H, Kobayashi R, Fuyuno G, Morinaga S, Yashima H. Preoperative respiratory muscle training. Assessment in thoracic surgery patients with special reference to postoperative pulmonary complications. *Chest* 1994;105:1782-8.
 64. Weiner P, Zeidan F, Zamir D, et al. Prophylactic inspiratory muscle training in patients undergoing coronary artery bypass graft. *World J Surg* 1998;22:427-31.
 65. Enright P. The six-minute walk test. *Respir Care* 2003;48:783-5.
 66. Bittner V, Weiner DH, Yusuf S, et al. Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction. SOLVD Investigators. *Jama* 1993;270:1702-7.

67. Herdy a. World Heart Congress Barcelona: European heart Journal, 2006.

ANEXO 1: Artigo em Inglês***Clinical Investigation*****Incentive Spirometry with Expiratory Positive Airway Pressure Reduces Pulmonary Complications, Improves Pulmonary Function and Six-Minute Walk Distance in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Graft Surgery****Mauren Porto Haefner^a, Glória Menz Ferreira^b, Sérgio Saldanha Menna Barreto^c, Ross Arena^e and Pedro Dall'Ago^{a,b,d}**

^a Post-graduate Program in Cardiology and Cardiovascular Sciences, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

^b School of Physical Therapy, UNILASALLE, Canoas, Rio Grande do Sul, Brazil.

^c Pneumology Division, HCPA/UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

^d Post-graduate Program in Medical Sciences and Laboratory of Cardiovascular Physiology, UFCSPA, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

^e Departments of Physical Therapy and Physiology, Virginia Commonwealth University. Richmond, Virginia, USA

This work was supported by grants from: CAPES and CNPq, Brasília, Brazil, and FIPE/HCPA, Porto Alegre, Brazil.

Short title: Respiratory physiotherapy after CABG surgery

Corresponding author

Pedro Dall'Ago, PT, ScD

Department of Physiological Sciences – UFCSPA, Sarmiento Leite, 245/308
90050-170, Porto Alegre, RS, Brazil. Phone +55 51 33038751, Fax +55 51

33038810

e-mail: pdallago@pq.cnpq.br

Preliminary results were presented at the European Society of Cardiology Meeting, Vienna, AT, 2007 and at the World Congress of Cardiology, Buenos Aires ARG.

Abstract

Background: The use of the incentive spirometry (IS) with expiratory positive airway pressure (EPAP) to prevent postoperative pulmonary complications (PPC) following coronary artery bypass graft (CABG) is not well established. This study sought to determine the effects of IS+EPAP after CABG.

Methods: Thirty four patients undergoing CABG were randomly assigned to a control group or IS+EPAP group. Maximal respiratory pressures, pulmonary function test, 6-min walk test (6-MWT) and chest X-ray were performed at baseline as well as one week and one month following CABG.

Results: Maximal inspiratory pressure was significantly higher in the IS+EPAP group compared to controls at both one week and one month ($P < 0.001$). Maximal expiratory pressure was significantly higher at one month compared to one week in IS+EPAP group ($P < 0.01$). At one month, forced vital capacity and forced expiratory volume in 1 second was significantly higher in IS+EPAP compared to controls ($P < 0.05$). Inspiratory capacity was higher at one month in IS+EPAP group compared to controls ($P < 0.05$). The distance walked in 6-MWT was higher at one month in IS+EPAP group ($P < 0.001$) compared to controls. Lastly, radiological injury score at one week was lower in IS+EPAP compared to controls ($P < 0.004$).

Conclusions: In patients undergoing CABG, IS+EPAP results in improved pulmonary function and six-minute walk distance as well as a reduction in PPC.

Keywords: breathing exercises; cardiac surgery; coronary artery bypass; physical therapy; postoperative care; postoperative complications.

Introduction

Coronary artery bypass graft (CABG) surgery is performed daily on a worldwide basis in patients with coronary artery disease. Despite advances in anesthesia protocols,¹ cardiopulmonary bypass techniques² and pre and postoperative care,³ CABG is still associated with the frequent development of postoperative pulmonary complications (PPC).⁴ The incidence of PPC will most likely continue to remain problematic⁵ secondary to CABG procedures being more frequently performed in patients with multiple comorbidities.⁵ In addition, perioperative factors such as the reduction in functional residual capacity,⁶ pulmonary gas exchange⁷ and cough strength as well as the increase in pleural effusion, pain with breathing and retention of secretions all contribute to increased PPC risk.⁸ Postoperative pulmonary complications are particularly concerning given its link to increased patient morbidity and mortality and resource utilization.^{5, 9, 10}

