

## Os Efeitos da Pressão Positiva Intermitente e do Incentivador Respiratório no Pós-Operatório de Revascularização Miocárdica

*The Effects of Intermittent Positive Pressure and Incentive Spirometry in the Postoperative of Myocardial Revascularization*

Walmir Romanini<sup>1,2</sup>, Andrea Pires Muller<sup>1,2</sup>, Katherine Athayde Teixeira de Carvalho<sup>1</sup>, Marcia Olandoski<sup>1</sup>, José Rocha Faria-Neto<sup>1</sup>, Felipe Luiz Mendes<sup>2</sup>, Evandro Antonio Sardetto<sup>2</sup>, Francisco Diniz Afonso da Costa<sup>1,2</sup>, Luiz César Guarita-Souza<sup>1</sup>

Pontifícia Universidade Católica do Paraná<sup>1</sup> - PUCPR e Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Curitiba<sup>2</sup> - Curitiba, PR - Brasil

### Resumo

**Fundamento:** As complicações pulmonares são causas freqüentes do aumento de morbi-mortalidade nos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. A fisioterapia respiratória tem auxiliado na recuperação destes pacientes.

**Objetivo:** Analisar o efeito fisioterapêutico da aplicação da pressão positiva intermitente (RPPI) e do incentivador respiratório (IR) em pacientes submetidos a cirurgia de revascularização do miocárdio.

**Métodos:** Quarenta pacientes foram divididos em dois grupos: um submetido à aplicação do RPPI (n=20) e o outro ao IR (n=20). Os pacientes foram avaliados nos momentos: pré-operatório, 24<sup>a</sup>, 48<sup>a</sup> e 72<sup>a</sup> horas de pós-operatório, sendo aplicados os recursos no período pós-operatório. Analisaram-se os seguintes parâmetros: saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>), freqüência respiratória (FR), volume minuto (VM), volume corrente (VC), pressão inspiratória máxima (Pi<sub>máx</sub>) e pressão expiratória máxima (Pe<sub>máx</sub>).

**Resultados:** Nas variáveis demográficas e clínicas os grupos foram considerados homogêneos. No grupo submetido à aplicação com o RPPI identificou-se aumento da SpO<sub>2</sub> na 48<sup>a</sup> (p=0,007) e na 72<sup>a</sup> horas (p=0,0001) quando comparado ao grupo IR. Nos parâmetros: FR, VM e VC na comparação entre os grupos não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. No grupo submetido ao IR a Pe<sub>máx</sub> na 24<sup>a</sup> (p=0,02) e na 48<sup>a</sup> (p=0,01) horas apresentaram um aumento significativo.

**Conclusão:** Com o objetivo de reverter mais precocemente a hipoxemia, o RPPI mostrou-se mais eficiente em comparação ao IR; entretanto, para melhorar a força dos músculos respiratórios, o IR foi mais efetivo. (Arq Bras Cardiol 2007;89(2):105-110)

**Palavras-chave:** Terapia física (especialidade), fisioterapia respiratória, cuidados pós operatórios, revascularização miocárdica.

### Summary

**Background:** Pulmonary complications are important causes of morbidity and fatalities among patients subject to cardiac surgery. The respiratory physiotherapy has been aiding in the recovery of these patient ones.

**Objective:** To evaluate the physiotherapeutic effect of intermittent positive pressure breathing (IPPB) and incentive spirometry (IS) in patients submitted to myocardial revascularization surgery.

**Methods:** Forty patients were divided in two groups: one was submitted to IPPB (n=20) and the other to IS (n=20). The patients were evaluated at the preoperative period and 24, 48 and 72 hours postoperatively, with the resources being applied in the postoperative period. The following parameters were analyzed: oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), respiratory frequency (RF), minute volume (MV), current volume (CV), maximum inspiratory pressure (I<sub>pmax</sub>) and maximum expiratory pressure (E<sub>pmax</sub>).

**Results:** The groups were considered homogeneous regarding the demographic and clinical variables. In the group submitted to IPPB, an increase in SpO<sub>2</sub> was observed 48 (p=0.007) and 72 h (p=0.0001) after surgery, when compared to the IS group. As for the RF, MV and CV variables, there were no statistically significant differences between the groups. The group submitted to IS showed a significant increase in the E<sub>pmax</sub> 24 (p=0.02) and 48 (p=0.01) h after surgery.

**Conclusion:** Aiming at reversing hypoxemia earlier, IPPB showed to be more efficient when compared to IS; however, IS was more effective in improving respiratory muscle strength. (Arq Bras Cardiol 2007;89(2):94-99)

**Key words:** Physical therapy (speciality); postoperative care; respiratory physical therapy; myocardial revascularization.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Luiz César Guarita-Souza •

Rua Silveira Peixoto, 1062/162 - 80240-120 - Curitiba, PR - Brasil

E-mail: guaritasouzalc@hotmail.com

Artigo recebido em 11/12/06; artigo revisado recebido em 16/2/07; artigo aceito em 13/3/07.

