

Avaliação da Função Pulmonar em Pacientes Submetidos à Cirurgia Cardíaca com Circulação Extracorpórea *

Evaluation of Pulmonary Function in Patients Undergoing Cardiac Surgery with Cardiopulmonary Bypass

Ricardo Antonio Guimarães Barbosa, TSA¹, Maria José Carvalho Carmona, TSA²

RESUMO

Barbosa RAG, Carmona MJC - Avaliação da Função Pulmonar em Pacientes Submetidos à Cirurgia Cardíaca com Circulação Extracorpórea

Justificativa e Objetivos - As complicações pulmonares permanecem como um grande problema no pós-operatório de cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea (CEC). O objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações da função pulmonar ocorridas em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca de revascularização miocárdica, comparando-os àqueles submetidos à cirurgia cardíaca de troca valvar.

Método - Quinze pacientes submetidos à revascularização (Grupo RM) e 15 pacientes submetidos à troca valvar (Grupo TV) foram avaliados através da relação entre a pressão arterial de oxigênio e sua fração inspirada (PaO_2/FiO_2), do gradiente alvéolo-arterial de oxigênio (GA-a O_2), do shunt pulmonar, da PEEP de melhor complacência e da complacência estática, avaliados no pré-operatório, após a indução da anestesia, 1, 3 e 6 horas de pós-operatório e no 1º e 2º dias de pós-operatório. Os dados foram analisados através da análise de variância para medidas repetidas ($p < 0,05$).

Resultados - Os resultados mostraram valores de gradiente alvéolo-arterial de oxigênio e shunt pulmonar significativamente maiores para o grupo RM em relação ao grupo TV. A relação PaO_2/FiO_2 foi significativamente maior no grupo TV. Os grupos não diferiram quanto à complacência estática. No grupo RM, a PEEP de melhor complacência obtida no pós-operatório foi significativamente maior que no grupo TV.

Conclusões - No presente estudo observamos que os pacientes submetidos à cirurgia cardíaca de revascularização miocárdica apresentam alterações da função pulmonar diferentes daqueles submetidos à cirurgia cardíaca de troca valvar

UNITERMOS: CIRURGIA, Cardíaca: circulação extracorpórea

SUMMARY

Barbosa RAG, Carmona MJC - Evaluation of Pulmonary Function in Patients Undergoing Cardiac Surgery with Cardiopulmonary Bypass

Background and Objectives - Pulmonary complications are still a major postoperative problem for cardiac surgeries with cardiopulmonary bypass (CPB). This study aimed at evaluating pulmonary function changes in patients undergoing myocardial revascularization, as compared to those submitted to valve replacement.

Methods - Participated in this study patients undergoing myocardial revascularization (MR Group, n=15) and valve replacement (VR Group, n=15) who were evaluated by the ratio between oxygen blood pressure and its inspired fraction (PaO_2/FiO_2), oxygen alveolar-arterial gradient (GA-a O_2), pulmonary shunt, best compliance PEEP and static PEEP, evaluated in the preoperative period, after anesthetic induction, 1, 3 and 6 postoperative hours and 1st and 2nd postoperative days. Data were analyzed by analysis of variance for repeated measures ($p < 0.05$).

Results - Alveolar-arterial gradient and pulmonary shunt results were significantly higher for the MR group as compared to the VR group. PaO_2/FiO_2 ratio was significantly higher in the VR group. There were no differences between groups in static compliance. Postoperative best compliance PEEP was significantly higher in the MR group as compared to the VR group.

Conclusions - Our study has shown that patients submitted to myocardial revascularization presented pulmonary function changes different from those submitted to valve replacement.