Respiratory physiotherapy has been proposed to improve lung function and prevent or treat pulmonary complications in the postoperative period of CABG. Incentive spirometry (IS) is currently used with the intention to PPC prevention.¹¹ Earlier studies have compared the effect of different respiratory physiotherapy interventions, such as breathing and coughing exercises, incentive spirometry and expiratory positive airway pressure (EPAP), on PPC after CABG.^{12, 13} Recently, two systematic reviews concluded there is no conclusive evidence indicating that patients undergoing CABG benefit from respiratory physiotherapy¹⁴ or incentive spirometry.¹⁵ However, the past investigations in this area were typically performed in small cohorts and possessed methodological limitations such as poor control of confounding factors. In addition, the great majority of

these studies included patients at low risk for post-surgical complications and did not perform adequate follow-up. Several recent, well controlled, studies have demonstrated beneficial effects of respiratory physiotherapy in patients at higher risk for developing PPC.^{9, 16, 17} As a result of the lack of consistent positive evidence, respiratory physiotherapy for patients undergoing CABG remains controversial. Clearly more work, expanding upon traditional respiratory physiotherapy treatment approaches, is needed in this area of research. To our knowledge, there are no published studies related to use of incentive spirometry in combination with expiratory positive airway pressure following CABG. An application of expiratory positive airway pressure can promote collateral ventilation, prevent airway collapse during expiration and thus reduce gas trapping and enhancing airway secretion clearance.

We therefore conducted a randomized controlled clinical trial with one month follow up to test the hypothesis that the combination of IS and EPAP (IS+EPAP) will result in reduced PPC and improved pulmonary function and six-minute walk distance in patients undergoing CABG.

Methods

Patients and design

This study was a prospective, controlled, randomized clinical trial conducted in patients undergoing CABG at the Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Entry criteria for the study were a previous history of tobacco use, > 50 years of age and use of mammary artery graft. To minimize the potential impact of comorbidities, exclusion criteria consisted of chronic heart failure, diabetes mellitus, peripheral neuropathy, obesity (BMI ≥ 30 kg/m²), neurological or musculoskeletal diseases. Patients that

required mechanical ventilation for >24 hours or re-intubation were also excluded from the study. In all patients, the surgical approach was through a median sternotomy, with cardiopulmonary bypass, and the postoperative routine was the same. The protocol was approved by the Committee for Ethics in Research of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre and all subjects signed an informed consent form.

Preoperative assessment

Demographic and preoperative risk factors, clinical history and presence of symptoms were recorded by means of a standardized interview. Spirometry, body plethysmography, chest X-ray, respiratory muscle function testing and 6-minute walk test (6-MWT) were also performed. All included patients were closely monitored daily during their entire hospital stay until discharged.

Randomization, intervention and follow up

The patients were assigned to undergo IS+EPAP or usual care (control group) by a computer-generated randomization table. The patients in the IS+EPAP group were submitted to a protocol, with the use of incentive spirometry associated with EPAP. The control group received only instructions about coughing technique, early mobilization and deep breathing exercises. Two hours after extubation, the intervention group started the IS+EPAP protocol consisting of breathing exercises, using an incentive volumetric spirometry (Voldyne® 5000, USA) associated to the EPAP (Vital Sign's®, New Jersey, EUA), simultaneously. The intervention group trained twice a day (15-20 min/session) every day of the week under the supervision of a physical therapist. During the IS+EPAP protocol, patients were instructed to maintain diaphragmatic breathing, at

a rate of 12 to 18 breaths/min. The expiratory pressure was increased progressively in the following fashion: 1^o and 2^o day - 5 cmH₂O; 3^o day - 6 cmH₂O; 4^o and 5^o day - 8 cmH₂O; 6^o and 7^o day - 10 cmH₂O and on the days following hospital discharge - 15 cmH₂O. After hospital discharge, the IS+EPAP group received their equipment to continue the protocol at home, twice each day, 15 minutes each session, without supervision. To monitor protocol compliance and performance, patients were contacted by phone on a weekly basis.

Primary outcome measures

All patients underwent the same evaluation procedures in the preoperative period as well as one week and one month following CABG. All tests were performed by investigators blinded to study group assignment.

Respiratory muscle strength: Respiratory muscle function testing was performed using a pressure transducer (MVD-500 V.1.1 Microhard System, Globalmed, Porto Alegre, Brazil), connected to a system with two unidirectional valves. Maximal inspiratory pressure (MIP) was determined by deep inspiration from residual volume against an occluded airway with a minor air leak (2 mm), preventing undesirable glottic closure. Measurement of maximal expiratory pressure (MEP) consisted of slow inspiration to the point of total lung capacity, followed by a forced expiration against a closed circuit.

Lung function: Lung function was measured by a spirometric computerized test (*Eric Jaeger GmbH, Würzburg, Germany*) and body plethysmography test (*Master Screen Body, Jaeger, Germany*). The values are expressed as absolute and predicted as recommended by the American Thoracic Society (ATS).¹⁸

6-minute walk test: The maximum distance covered during a standardized walk test was used to assess submaximal functional capacity.

Chest X-ray: Chest X-Ray analysis were done by radiologists in the Radiology Department of the HCPA. The presence of atelectasis, pleural effusion and/or lung consolidation were quantified through the score of 0-4, as previously described.²

Statistical analysis and sample size

Statistical analysis assessed between and within group differences, with intention-to-treat basis. To detect a minimum difference of 15% in the forced vital capacity among the IS+EPAP group and the control group, with a probability of error type II of 20% ($\beta = 0.2$) and error type I of 99% ($\alpha = 0.01$), 20 patients were required in each group. After an interim analysis, the study was interrupted with 17 patients in each group. The data were initially plotted in Excel spreadsheets (Microsoft, Corporation, Seattle WA, XP version) and converted into either SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, version 14.0, Chicago, IL) or Graph Pad format (Graph Pad Prism, version 4.0, San Diego, CA) for statistical analysis. Continuous data with a normal distribution were expressed as mean \pm standard deviation (SD). Non parametric variables are expressed in median and percent values. The basal data between the groups were analyzed with the Student *t* test for independent samples. The effect of the intervention on continuous variables were compared by two-way analysis of variance for repeated measures (two-way ANOVA), and post-hoc analysis was conducted by the *Student-Newmann-Keuls* test. Non parametric data were compared through the Mann-Whitney test. All differences with a *P*-value ≤ 0.05 were considered significant.