## Introdução

A cirurgia de revascularização miocárdica é realizada há mais de 30 anos<sup>1</sup>; entretanto, as complicações pulmonares são causas importantes do aumento da morbidade e da mortalidade nos pacientes submetidos a esse procedimento<sup>2</sup>.

As alterações funcionais pulmonares identificadas nos pacientes submetidos a cirurgia de revascularização miocárdica dependem de vários fatores, como a função pulmonar pré-operatória, as co-morbidades associadas (obesidade, tabagismo, sedentarismo, idade), o tipo e o tempo de cirurgia, a necessidade ou não e o tempo de utilização da circulação extracorpórea, a intensidade da manipulação cirúrgica e a presença de drenos pleurais<sup>3</sup>.

A fisioterapia é freqüentemente utilizada na prevenção e tratamento de complicações pulmonares pós-operatórias como as atelectasias, derrames pleurais e pneumonias tentando acelerar o processo de recuperação da função pulmonar<sup>4</sup>, pois o seu pleno restabelecimento ocorre apenas após 15 dias do ato cirúrgico<sup>5</sup>.

Existem alguns recursos utilizados para a realização da fisioterapia respiratória no pós-operatório de cirurgia cardíaca, como manobras de fisioterapia, pressão positiva contínua na via aérea (CPAP), pressão positiva contínua em dois níveis pressóricos nas vias aéreas (BIPAP), pressão positiva expiratória (EPAP), respiração com pressão positiva intermitente (RPPI) e incentivador respiratório (IR), que são recursos seguros e de fácil aplicação em pacientes em pós-operatório. Existem diferenças técnicas entre esses recursos, pois cada um atua de uma forma específica na recuperação da função pulmonar e mecânica respiratória<sup>6-8</sup>.

Dessa forma, existem dúvidas em relação ao melhor método a ser utilizado em determinadas complicações no pós-operatório de cirurgia de revascularização miocárdica.

O objetivo deste trabalho é analisar o efeito da aplicação da RPPI e do IR na função respiratória, em pacientes submetidos a cirurgia de revascularização do miocárdio.

## Métodos

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR sob o registro 669, tendo sido encaminhado à Conep. Os pacientes assinaram o termo de consentimento livre esclarecido.

Quarenta pacientes foram submetidos a cirurgia de revascularização do miocárdio, no período entre agosto de 2005 e abril de 2006, na Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Curitiba. O estudo foi prospectivo e os pacientes foram randomizados por meio de sorteio, previamente à cirurgia, e divididos em dois grupos: RPPI: 20 pacientes, IR: 20 pacientes. (Não houve necessidade de mudança dos pacientes de grupo por critério clínico).

O grupo RPPI foi composto de 40% de mulheres e 60% homens, e o IR, 20% de mulheres e 80% de homens ( $p=ns$ ).

Os pacientes do grupo RPPI foram submetidos a aplicação da pressão positiva intermitente (RPPI), por meio do Reanimador de Muller (RM), da marca Engesp<sup>®</sup>, com uma máscara facial de borracha por dez minutos, um intervalo de

cinco minutos e nova aplicação de dez minutos. O grupo IR foi submetido a aplicação do incentivador respiratório orientado a volume, da marca Voldyne modelo 5000<sup>®</sup>, (Sherwood Medical, USA), pelo mesmo tempo e intervalo.

No período pré-operatório os pacientes foram submetidos a espirometria por meio do equipamento Microlab<sup>®</sup>, produzido pela Micro Medical Ltda., modelo microlab 3500, para análise dos valores preditos das seguintes variáveis: VEF1 (volume expiratório forçado no primeiro segundo) e relação entre VEF1/CVF (índice de Tiffenau). Os pacientes deveriam apresentar padrões de normalidade ou distúrbio ventilatório leve para serem incluídos no estudo.

Foram avaliadas as variáveis pré- e pós-operatórias: idade, peso, altura, índice massa corpórea (IMC), tempo de cirurgia e de circulação extracorpórea, quantidade e localização dos drenos.

Os parâmetros pós-operatórios analisados foram: saturação de oxigênio ( $SpO_2\%$ ) em ar ambiente por meio do oxímetro de pulso da marca Nonin<sup>®</sup> modelo 9500, volume corrente (VC) ( $VC = VM$  (volume minuto) / FR (freqüência respiratória) por meio do ventilômetro Whighth da marca Respirameter<sup>®</sup>, modelo Ferraris – Mark 8, pressão inspiratória máxima ( $Pi_{máx}$ ) e pressão expiratória máxima ( $Pe_{máx}$ ) pelo equipamento da marca Gerar<sup>®</sup>. Esses dados foram coletados nas 24<sup>a</sup>, 48<sup>a</sup> e 72<sup>a</sup> horas de pós-operatório.