KEY WORDS: SURGERY, Cardiac: cardiopulmonary bypass

INTRODUÇÃO

As complicações pulmonares são causas importantes de morbidade e mortalidade nos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, com circulação extracorpórea (CEC). Um grande número de mediadores produzidos durante a CEC podem causar diminuição da contratilidade ventricular, aumento da permeabilidade vascular e alteração da resistência vascular em vários órgãos¹. Na circulação pulmonar há aumento da água extravascular com preenchimento alveolar por células inflamatórias que levam à inativação do surfactante pulmonar e colapso de algumas áreas, com modificação na relação ventilação/perfusão pulmonar, diminuição de sua complacência e aumento do trabalho respiratório no período pós-operatório². O grau de alteração funcional pulmonar depende de vários fatores, como a função pulmonar pré-operatória, o tipo de cirurgia, o tempo de circulação extracorpórea, a intensidade da manipulação cirúrgica, o número de drenos pleurais colocados e o tempo de cirurgia³. Uma assistência ventilatória adequada utilizada durante o período per-operatório

* Recebido do (Received from) Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

1. Mestre em Medicina pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; Médico Assistente da Divisão de Anestesiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
2. Doutora em Medicina pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; Médica Supervisora do Serviço de Anestesiologia do Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Apresentado (Submitted) em 13 de agosto de 2001
Aceito para publicação (Accepted) em 15 de março de 2002

Correspondência para (Mail to):
Dr. Ricardo Antônio Guimarães Barbosa
Rua Cardoso de Siqueira, 67 - Casa 10 - Aclimação
01530-090 São Paulo, SP

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2002

pode minimizar as alterações da função pulmonar, fazendo com que haja uma diminuição nas complicações pós-operatórias.

O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações da função respiratória ocorridas em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca de revascularização miocárdica, comparando-os àqueles submetidos à cirurgia cardíaca de troca valvar, ambos com circulação extracorpórea.

MÉTODO

O protocolo do estudo foi aprovado pela Comissão Científica do Instituto do Coração e pela Comissão de Ética Médica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Foram estudados 30 pacientes com idade inferior a 75 anos, com fração de ejeção de ventrículo esquerdo superior a 40% divididos em dois grupos :

Grupo Revascularização Miocárdica (Grupo RM) (n=15): pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica com utilização de circulação extracorpórea.

Grupo Cirurgia de Troca Valvar (Grupo TV) (n=15): pacientes submetidos à cirurgia de troca valvar com utilização de circulação extracorpórea.

O estudo foi iniciado na entrevista com os pacientes no dia anterior à cirurgia, quando se obteve a autorização por escrito para realização do mesmo. Nesta ocasião foi colhida uma amostra de sangue para a análise da gasometria arterial. O trabalho estendeu-se até o segundo dia de pós-operatório.

Todos os pacientes foram submetidos à mesma técnica anestésica. A medicação pré-anestésica consistiu de midazolam (0,1 a 0,2 mg.kg⁻¹) por via oral, 30 minutos antes da operação, até a dose máxima de 15 mg. Após a pré-oxigenação, a indução da anestesia foi realizada com fentanil (20 a 50 µg.kg⁻¹) e midazolam (0,3 a 0,5 mg.kg⁻¹), seguido de relaxamento muscular com brometo de pancurônio (0,1 a 0,2 mg.kg⁻¹). Foi aplicada ventilação manual sob máscara e intubação traqueal com tubo de diâmetro adequado, instalando-se a seguir ventilação controlada mecânica com volume corrente de 10 ml.kg⁻¹, frequência respiratória de 10 por minuto, relação I:E=1:2 e FiO₂=0,6 (oxigênio e ar comprimido). Após a indução anestésica realizou-se punção venosa central, com passagem de cateter até o átrio direito. A manutenção da anestesia foi realizada com doses fracionadas de fentanil, midazolam e brometo de pancurônio. Utilizou-se também concentrações variáveis de isoflurano na manutenção da anestesia. Todos os pacientes foram submetidos à circulação extracorpórea com oxigenador de membrana (Braille, Brasil) com fluxo não pulsátil. Ao final do procedimento cirúrgico, os pacientes foram transferidos sob ventilação manual à Unidade de Terapia Intensiva e instalada ventilação mecânica posteriormente.