Results

Patients and baseline characteristics

From January of 2005 to January of 2007, one hundred and ninety four patients with ischemic heart disease were screened. Forty three patients met entry criteria and were selected for the study. Nine patients were excluded (one death due to stroke; one myocardial infarction, two re-intubations; one developed symptoms of psychomotor disturbance, one had extensive subcutaneous emphysema, one had mediastinitis and two patients did not return for the one month evaluation). Therefore, thirty four patients were included in the final analysis: 17 in the control group and 17 in the IS+EPAP group (Figure 1). Their general baseline characteristics are summarized in Table 1. There are no differences in baseline characteristics between groups. Likewise, the patients in both groups received the same surgical and anesthetic protocol. All patients received a left internal mammary artery graft with pleural opening. Beyond the two daily supervised sessions, patients carried out an average of two additional unsupervised sessions. Furthermore, no patient in the IS+EPAP experienced any adverse effects during the protocol. Both groups had a similar treatment regimen, prescribed by medical staff in accordance to standard intensive care unit guidelines for the postoperative period of CABG.

Primary outcomes

Respiratory muscle strength: The inspiratory muscle strength at one week and one month after CABG was significantly higher in the IS+EPAP group compared to controls ($P < 0.0001$, for the interaction and time effects, Figure 2A). In contrast, in the control

group, MIP remained significantly decreased at both one week and one month compared with the preoperative measurement ($P < 0.05$, Figure 2A). Expiratory muscle strength was reduced in both groups one week after CABG. However, the IS+EPAP group demonstrated a better recovery from one week to one month of the postoperative period ($P < 0.01$, Figure 2B). In the control group, MEP was still reduced at one month post CABG compared to baseline ($P < 0.05$, Figure 2B).

Pulmonary function: Pulmonary function decreased significantly after CABG in both groups (Table 2 and Figure 3). There was no significant difference between groups at one week after CABG (Figure 3). However, the IS+EPAP group demonstrated improvement in pulmonary function at one month post CABG compared with baseline (Figure 3A and 3B). In the control group, however, pulmonary function did not recover completely at one month post CABG ($P < 0.05$ for the interaction and time effects). Likewise, recovery of inspiratory capacity (Figure 3C) was better in the IS+EPAP group compared to the control group at one month post CABG ($P < 0.0002$ for the interaction and time effects). Furthermore, inspiratory capacity remained significantly reduced one month post CABG in the control group compared with the baseline ($P < 0.05$, Figure 3C). Similarly, there was a significant reduction in total lung capacity (TLC) compared to baseline at the one week postoperative assessment in both groups. After one month, TLC in IS+EPAP group returned to baseline values, while in the control group, the values remains significantly reduced at one month (Table 2). In Addition, the lung diffusion capacity of the carbon monoxide (DLCO) was lower in control group compared with IS+EPAP group at one month post CABG ($P < 0.001$ for the interaction and time effects). DLCO values between baseline and one month assessments were similar in

IS+EPAP group (Figure 3D). There were no differences between groups in peak expiratory flow (PEF), residual volume (RV), functional residual capacity (FRC) and airway resistance (R) at the one week and one month postoperative evaluation (Table 2).

6-minute walk test: Functional capacity assessed by the distance covered during the six-minute walk test was higher in IS+EPAP group at both the one week and one month postoperative evaluation compared with the control group ($P < 0.0001$ for the interaction, time and group effects, Figure 4A).

Chest X-ray: Chest X-rays, evaluated one week following CABG, showed that the score indicating with the presence of lung radiological alterations was significantly lower in IS+EPAP group compared to controls ($P < 0.0004$, Figure 4B).

Secondary outcomes

Length of hospital stay: The duration of postoperative hospitalization was higher in the control group compared with the IS+EPAP group (7.47 vs. 7 days, $P < 0.002$).

Additionally, four patients of the control group developed pneumonia, while no patient in the IS+EPAP group was diagnosed with this condition ($P < 0.001$).

Discussion

To the best of our knowledge, this is the first randomized, controlled clinical trial assessing the efficiency of IS in conjunction with EPAP. The main results of the present study is the demonstration that the use of IS+EPAP restores respiratory muscle strength, reduces PPC and improve functional capacity one month after CABG. It is note worthy that patients in both groups were submitted to a similar anesthesia and surgical

procedure. Also, the vessels used for bypass, level of ischemia as well as mechanical ventilation and intubation times were similar. Moreover, the amount of analgesics, anti-inflammatory and diuretics administered to patients were not different, minimizing confounding factors that may have influenced the results of the present study.