Na análise estatística, testou-se a hipótese nula de médias iguais na avaliação pré e pós-tratamento com IR e do RM versus a hipótese alternativa de médias diferentes. Para a comparação dos dois grupos definidos pelo tipo de recurso, foi usado o teste *t* de Student para amostras independentes. Para a comparação dos momentos de avaliação pré e pós-tratamento respiratório foi usado o teste *t* de Student para amostras pareadas. Na comparação dos grupos em relação ao número de pontes foi usado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney. Valores de  $p < 0,05$  indicaram significância estatística.

## Resultados

Não houve diferença estatística entre as variáveis demográficas e clínicas no pré e no pós-operatórias entre os dois grupos estudados. Dessa forma, os grupos foram considerados homogêneos e puderam ser comparados entre si.

Em relação à variável índice de Tiffenau (VEF1/CVF), os pacientes submetidos a aplicação do IR obtiveram a média de  $81,95 \pm 11,41\%$ , e os submetidos ao RPPI, de  $81,80 \pm 7,01\%$  ( $p=0,96$ ). A média de idade dos pacientes do grupo IR variou de  $57,10 \pm 9,88$  anos, e do RPPI,  $56,40 \pm 8,89$  anos ( $p=0,81$ ). O IMC não apresentou diferença estatística, pois os pacientes submetidos a aplicação do IR apresentaram média de  $26,82 \pm 3,12$  Kg/cm<sup>2</sup>, e os do grupo RPPI,  $28,64 \pm 5,12$  Kg/cm<sup>2</sup> ( $p=0,18$ ). Com relação ao tempo de circulação extracorpórea (CEC), os pacientes submetidos a aplicação do IR tiveram média de  $57,50 \pm 11,53$  minutos, e os do grupo RPPI,  $54 \pm 9,26$  minutos ( $p=0,29$ ). Em relação à quantidade e à localização dos drenos, 100% dos pacientes apresentavam dreno no mediastino. No grupo IR, 75% dos pacientes apresentavam dreno no tórax, e no grupo RPPI, 80% ( $p=ns$ ). Com relação ao número de pontes, a média

## Artigo Original

dos pacientes submetidos a aplicação do IR foi de  $2,90 \pm 0,79$  pontes/paciente e os do grupo RPPI  $2,80 \pm 0,70$ .

Com relação à análise da saturação de oxigênio ( $SpO_2$ , %) nos pacientes que foram submetidos a aplicação do IR a média da  $SpO_2$ , na avaliação 24ª hora após a cirurgia foi de 88,50% antes da aplicação e 89,55% após ( $p=0,20$ ). Na 48ª hora a variação foi de 86,10% para 87,15% ( $p=0,15$ ). Na 72ª hora houve um aumento de 89,90% para 91,15% ( $p=0,05$ ). Já nos pacientes que foram submetidos a aplicação do RPPI a média da saturação de  $SpO_2$  na avaliação da 24ª hora após a cirurgia foi de 88,50% para 88,45% ( $p=0,96$ ). Na 48ª hora foi de 89,40% para 92% ( $p=0,001$ ). Na 72ª hora a variação foi de 93,35% para 94,70% ( $p=0,05$ ). Quando comparados os dois grupos entre si observou-se diferença estatística em favor do RPPI na 48ª hora ( $p=0,007$ ) e 72ª hora ( $p=0,001$ ) (fig. 1).

Na análise da frequência respiratória (FR) dos pacientes que foram submetidos a aplicação do IR, não houve diferença estatística nos três períodos analisados. Nos pacientes submetidos a aplicação do RPPI, a média da FR na 24ª hora após a cirurgia variou de 23,75 i/min para 20,30 i/min ( $p=0,005$ ). Na comparação entre os dois grupos não houve diferença significativa.

Com relação ao parâmetro de volume minuto (VM), apesar de ter sido identificada diferença estatística nos pacientes submetidos a aplicação do IR na 24ª hora (11.725,95 para 12.653,50 ml  $p=0,03$ ) e nos pacientes que foram submetidos a aplicação do RPPI na 48ª hora (13.145 para 14.034 ml  $p=0,02$ ), em todos os demais períodos não foram identificadas diferenças significativas nem intra- nem intergrupos (fig. 2). Na avaliação do parâmetro volume corrente (VC), não foi identificada diferença estatisticamente significativa nem no grupo submetido a aplicação do IR nem no grupo RPPI, bem como na comparação entre eles.