Após indução anestésica, e nos momentos definidos pelo estudo, foram colhidas amostras sanguíneas arterial e venosa para realização de gasometrias e dosagem de hemoglobina. Através das dosagens realizadas foram obtidos os cálculos dos seguintes parâmetros:

1. Relação entre a pressão arterial de oxigênio e a fração inspirada de oxigênio: obtido diretamente pela relação entre a PaO₂/FiO₂. Este atributo foi calculado no dia anterior à cirurgia, após a indução da anestesia, 1 hora após o término da cirurgia, 3 horas após o término da cirurgia, 6 horas após o término da cirurgia, no 1º dia de pós-operatório e no 2º dia de pós-operatório.

2. Gradiente alvéolo-arterial de oxigênio (GA-aO₂): foi calculado através da seguinte fórmula:

$$GA-aO_2 = PAO_2 - PaO_2$$

Sendo PaO₂ = {(PB - PH₂O) x FiO₂} - PaCO₂, PB = pressão barométrica, PH₂O = pressão de vapor de água, FiO₂ = fração inspirada de oxigênio e PaCO₂ = pressão arterial de CO₂. Este atributo foi calculado no dia anterior à cirurgia, após a indução da anestesia, 1 hora após o término da cirurgia, 3 horas após o término da cirurgia, 6 horas após o término da cirurgia, no 1º dia de pós-operatório e no 2º dia de pós-operatório.

3. *Shunt* pulmonar: foi calculado através da seguinte fórmula:

$$Shunt = (CcO_2 - CaO_2) / (CcO_2 - CvO_2)$$

Sendo: CcO₂ = conteúdo capilar de oxigênio, CaO₂ = conteúdo arterial de oxigênio e CvO₂ = conteúdo venoso de oxigênio. O conteúdo capilar de oxigênio é calculado pela seguinte fórmula:

$$CcO_2 = (Hb \times 1,34) + (PAO_2 \times 0,0031)$$

Sendo: Hb = hemoglobina e PAO₂ = pressão alveolar de oxigênio (o cálculo deste parâmetro já foi mostrado anteriormente). Este atributo foi calculado após a indução da anestesia, 1 hora após o término da cirurgia, 3 horas após o término da cirurgia, 6 horas após o término da cirurgia, no 1º dia de pós-operatório e no 2º dia de pós-operatório.

A complacência estática foi avaliada no período pós-operatório e foi obtida através do cálculo da variação do volume pulmonar em relação à variação da pressão pulmonar (complacência = alteração de volume / alteração de pressão pulmonar) obtida em ZEEP (pressão zero ao final da expiração).

Para que fossem obtidas as medidas de complacência pulmonar estática, os pacientes foram mantidos sedados e curarizados através do uso de midazolam e brometo de pancurônio, e ventilados com um volume corrente de 4 ml.kg⁻¹ em ventilação controlada a volume, com fluxo de onda quadrada, com frequência respiratória de 10 respirações por minuto. Este atributo foi avaliado ao término da cirurgia após a admissão na Unidade de Recuperação Cardíaca, 1 hora após o término da cirurgia e 3 horas após o término da cirurgia.

A avaliação da PEEP de melhor complacência foi realizada no período pós-operatório. Foi avaliado o valor da pressão positiva expiratória final (PEEP) no qual foi obtida a melhor complacência pulmonar nos pacientes dos dois grupos. Para que fosse obtido o valor da PEEP de melhor complacência pulmonar, os pacientes foram mantidos sedados e curarizados através do uso de midazolam e brometo de pancurônio, e ventilados com um volume corrente de 4 ml.kg^{-1} em ventilação controlada a volume, com fluxo de onda quadrada, com frequência respiratória de 10 respirações por minuto. A PEEP foi aumentada de 2 em $2 \text{ cmH}_2\text{O}$, de 0 a 14, sendo mantidos na respectiva PEEP durante 5 minutos e realizada a medida da complacência estática diretamente do ventilador mecânico (variação de volume / variação de pressão). Foi anotado o valor da PEEP no qual se obteve a melhor complacência pulmonar. Este atributo foi avaliado ao término da cirurgia, após a admissão na Unidade de Recuperação Cardíaca, 1 hora após o término da cirurgia e 3 horas após o término da cirurgia.