Respiratory muscle dysfunction after CABG surgery may lead to alveolar hypoventilation due to a reduction in tidal volume, vital capacity and total lung capacity. Few studies designed to test the respiratory muscle strength and endurance following CABG have been published.⁸ Surgical trauma, internal mammary artery dissection, the presence of chest tubes for pleural and mediastinum drainage and pain^{19, 20} can all contribute to respiratory muscle dysfunction during the postoperative period. In the present study, there was a 26.4% reduction in MIP and 26.9% reduction in MEP in the control group one week following CABG. Conversely, in the IS+EPAP group, the reduction in MIP and MEP was only 15.5% and 18.2%, respectively. Moreover, we found a complete recovery of respiratory muscle strength in the IS+EPAP group one month following CABG, while in the control group, muscular strength was still reduced (25.5% for MIP and 15.8% for MEP). A recent study have shown that respiratory muscle training is associated with a significant recovery of the respiratory muscle strength and that this recovery is directly related to the improvement of the pulmonary function,⁹ with a reduction of pulmonary complications and length of hospital stay.⁹ Although the present study was not designed to increase force production of the respiratory musculature, the use of an incentive spirometry, which through visual feedback stimulates maximum sustained inspiration, coupled with positive expiratory pressure in the airway, which is related with alveolar recruitment and lung re-expansion, may induce respiratory muscle training, as demonstrated by the increase in MIP and MEP.

In our study, a marked reduction (20-27%) in lung function was present on the one week postoperative evaluation in both groups, which is consistent with previous findings.^{16, 21, 22} Regarding pulmonary function, the main positive result of the present study, was obtained one month following CABG. In our study, the IS+EPAP group demonstrated a complete recovery in functional vital capacity, forced expiratory volume on first second, inspiratory capacity and DLCO at the one month postoperative evaluation. In contrast, the control group did not show a complete recovery in pulmonary function variables at one month, remaining 10 to 26% lower compared to baseline values. A significant restrictive pulmonary impairment, persisting up to 4 months after CABG has been previously reported.²³ Furthermore, persistent respiratory asymmetry was found three months after CABG.²⁴ Therefore, the aforementioned data and the results of the present report, supports the hypothesis that IS+EPAP after CABG, facilitates a complete recovery of the lung volumes and capacities one month following surgery, which may be associated with a significant reduction in PPC and resource utilization.

Patients who participated in IS+EPAP presented with a better recovery in functional capacity one month following CABG, as shown by >70 m increase in distance covered during 6-MWT, which is considered clinically important to the patients.²⁵ In addition, we demonstrated a 23.5% reduction of distance covered during 6-MWT in the control group one week following CABG. In contrast, the IS+EPAP group demonstrated a smaller reduction (12.5%) in distance covered at the one week assessment. Furthermore, there was an additional increase (32%) of the distance covered at the one month assessment compared to the one week assessment in the IS+EPAP group. While in the control group, the distance covered was 7% below the baseline assessment at

one month post CABG. These results indicate that IS+EPAP may be associated with an improvement in functional capacity after CABG.

Chest X-ray alterations observed during the postoperative period of CABG is associated with modifications in lung volume and capacity, as previously discussed. In patients undergoing CABG, IS+EPAP resulted in a significant reduction in atelectasis, pleural effusion and pulmonary consolidation, which is consistent with other studies.^{17, 26} In the present study, 64.7% of the patients in control group showed atelectasis and 23.52% had pulmonary consolidation on the day of the hospital discharge. While in the IS+EPAP group, atelectasis incidence was lower (29.41%) and there was no occurrence of pulmonary consolidation. Presence of atelectasis, contributes to post surgical pulmonary dysfunction, diminishing of lung compliance and gas exchange, leading to hypoxemia.²⁷ The lower incidence of chest X-ray alterations through IS+EPAP use may be secondary to a lower incidence of pulmonary infections. In the present study, 23.5% of patients in the control group developed pneumonia, requiring treatment with antibiotics. In contrast, in the IS+EPAP group, there were no cases of lung infection. An increase in the lung volume during the inspiration (IS) and, at the same time, an increase in the lung volume at the end of the expiration (EPAP) may have resulted in increased alveolar ventilation, thereby reducing the incidence of atelectasis. Moreover, in our study, length of hospital stay was reduced in the IS+EPAP group compared to controls. The higher length of hospital stay in control group may have been secondary to a higher incidence of pulmonary infections and the use of antibiotics, increasing resource utilization in these patients.

Generalization of our findings may be restricted due to inherent study limitations. To better ensure the likelihood of homogeneity between the intervention and control

groups, subjects with chronic heart failure, diabetes mellitus, peripheral neuropathy, obesity, and neurological or musculoskeletal diseases were excluded. Extrapolation of our findings to patients with these comorbidities is therefore not recommended. Furthermore, due to the difficulty in the sampling, the patients included in this study did not have severe lung disease. However, ex-smokers and active smokers were included. Lastly, at the moment of hospital discharge, all individuals showed some difficulty in walking, secondary to the graft incision in one of the lower limbs. This may limit the performance during the walking test. Finally, during the fulfillment of the protocol after hospital discharge at the patient's home, we were not able to personally supervise the IS+EPAP protocol. Even so, patients reported excellent compliance with IS+EPAP during the weekly phone calls.