A  $Pi_{máx}$  nos pacientes que foram submetidos a aplicação do IR não sofreu alterações significativas nos três períodos avaliados; entretanto, no grupo RPPI identificou-se aumento significativo desse parâmetro na 48ª hora, pois o seu valor variou de 34 para 38  $cmH_2O$  ( $p=0,03$ ). Quando comparados os dois grupos entre si, observou-se diferença estatística

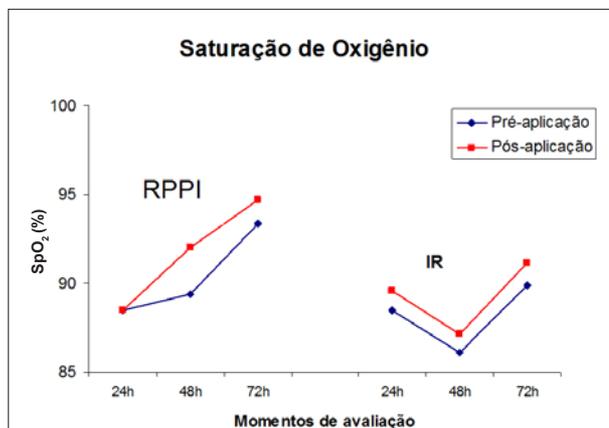


Fig. 1 - Saturação de oxigênio ( $SpO_2$  %).

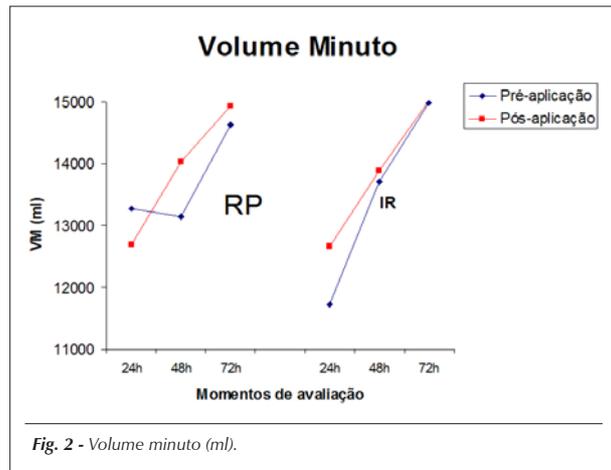


Fig. 2 - Volume minuto (ml).

significativa com aumento da  $Pi_{máx}$  na 48ª hora ( $p=0,04$ ) antes da aplicação do recurso, e na 72ª hora ( $p=0,04$ ), em favor do grupo de pacientes que foram submetidos a aplicação do IR (tab. 1).

Com relação à  $Pe_{máx}$ , não foi identificada diferença significativa nem no grupo submetido ao IR, tampouco no grupo submetido ao RPPI isoladamente; entretanto, houve um aumento desse parâmetro no grupo IR, em relação ao RPPI na 24ª hora ( $p=0,02$ ) e na 48ª hora ( $p=0,01$ ) após os procedimentos, e na 48ª hora ( $p=0,004$ ) previamente a aplicação dos recursos (tab. 2; fig. 3).

## Discussão

O entendimento das bases fisiopatológicas do desenvolvimento da disfunção pulmonar pós-operatória é fundamental para avaliar as complicações pulmonares após intervenções cirúrgicas e na definição das abordagens terapêuticas<sup>9</sup>.

As repercussões pulmonares que ocorrem no pós-operatório de cirurgia de revascularização miocárdica, como esternotomia, anestesia, presença de drenos torácicos que

Tabela 1 – Comparação entre os grupos IR x RPPI no parâmetro  $Pi_{máx}$  ( $cmH_2O$ )

Variáveis	Média	DP	p
$Pi_{máx}$ 24h antes IR	39,50	27,09	0,27
$Pi_{máx}$ 24h antes RM	31	20,75	
$Pi_{máx}$ 24h após IR	43	27,79	0,16
$Pi_{máx}$ 24h após RM	32,25	20,16	
$Pi_{máx}$ 48h antes IR	51,25	27,81	0,04
$Pi_{máx}$ 48h antes RM	34	23,49	
$Pi_{máx}$ 48h após IR	55,12	31,39	0,06
$Pi_{máx}$ 48h após RM	38	24,68	
$Pi_{máx}$ 72h antes IR	60,25	27,74	0,13
$Pi_{máx}$ 72h antes RM	46,75	28,57	
$Pi_{máx}$ 72h após IR	63,90	29,37	0,04
$Pi_{máx}$ 72h após RM	46,50	24,61	

alteram a função da mecânica respiratória com diminuição do volume residual (VR), da capacidade pulmonar total, capacidade vital (CV) e capacidade residual funcional (CRF), levando a atelectasias, alteram a relação ventilação/perfusão, iniciando o processo de alterações da  $\text{PaCO}_2$ ,  $\text{PaO}_2$ <sup>10</sup>.