Os pacientes foram mantidos sob sedação até o término do estudo, entrando a seguir no protocolo habitual de desmame da assistência ventilatória até a extubação. A análise estatística foi realizada através de análise de variância para medidas repetidas, considerando-se significativo $p < 0,05^{4,5}$.

RESULTADOS

Os dados demográficos dos dois grupos, o tempo de cirurgia e o tempo de circulação extracorpórea encontram-se na tabela I.

Tabela I - Dados Demográficos

	Grupo RM (n = 15)	Grupo TV (n = 15)	p
Idade (anos) *	62,80 ± 9,62	54,20 ± 14,24	0,063
Peso (kg) *	80,86 ± 12,32	63,40 ± 12,50	0,0006
Altura (cm) *	166,00 ± 8,63	165,00 ± 8,37	0,84
IMC *	29,04 ± 3,14	23,29 ± 3,72	<0,001
Tempo de cirurgia (min) *	447,00 ± 44,00	387,00 ± 76,78	0,014
Tempo de CEC (min) *	103,80 ± 26,00	103,60 ± 36,60	0,99
Sexo			
Masculino	11	12	
Feminino	4	3	

* Valores expressos pela Média ± DP

Tabela II - Relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (Média ± DP)

$\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$	Grupo RM	Grupo TV
Pré-operatório (A)	363,20 ± 34,75	391,70 ± 32,49
Após indução (B)	235,20 ± 35,57	291,73 ± 75,65
1ª h PO (C)	227,30 ± 56,74	264,33 ± 59,47
3ª h PO (D)	237,37 ± 46,60	278,13 ± 76,73
6ª h PO (E)	221,87 ± 29,10	281,67 ± 49,54
1º PO (F)	313,20 ± 25,31	321,86 ± 27,92
2º PO (G)	341,00 ± 32,65	348,36 ± 37,05

Os dados referentes às médias e desvios-padrão dos valores de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ dos dois grupos nos diferentes momentos do estudo encontram-se na tabela II e na figura 1.

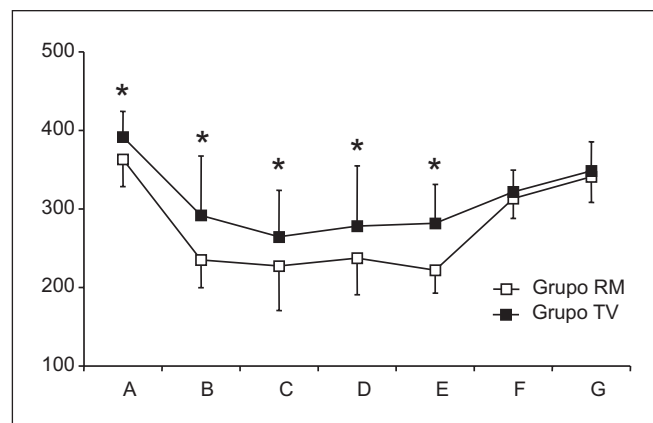


Figura 1 - Relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$
A = pré-operatório; B = após a indução; C = 1ª hora do pós-operatório (PO); D = 3ª hora do PO; E = 6ª hora do PO; F = 1º dia do PO; G = 2º dia do PO; * = $p < 0,05$ (diferença significativa entre os 2 grupos)

Os dados referentes às médias e desvios-padrão dos valores de gradiente alvéolo-arterial de oxigênio dos dois grupos de pacientes nos diferentes momentos do estudo encontram-se na tabela III e nas figuras 2 e 3.