In conclusion, this randomized, controlled trial demonstrated that IS+EPAP results in faster recovery of inspiratory muscle strength, lung function and functional capacity following CABG. Moreover, we found that IS+EPAP administered to patients undergoing CABG is associated with diminish postoperative pulmonary alterations by chest X-ray, pneumonias and length of hospital stay. Future investigations should be directed toward confirming our findings and expanding this area of research. Due to the simplicity of and low risk associated with IS+EPAP use, we consider this to be an important intervention that appears to be effective in improving the clinical outcome in this patient population.

References

1. Myles PS, McIlroy D. Fast-track cardiac anesthesia: choice of anesthetic agents and techniques. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;9(1):5-16.
2. Staton GW, Williams WH, Mahoney EM, Hu J, Chu H, Duke PG, et al. Pulmonary outcomes of off-pump vs on-pump coronary artery bypass surgery in a randomized trial. *Chest* 2005;127(3):892-901.
3. Goksin I, Baltalarli A, Sacar M, Sungurtekin H, Ozcan V, Gurses E, et al. Preservation of pleural integrity in patients undergoing coronary artery bypass grafting: effect on postoperative bleeding and respiratory function. *Acta Cardiol* 2006;61(1):89-94.
4. Ng CS, Wan S, Yim AP, Arifi AA. Pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Chest* 2002;121(4):1269-77.
5. Scott BH, Seifert FC, Grimson R, Glass PS. Octogenarians undergoing coronary artery bypass graft surgery: resource utilization, postoperative mortality, and morbidity. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19(5):583-8.
6. Ferguson MK. Preoperative assessment of pulmonary risk. *Chest* 1999;115(5 Suppl):58S-63S.
7. Groeneveld AJ, Jansen EK, Verheij J. Mechanisms of pulmonary dysfunction after on-pump and off-pump cardiac surgery: a prospective cohort study. *J Cardiothorac Surg* 2007;2:11.
8. Wynne R, Botti M. Postoperative pulmonary dysfunction in adults after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: clinical significance and implications for practice. *Am J Crit Care* 2004;13(5):384-93.

9. Hulzebos EH, Helders PJ, Favie 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.
10. Toumpoulis IK, Anagnostopoulos CE, Balaram SK, Rokkas CK, Swistel DG, Ashton RC, Jr., et al. Assessment of independent predictors for long-term mortality between women and men after coronary artery bypass grafting: are women different from men? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;131(2):343-51.
11. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest* 2001;120(3):971-8.
12. Stiller K, Montarello J, Wallace M, Daff M, Grant R, Jenkins S, et al. Efficacy of breathing and coughing exercises in the prevention of pulmonary complications after coronary artery surgery. *Chest* 1994;105(3):741-7.
13. Jenkins SC, Soutar SA, Loukota JM, Johnson LC, Moxham J. Physiotherapy after coronary artery surgery: are breathing exercises necessary? *Thorax* 1989;44(8):634-9.
14. Pasquina P, Tramer MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ* 2003;327(7428):1379.
15. Freitas ER, Soares BG, Cardoso JR, Atallah AN. Incentive spirometry for preventing pulmonary complications after coronary artery bypass graft. *Cochrane Database Syst Rev* 2007(3):CD004466.

16. Pasquina P, Merlani P, Granier JM, Ricou B. Continuous positive airway pressure versus noninvasive pressure support ventilation to treat atelectasis after cardiac surgery. *Anesth Analg* 2004;99(4):1001-8.
17. 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;128(5):3482-8.
18. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis* 1991;144(5):1202-18.
19. Kristjansdottir A, Ragnarsdottir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Chest wall motion and pulmonary function are more diminished following cardiac surgery when the internal mammary artery retractor is used. *Scand Cardiovasc J* 2004;38(6):369-74.
20. Vassilakopoulos T, Mastora Z, Katsaounou P. Contribution of pain to inspiratory muscle dysfunction after upper abdominal surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1372--1375.
21. Bonacchi M, Prifti E, Giunti G, Salica A, Frati G, Sani G. Respiratory dysfunction after coronary artery bypass grafting employing bilateral internal mammary arteries: the influence of intact pleura. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19(6):827-33.
22. Ragnarsdottir M, Kristjansdottir A, Ingvarsdottir I, Hannesson P, Torfason B, Cahalin L. Short-term changes in pulmonary function and respiratory movements after cardiac surgery via median sternotomy. *Scand Cardiovasc J* 2004;38(1):46-52.

23. Westerdahl E, Lindmark B, Bryngelsson I, Tenling A. Pulmonary function 4 months after coronary artery bypass graft surgery. *Respir Med* 2003;97(4):317-22.
24. Kristjansdottir A, Ragnarsdottir M, Hannesson P, Beck HJ, Torfason B. Respiratory movements are altered three months and one year following cardiac surgery. *Scand Cardiovasc J* 2004;38(2):98-103.
25. Redelmeier DA, Bayoumi AM, Goldstein RS, Guyatt GH. Interpreting small differences in functional status: the Six Minute Walk test in chronic lung disease patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155(4):1278-82.
26. Westerdahl E, Lindmark B, Almgren SO, Tenling A. Chest physiotherapy after coronary artery bypass graft surgery--a comparison of three different deep breathing techniques. *J Rehabil Med* 2001;33(2):79-84.
27. 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.