O conhecimento de doenças ou disfunções pulmonares que podem acompanhar a história prévia dos pacientes, como doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), tabagismo, obesidade e idade, é importante fator a ser observado, visto que o sucesso da recuperação pulmonar no pós-operatório depende também da avaliação e das condições pré-operatórias que analisam o risco cirúrgico ao qual o paciente irá ser submetido<sup>3</sup>.

Na análise pré-operatória do nosso estudo, os grupos foram considerados homogêneos, pois não houve diferença estatística nas seguintes variáveis: índice de Tiffenau (VEF1/CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), idade, peso, altura, índice de massa corpórea (IMC) e no pós-operatório: o tempo de circulação extracorpórea (CEC),

o número e localização dos drenos no mediastino e no tórax, número de pontes e os agentes analgésicos. Dessa forma, foi possível avaliar os grupos entre si.

Com relação à saturação de oxigênio ( $\text{SpO}_2$ ), observou-se hipoxemia nos três momentos de nossa avaliação, tanto antes como após a aplicação dos recursos. A hipoxemia é uma complicação sistêmica que em alguns pacientes pode ter repercussões como acidose metabólica, isquemia mesentérica, insuficiência renal<sup>11</sup>. Segundo Malbowisson, a hipoxemia pode ser desencadeada pela circulação extracorpórea (CEC) que causa edema intersticial alveolar e, conseqüentemente, atelectasia pulmonar, que geralmente se localiza em bases pulmonares<sup>12</sup>.

No presente estudo identificou-se aumento significativo da  $\text{SpO}_2$  quando comparados os dois grupos, com melhora no grupo que foi submetido a aplicação do RPPI na 48<sup>a</sup> e na 72<sup>a</sup> horas. Na análise por grupos isoladamente, o grupo RPPI obteve melhora da  $\text{SpO}_2$  com significância na 48<sup>a</sup> hora após a cirurgia. A tendência de melhora da  $\text{SpO}_2$  do grupo RPPI em relação ao IR pode ser justificada pelo fato do RPPI ser um processo passivo de expansão pulmonar, não necessitando de trabalho respiratório ativo, que nesse momento inicial da recuperação da cirurgia pode levar ao aumento de dor, restringindo a expansão respiratória e alterando a relação V/Q.

Com relação aos valores obtidos da  $\text{SpO}_2$  em repouso, isto é, antes da aplicação dos recursos, identificou-se que no grupo submetido a aplicação do RPPI na 72<sup>a</sup> hora a hipoxemia já estava revertida, enquanto no grupo IR mantinha valores inferiores à normalidade. Dessa forma, nota-se que a oferta de  $\text{O}_2$  gerada pelo RPPI foi mais efetiva do que a carga imposta pelo IR para expansão pulmonar. Sendo assim, evidenciou-se que até 72 horas de pós-operatório deve-se valorizar a oferta de  $\text{O}_2$  mediante terapia assistida por pressão, em vez de aumentar o seu consumo, na expectativa de ganhar força muscular. Com isso, a balança entre a oferta e consumo de  $\text{O}_2$  obteve melhor equilíbrio no grupo submetido ao RPPI.

Com relação ao grupo incentivador respiratório (IR), a

Tabela 2 – Comparação entre os grupos IR x RPPI no parâmetro  $\text{Pe}_{\text{máx}}$  ( $\text{cmH}_2\text{O}$ )

Variáveis	Média	DP	p
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 24h antes IR	46,50	30,78	0,07
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 24h antes RM	31,75	19,08	
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 24h após IR	48,25	30,49	0,02
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 24h após RM	30,75	14,07	
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 48h antes IR	57,25	30,50	0,004
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 48h antes RM	33,25	15,92	
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 48h após IR	57,75	29,58	0,01
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 48h após RM	38	13,61	
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 72h antes IR	62,25	26,88	0,09
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 72h antes RM	49,50	19,32	
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 72h após IR	64,25	26,02	0,07
$\text{Pe}_{\text{máx}}$ 72h após RM	51,50	17,48	