Tabela III - Gradiente Alvéolo-Arterial de Oxigênio (GA-aO_2) (Média ± DP)

GA-aO_2	Grupo RM	Grupo TV
Pré-operatório ($\text{FiO}_2 = 0,21$) (A)	24,07 ± 6,15	20,13 ± 6,62
Após indução ($\text{FiO}_2 = 1$) (B)	372,73 ± 35,88	329,40 ± 61,85
1ª h PO ($\text{FiO}_2 = 1$) (C)	373,60 ± 58,27	329,40 ± 61,85
3ª h PO ($\text{FiO}_2 = 1$) (D)	372,33 ± 55,06	324,00 ± 79,08
6ª h PO ($\text{FiO}_2 = 1$) (E)	383,00 ± 29,33	324,07 ± 49,07
1º PO ($\text{FiO}_2 = 0,21$) (F)	33,3 ± 4,27	30,63 ± 7,59
2º PO ($\text{FiO}_2 = 0,21$) (G)	25,43 ± 5,76	25,8 ± 9,69

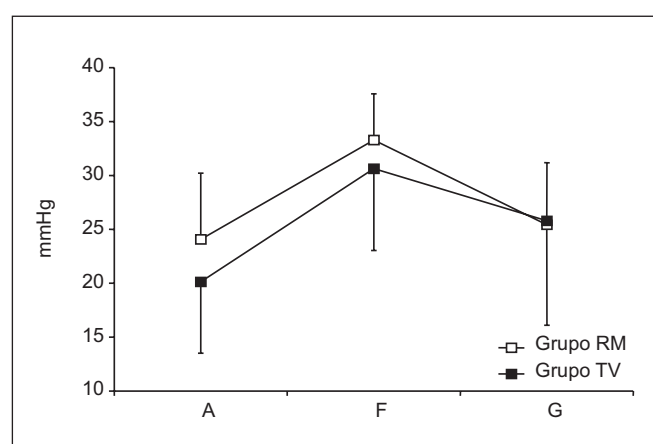


Figura 2 - Gradiente Alvéolo-Arterial de Oxigênio (GA-aO_2), $\text{FiO}_2 = 0,21$
A = pré-operatório; F = 1º dia do PO; G = 2º dia do PO

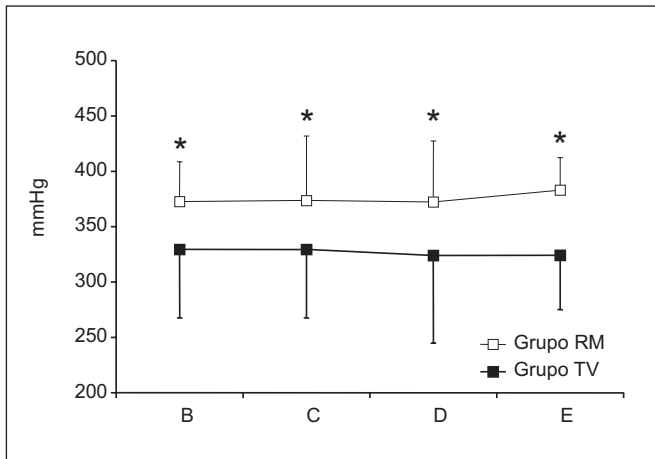


Figura 3 - Gradiente Alvéolo-Arterial de Oxigênio (GA-aO₂), FiO₂ = 1
 B = após a indução; C = 1ª hora do PO; D = 3ª hora do PO; E = 6ª hora do PO
 * p < 0,05 em todos os momentos

Os dados referentes às médias e desvios-padrão dos valores de *shunt* dos dois grupos de pacientes nos diferentes momentos do estudo encontram-se na tabela IV e na figura 4.