Legends

Figure 1. Flow of participants in the study.

Figure 2. Values are expressed as mean \pm SD. Intervention group (IS+EPAP) and control group. **(A)** MIP, maximal inspiratory pressure, *IS+EPAP group vs control group ($P < 0.001$); †one week vs baseline in the control group ($P < 0.05$); **one month vs baseline in the control group ($P < 0.05$). **(B)** MEP, maximal expiratory pressure, *one week vs baseline in IS+EPAP ($P < 0.01$) and one week vs baseline in control group ($P < 0.001$); †one month vs one week ($P < 0.01$); **one month vs baseline ($P < 0.05$). Two-way ANOVA for repeated measures and *Student-Newmann-Keuls* as post-hoc.

Figure 3. Values are expressed as mean \pm SD. Intervention group (IS+EPAP) and control group. **(A)** FVC, forced vital capacity, **(B)** FEV₁, forced expiratory volume in 1 second. *one week vs baseline in both groups ($P < 0.01$); †IS+EPAP group vs control group at one month ($P < 0.05$); **one month vs baseline in the control group ($P < 0.05$). **(C)** IC, inspiratory capacity, *one week vs baseline in both groups ($P < 0.001$); †IS+EPAP group vs control group ($P < 0.05$); †one month vs one week ($P < 0.05$); **one month vs baseline ($P < 0.05$). **(D)** DLCO, Diffusion capacity of the carbon monoxide, *one week vs baseline in both groups ($P < 0.001$); **one month vs one week ($P < 0.001$); †one month vs baseline ($P < 0.05$). Two-way ANOVA for repeated measures and *Student-Newmann-Keuls* as post-hoc.

Figure 4. Values are expressed as mean \pm SD. Intervention group (IS+EPAP) and control group. **(A)** 6-MWT, distance covered in 6-minute walk test on baseline, one week and one month after CABG. *IS+EPAP group vs control group ($P < 0.0001$); †one week vs baseline in control group ($P < 0.001$). Two-way ANOVA for repeated measures and *Student-Newmann-Keuls* as post-hoc. **(B)** Score of pulmonary alterations in chest X-ray one week after CABG, *IS+EPAP group vs control group ($P < 0.0004$, Mann-Whitney Test).