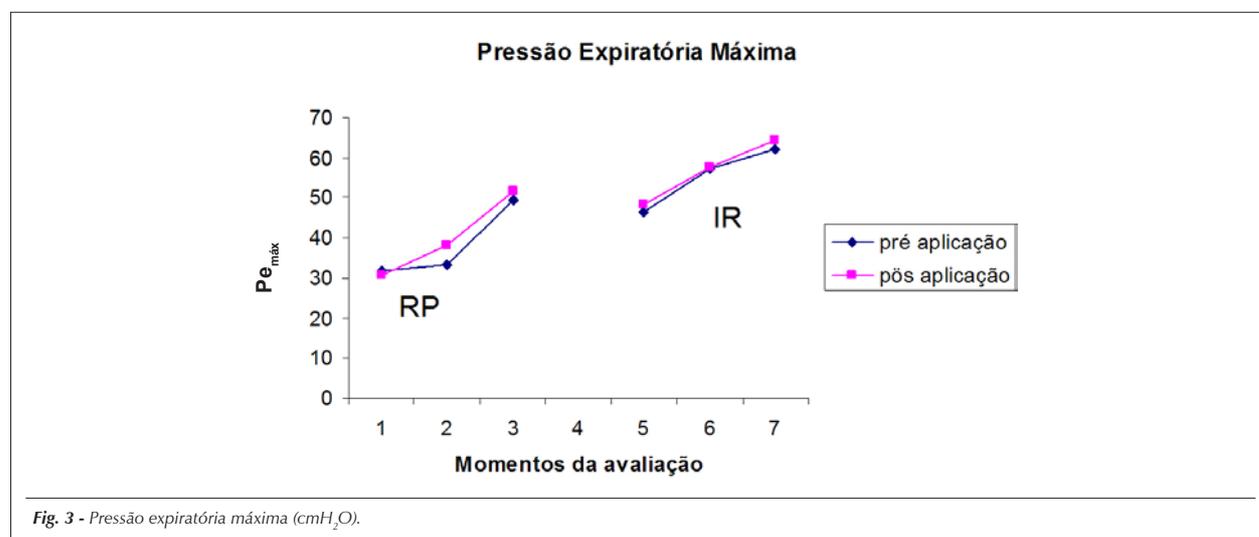


Fig. 3 - Pressão expiratória máxima ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ).

manutenção da hipoxemia nos primeiros dias de pós-operatório deveu-se a dificuldade da expansão pulmonar pelos fatores restritivos, como a dor e a presença dos drenos torácicos.

Segundo West, existe correlação entre o volume minuto (VM), volume corrente (VC) e frequência respiratória (FR). No pós-operatório de cirurgia cardíaca, o valor do volume minuto pode se manter dentro dos valores de referência, porém, à custa de um baixo volume corrente e de uma elevada frequência respiratória, que pode levar o paciente a fadiga dos músculos respiratórios, insaturação de oxigênio e até, em alguns casos, insuficiência respiratória<sup>13</sup>.

Analisando-se os parâmetros do VM, VC e da FR, não houve diferença significativa entre os grupos, ou seja, tanto a re-expansão pulmonar estimulada pelo RPPI, que é um mecanismo passivo, como a aplicação do IR, que é um mecanismo ativo, obtiveram efeitos semelhantes no pós-operatório. O VM é o produto do cálculo do VC multiplicado pela FR. A aplicação dos recursos RPPI e IR melhorou o VC. Isso pode ser justificado na avaliação isolada de cada grupo. O VM aumentou significativamente na 24ª hora após a aplicação do IR e na 48ª hora após a aplicação do RPPI. O VC não obteve registros de valores significativos, quando comparados os grupos entre si e nem na avaliação isolada, porém a sua média foi maior após a aplicação de cada recurso.

Segundo Bott, a indicação terapêutica do RPPI nas primeiras horas de pós-operatório restabelece mais rapidamente os volumes e capacidades pulmonares. Enfatiza ainda que as complicações respiratórias são freqüentes em pós-operatório de cirurgias cardíacas, e que o decréscimo do VC nas primeiras horas é um achado bastante comum e que traz conseqüências sistêmicas sérias em decorrência da hipoxemia celular<sup>14</sup>.

Em relação aos valores da FR, observou-se uma diminuição desse parâmetro na análise por grupo isoladamente na 24ª hora após a aplicação do RPPI. Esse fato pode ser justificado em conseqüência de uma melhor sincronização do tempo inspiratório durante a aplicação do RPPI, o que fez diminuir o esforço respiratório. Subjetivamente, identificou-se que esse esforço também foi menor pela aplicação da pressão positiva exercida pelo RPPI. Sabe-se que quanto menor o esforço, menor é o gasto energético e menor o consumo de oxigênio pelos músculos respiratórios. A diminuição do trabalho da respiração melhora a conversão de energia pelo metabolismo aeróbio nas fibras musculares, principalmente de cadeia pesada, fibras do tipo I de contração lenta presente nos adultos em 50% das fibras diafragmáticas<sup>15</sup>.

A ventilação com pressão positiva não-invasiva (RPPI) é um método eficiente de suporte ventilatório passivo utilizado para reduzir o trabalho respiratório tentando retomar a função pulmonar normal, podendo prevenir fadiga da musculatura respiratória. Já o incentivador respiratório consiste no incremento de um esforço inspiratório com intenção de melhorar a distribuição do volume pulmonar, permitindo uma ventilação uniforme durante o início da inspiração. Porém, aumenta o gradiente transpulmonar e altera o trabalho respiratório<sup>16-17</sup>.