Tabela IV - *Shunt* Pulmonar (Média ± DP)

	Grupo RM	Grupo TV
Pré-operatório (A)	-	-
Após indução (B)	23,95 ± 3,43	21,07 ± 6,43
1ª h PO (C)	24,24 ± 4,13	22,03 ± 5,93
3ª h PO (D)	23,65 ± 4,62	22,39 ± 4,97
6ª h PO (E)	25,09 ± 3,82	20,99 ± 5,58
1º PO (F)	20,80 ± 6,56	18,65 ± 6,88
2º PO (G)	19,24 ± 5,07	17,24 ± 5,70

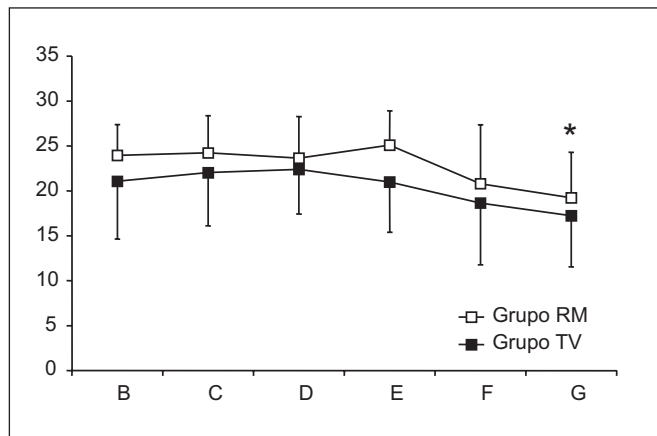


Figura 4 - *Shunt* Pulmonar
 B = após a indução; C = 1ª hora do pós-operatório (PO); D = 3ª hora do PO; E = 6ª hora do PO; F = 1º dia do PO; G = 2º dia do PO
 * p < 0,05 (diferença significativa no 2º PO em relação ao momento após indução nos 2 grupos); Efeito de tempo (após indução) x (2º dia do PO) nos dois grupos

Os dados referentes às médias e desvios-padrão dos valores da avaliação do PEEP de melhor complacência dos dois grupos de pacientes nos diferentes momentos do estudo encontram-se na tabela V e na figura 5.

Tabela V - PEEP de Melhor Complacência (Média ± DP)

	Grupo RM	Grupo TV
Final da cirurgia (H)	6,93 ± 2,71	5,07 ± 2,12
1ª h PO (C)	7,47 ± 3,16	4,40 ± 2,03
3ª h PO (D)	6,40 ± 1,88	5,20 ± 2,37

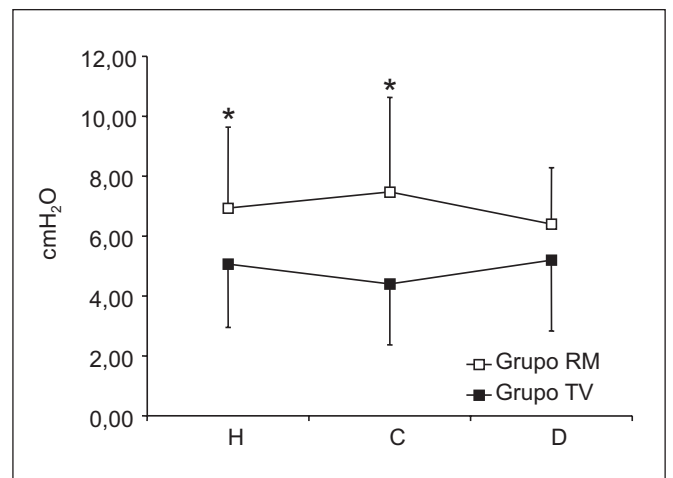


Figura 5 - PEEP de Melhor Complacência
 H = final da cirurgia; C = 1ª hora do PO; D = 3ª hora do PO
 * p < 0,05

Os dados referentes às médias e desvios-padrão dos valores da complacência estática dos dois grupos de pacientes nos diferentes momentos do estudo encontram-se na tabela VI e na figura 6.