Figure 1

Figure 2

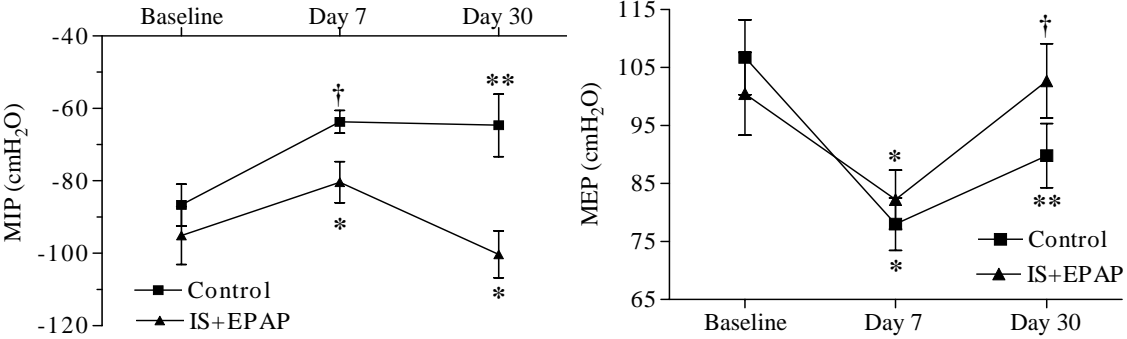


Figure 3

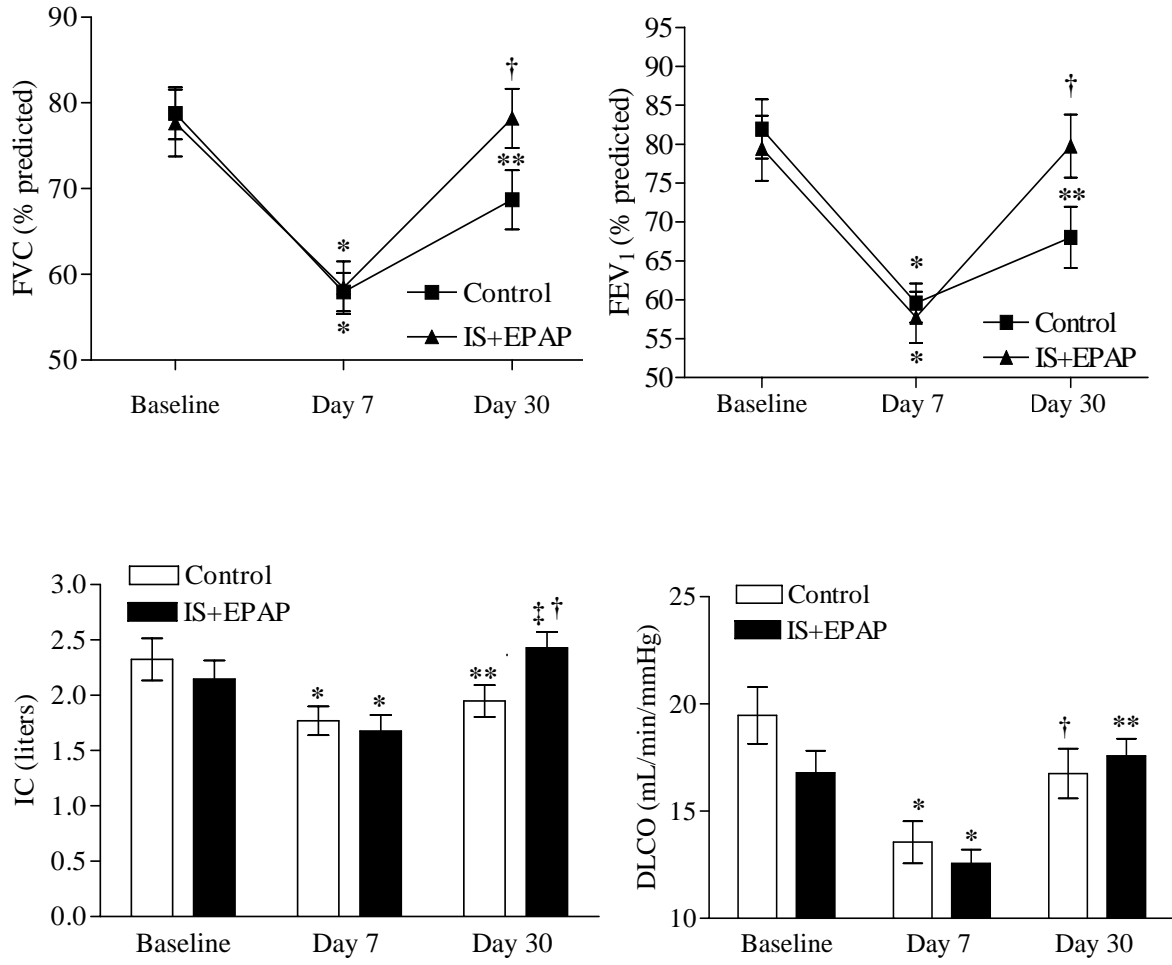


Figure 4

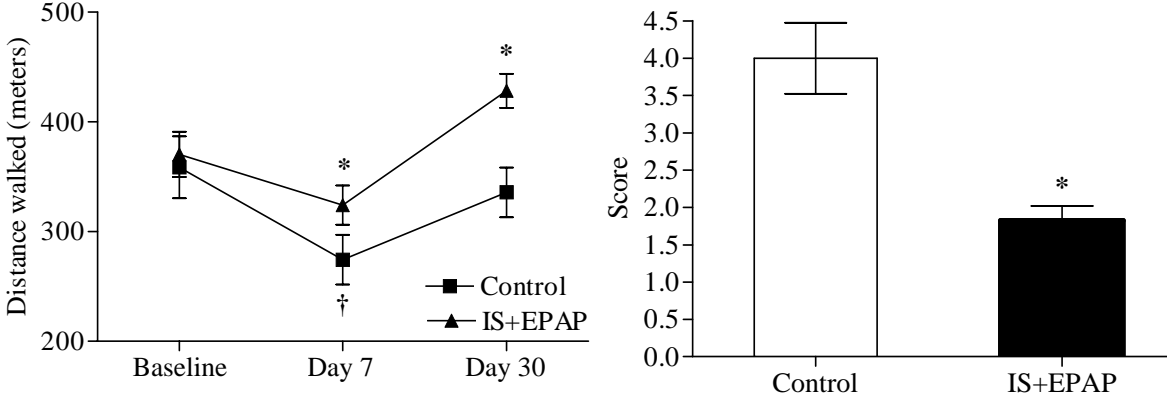


Table 1. Patients' characteristics at study entry

	Control group (<i>n</i> = 17)	IS+EPAP group (<i>n</i> = 17)	<i>P</i>
Gender, M/F	14/3	14/3	
Age, years	60 ± 7	62 ± 6	0.40
Body mass index, kg/m ²	27.5 ± 2.5	26.2 ± 2.5	0.14
History of smoking, packs/year	62.6 ± 10.4	89.2 ± 32.0	0.43
Cardiopulmonary bypass time, min	66.1 ± 15.5	65.5 ± 15.3	0.90
Time of ischemia, min	46.2 ± 12.6	44.2 ± 10.0	0.51
Duration mechanical ventilation, h	13.6 ± 3.2	13.4 ± 2.0	0.81
Extubation time, h	9.8 ± 2.6	9.4 ± 2.0	0.59
MIP, cmH ₂ O	-86.6 ± 23.7	-95.1 ± 33.0	0.39
MEP, cmH ₂ O	106.7 ± 26.6	100.4 ± 29.3	0.98
6-MWT, meters	358 ± 116	370 ± 85	0.90
FVC,L	3.0 ± 0.7	2.9 ± 0.7	0.38
FEV ₁ , L	2.5 ± 0.6	2.3 ± 0.5	0.50

Values are expressed as mean ± SD. MIP, maximum inspiratory pressure; MEP, maximum expiratory pressure; 6-MWT, 6-minute walk test; FVC, forced vital capacity; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second.