O pico da disfunção diafragmática pós-operatória, com diminuição de sua força, ocorre no período entre duas e oito

horas após a cirurgia, retornando aos valores pré-cirúrgicos em quinze dias, aproximadamente. Essas alterações ocorrem em resposta ao ato cirúrgico e podem evoluir para complicações respiratórias quando modificam o curso inicialmente previsto para a recuperação pós-operatória. As complicações estão relacionadas à diminuição da capacidade contrátil do diafragma representada diretamente pela redução da pressão inspiratória máxima ( $Pi_{máx}$ ) e expiratória máxima ( $Pe_{máx}$ )<sup>18-19</sup>.

Em relação aos resultados obtidos da  $Pi_{máx}$  em nosso estudo, houve um aumento significativo no grupo aplicado o IR, quando comparado ao grupo RPPI na 48ª e na 72ª horas. No grupo submetido a aplicação do RPPI, identificou-se uma melhora significativa da função muscular respiratória inspiratória na 48ª hora. Esses resultados podem ter sido identificados em conseqüência da retirada dos drenos torácicos, realizada em torno de 36 horas após a cirurgia, pois com a diminuição da dor provocada pela presença do dreno o paciente apresenta maior facilidade para contração da musculatura respiratória.

Em relação à  $Pe_{máx}$ , essa apresentou aumento significativo no grupo submetido a aplicação do IR, quando comparado ao grupo RPPI, na 24ª e na 48ª horas, após a aplicação do recurso.

Pode-se justificar o incremento da  $Pi_{máx}$  e da  $Pe_{máx}$  do grupo que foi aplicado o IR em conseqüência do trabalho por ele gerado. Nesse recurso ocorre um maior recrutamento de unidades motoras e, por conseqüência, maior força muscular. O aumento da  $Pe_{máx}$  pode ser atribuído ao aumento da distensão transversal da musculatura respiratória, gerado pelo trabalho resistido na inspiração, uma vez que a expiração é um processo passivo de retração elástica<sup>20</sup>.

A pequena melhora intergrupo da  $Pi_{máx}$  pode ser atribuída à homogeneidade dos grupos, já que a carga tolerada pelo indivíduo durante o exercício é aquela que a individualidade de cada um permite durante uma inspiração máxima, de acordo com estatura, peso e dor ventilatória dependente.

A força muscular respiratória aumenta diretamente com a melhora clínica do paciente no pós-operatório, provavelmente pela diminuição da dor em conseqüência da retirada dos drenos, pela melhora dos componentes elásticos da caixa torácica pelo processo de cicatrização. Após retirada dos drenos o paciente melhora seu grau de mobilidade atingindo melhor postura, diminuindo, conseqüentemente, o grau da fraqueza muscular respiratória e melhorando seu mecanismo de ação<sup>21</sup>.

Esse fato justifica a melhora da  $Pi_{máx}$  somente na 48ª hora após a cirurgia no grupo RPPI, uma vez que a expansão torácica é assistida, diferentemente no grupo IR, onde o trabalho é ativo. A melhora intergrupo identificada no grupo RPPI pode estar relacionada à redução da dor ventilatória dependente, permitindo maior obtenção de pressão transtorácica.

A melhor mobilidade torácica condicionada ao RPPI em decorrência do incremento da capacidade inspiratória permite ao diafragma melhor amplitude de incursão, a qual pode condicionar as fibras vermelhas de alta capacidade oxidativa, resistente à fadiga, gerar maior pressão intratorácica, resultando no aumento da  $Pi_{máx}$ .

É necessário ressaltar que nenhum desses recursos, tanto o IR como o RPPI, é utilizado para treinamento muscular respiratório, e sim pela fisioterapia respiratória como recursos de re-expansão pulmonar. Ainda existem diferenças quanto à forma de aplicação e ao princípio do tratamento entre eles. Sugere-se uma aplicação individualizada de cada recurso para situações clínicas específicas que o paciente apresente.

Existe uma diferença funcional entre a respiração com pressão positiva intermitente (RPPI) e incentivador respiratório (IR). O RPPI é uma técnica de expansão pulmonar que injeta ar pressurizado nas vias aéreas. O IR é um dispositivo para executar exercícios respiratórios que fornece aos pacientes estímulos visuais do volume inspirado durante uma inspiração ativa, melhorando a capacidade respiratória<sup>8,17</sup>.

## Conclusão

Com o objetivo de se reverter a hipoxemia mais precocemente nas primeiras 72 horas após a cirurgia de revascularização do

miocárdio, o RPPI foi mais eficiente em comparação ao IR. Entretanto, para melhorar a força dos músculos respiratórios sugere-se que o IR tenha sido mais efetivo.

*Limitações do estudo* - Não foram analisados a fração de ejeção do ventrículo esquerdo, tanto pré como pós-operatório, o hemograma e as complicações sistêmicas pós-operatórias, como insuficiência cardíaca, insuficiência renal, distúrbios metabólicos e hidreletrolítico, pois o seguimento do estudo foi de apenas 72 horas e não faziam parte dos objetivos do estudo.

## Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflitos de interesses pertinentes.

## Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

## Referências

1. Favaro RG. Surgical treatment of coronary arteriosclerosis by the saphenous vein graft technique: critical analysis. *Am J Cardiol*. 1971; 28 (4): 493-5.
2. Barbosa RAG, Carmona MJC. Avaliação da função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. *Rev Bras Anestesiol*. 2002; 52 (6): 689-99.
3. Higgins TL, Estafanos FG, Loop FD, Beck GJ, Blum JM, Parandhi L. Stratification of morbidity and mortality outcome by preoperative risk factors coronary artery bypass patients. *JAMA*. 1992; 267: 2344-8.
4. Loekinger A, Kleinsasser A, Lindner KH, Margreiter J, Keller C, Hoermann C. Continuous positive airway pressure at 10 cmH<sub>2</sub>O during cardiopulmonary bypass improves postoperative gas exchange. *Anesth Analg*. 2000; 91: 522-7.
5. Wolf G, Brunner JX, Gradel E. Gas exchange during mechanical ventilation and spontaneous breathing: intermittent mandatory ventilation after open heart surgery. *Chest*. 1986; 90: 11-7.
6. Westerdahl E, Lindmark B, Almgren SO, Teling 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.
7. Castellana FB, Malbouisson MS, Carmona MJC. Comparação entre ventilação controlada a volume e a pressão no tratamento da hipoxemia no período pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio. *Rev Bras Anestesiol*. 2003; 53 (4): 440-8.
8. Muller AP, Olandoski M, Macedo R, Costantini C, Guarita-Souza LC. Comparative study between intermittent (Muller Reanimator) and continuous positive airway pressure in the postoperative period of coronary artery bypass grafting. *Arq Bras Cardiol*. 2006; 86 (3): 232-9.
9. Tisi GM. Preoperative evaluation of pulmonary function. Validity, indications, and benefits. *Am Rev Respir Dis*. 1979; 119 (2): 293-310.
10. Asimakopoulos G, Smith PI, Ratnatunga CP. Lung injury and acute respiratory distress syndrome after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1999; 68: 1107-15.
11. Magnusson L, Zemgulis V, Wicky S, Tyden H, Thelin S, Hedenstierna G. Atelectasis is a major cause of hypoxemia and shunt after cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology*. 1997; 87: 1153-63.
12. Malbouisson LM, Busch CJ, Puybasset L, Lu Q, Cluzel P, Rouby JJ. Role of the heart in the loss of aeration characterizing lower lobes in acute respiratory distress syndrome. *CT Scan ARDS Study Group*. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000; 161 (6): 2005-12.
13. West JB. *Fisiologia respiratória moderna*. 3ª ed. São Paulo: Manole; 1990. p. 11-20.
14. Bott J, Keilty SE, Noonel L. Intermittent positive pressure breathing a dying art? *Physiotherapy*. 1992; 78: 656-60.
15. Johnson PH, Cowley AJ, Kinnear WJ. Evaluation of the threshold trainer for inspiratory muscle endurance training: comparison with the weighted plunger method. *Eur Respir J*. 1996; 9: 2681-4.
16. Ayres SM, Kozan RL, Lukas DS. The effects of intermittent positive pressure breathing on intrathoracic pressure, pulmonary mechanics and the work of breathing. *Am Rev Respir Dis*. 1963; 80: 370-9.
17. 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.
18. Siafakas NM, Mitrouska I, Bouros D, Georgopoulos D. Surgery and the respiratory muscles. *Thorax*. 1999; 54 (5): 458-65.
19. Chandler KW, Rozas CJ, Kory RC, Goldman AL. Bilateral diaphragmatic paralysis complicating local cardiac hypothermia during open heart surgery. *Am J Med*. 1984; 77: 243-9.
20. Shapira N, Zabatin SM, Ahmed S, Murphy DM, Sullivan D, Lemole GM. Determinants of pulmonary function in patients undergoing coronary bypass operations. *Ann Thorac Surg*. 1990; 50: 268-73.
21. Van Belle AF, Wesseling GJ, Penn OC, Wouters EF. Postoperative pulmonary function abnormalities after coronary artery bypass surgery. *Respir Med*. 1992; 86: 195-9.