Table 2. Pulmonary function test

	Baseline		Day 7		Day 30		<i>P</i>
	Control	IS+EPA	Control	IS+EPAP	Control	IS+EPAP	
	<i>P</i>						
TLC, L	6.1 ± 1.2	5.6 ± 1.3	4.7 ± 1.1*	4.5 ± 1.1*	5.1 ± 0.8**	5.5 ± 1.2†	< 0.05
PEF,L	6.8 ± 2.2	6.3 ± 1.6	5.2 ± 1.8	4.7 ± 1.4	6.1 ± 2.0	6.5 ± 1.9	0.08
RV,L	2.8 ± 0.6	2.6 ± 0.9	2.3 ± 0.8	2.2 ± 0.7	2.3 ± 0.7	2.3 ± 0.7	0.58
FRC,L	3.7 ± 0.9	3.5 ± 0.9	3.0 ± 0.9	2.8 ± 0.8	3.2 ± 0.7	3.1 ± 0.9	0.71
R,cmH ₂ O	3.6 ± 1.1	3.4 ± 1.2	4.2 ± 1.4	4.2 ± 2.1	3.3 ± 1.0	3.4 ± 1.3	0.63

Values are expressed as mean ± SD. TLC, total lung capacity; PEF, peak expiratory flow; RV, residual volume; FRC, functional residual capacity; R, resistance; L, liters.

†one month vs one week in the IS+EPAP ($P < 0.01$); *one week vs baseline in the

IS+EPAP and control groups ($P < 0.001$); **one month vs baseline in control group ($P < 0.05$)

ANEXO B: Termo de Consentimento Informado-Esclarecido

TITULO: Pressão Positiva Expiratória na Via Aérea Associada ao Inspirômetro de Incentivo Reduz as Complicações Pulmonares, Melhora a Função Pulmonar e a Capacidade Funcional em Pacientes Submetidos à Cirurgia de Revascularização do Miocárdio.

Eu, _____, concordo em ser avaliado e submetido a tratamento fisioterapêutico, colaborando com a pesquisa mencionada acima. O projeto foi elaborado pela fisioterapeuta Mauren Porto Haeffner (51 9161-4514) e pelo pesquisador responsável, Prof. Dr. Pedro Dall'Ago (51 9961-7331). A sua aplicação não oferece risco ou desconforto ao paciente. Esclarecido e informado a respeito da pesquisa e com garantia de que poderei retirar meu consentimento em qualquer fase da mesma, sem qualquer penalidade, submeto-me de livre e espontânea vontade, reconhecendo que:

1. Fui informado que devido às alterações do pós-operatório da cirurgia cardíaca sobre as funções pulmonares, é necessário um trabalho visando à prevenção e recuperação de possíveis complicações pulmonares.
2. A realização do presente estudo justifica-se, pois não há na literatura um consenso sobre os benefícios do uso do EPAP e do inspirômetro de incentivo após a cirurgia de revascularização do miocárdio, alcançando uma maior especificidade do atendimento fisioterapêutico a esses pacientes.
3. Assim, o objetivo principal dessa pesquisa é analisar de forma comparativa as respostas da função pulmonar, da força da musculatura respiratória e da capacidade funcional após a realização do protocolo de intervenção fisioterapêutica.
4. Fui esclarecido de que os pacientes receberão atendimento fisioterapêutico de acordo com o protocolo, desde durante o pós-operatório até a alta hospitalar, sendo que o tratamento não oferece risco ou desconforto ao paciente. O benefício que se espera é uma melhor reexpansão. Fui esclarecido e me foi demonstrado como serão feitas três avaliações, que serão realizadas no pré-operatório e no final do tratamento, antes da alta hospitalar e após três semanas da alta hospitalar.
5. Serei submetido primeiramente a uma avaliação, incluindo testes de avaliação da função pulmonar, e ao tratamento fisioterapêutico, sendo supervisionado pela fisioterapeuta. O atendimento se manterá até a alta hospitalar.
6. Fui informado que os pacientes serão divididos em dois grupos. O grupo I utilizará II+EPAP (é um aparelho com um bocal, onde o ar será soprado contra uma resistência) e o grupo dois receberá orientações sobre como realizar exercícios respiratórios e tosse. Durante a realização destes exercícios, você poderá sentir cansaço ou tontura, mas essas sensações não serão prejudiciais ao seu tratamento.

7. Em qualquer fase da pesquisa, o paciente poderá retirar seu consentimento, sem penalidade e com a garantia de que o tratamento terá continuidade de acordo com a rotina do HCPA.

8. Os pesquisadores oferecem a garantia de fornecer respostas às perguntas ou esclarecimento de dúvidas, acerca dos procedimentos, riscos e benefícios e outros assuntos relacionados a pesquisa.

9. Foi dada a garantia de que não será identificado e de ser mantido o caráter confidencial da informação em relação a minha privacidade.

Assino o presente documento em duas vias de igual teor, ficando uma em minha posse. Autorizo aos pesquisadores a utilização dos dados obtidos, incluindo a divulgação, sempre preservando minha privacidade.

Porto Alegre, _____, _____, _____

Dr. Pedro Dall'Ago
Pesquisador responsável

Mauren P. Haeffner
Pesquisador

Participante