Tabela VI - Complacência Estática (Média ± DP)

	Grupo RM	Grupo TV
Final da cirurgia (H)	48,47 ± 11,30	47,53 ± 14,28
1ª h PO (C)	51,40 ± 12,83	51,40 ± 14,52
3ª h PO (D)	51,20 ± 12,51	51,20 ± 14,35

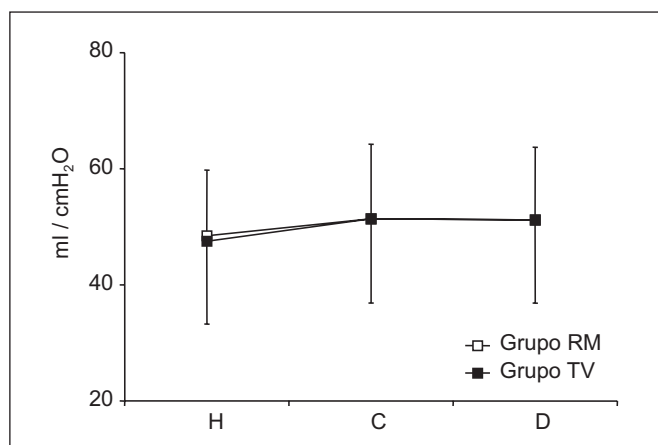


Figura 6 - Complacência Estática
H = final da cirurgia; C = 1ª hora do (PO); D = 3ª hora do PO

DISCUSSÃO

As alterações da função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea são em grande parte responsáveis pela morbidade desses pacientes⁶. As atelectasias são as complicações mais frequentes⁷, ocasionadas por diminuição da capacidade residual funcional⁸, pelas alterações da mecânica da caixa torácica e do tecido pulmonar⁹, por aumento da resistência das vias aéreas¹⁰, pela dor pós-operatória¹¹ e por paralisia do nervo frênico¹²⁻¹⁴, dentre outros fatores.

A comparação dos dois grupos estudados em relação à idade, à altura e ao tempo de circulação extracorpórea não mostrou diferença significativa. Todavia, quando analisamos os grupos quanto ao peso e ao índice de massa corpórea, observamos comportamento distinto. Os pacientes submetidos à revascularização miocárdica apresentaram peso e índice de massa corpórea superiores ao grupo TV. Tal achado relaciona-se aos fatores de risco para coronariopatia, especialmente obesidade¹⁵, enquanto os pacientes submetidos à cirurgia de troca valvar apresentavam mais frequentemente diminuição de peso e mesmo caquexia devido à própria doença¹⁶. A obesidade está associada à diminuição da capacidade residual funcional com geração de áreas de atelectasia, alterações no gradiente alvéolo-arterial de oxigênio e no *shunt* pulmonar^{15,17}. Estas características inerentes aos dois grupos podem ter contribuído para as diferentes alterações encontradas na função pulmonar no período pós-operatório.

Em relação à avaliação da função pulmonar, observou-se diminuição da relação entre a pressão arterial de oxigênio e a fração inspirada de oxigênio (PaO_2/FiO_2), desde o período pré-operatório até o 2º dia do pós-operatório, nos dois grupos estudados. A diminuição ocorreu provavelmente por diminuição da capacidade residual funcional¹⁸⁻²¹, pelas microatelectasias^{7,22,23} e pelas alterações nas propriedades elásticas e nas características fluxo-resistivas do sistema respiratório com seus dois componentes, pulmão e parede torácica^{19,24,25}. Estas alterações podem causar modificações na

distribuição dos gases inspirados bem como nas trocas gasosas, levando ao aparecimento de hipoxemia. Adicionalmente, a circulação extracorpórea ocasiona resposta inflamatória sistêmica que pode contribuir para a diminuição da PaO_2/FiO_2 ^{26,27}. Neste estudo, encontramos diferença significativa nos valores de PaO_2/FiO_2 nos dois grupos após indução da anestesia, 1, 3 e 6 horas após a cirurgia. No 1º PO e 2º PO não ocorreram diferenças significativas entre os grupos, observando-se que a relação PaO_2/FiO_2 não retorna aos valores encontrados no período pré-operatório, em concordância com os dados da literatura²⁸.

Analisando-se o Gradiente Alvéolo-Arterial de Oxigênio ($GA-aO_2$), nos momentos após indução, 1 h PO, 3 h PO e 6 h PO, cuja fração inspirada de oxigênio foi de 1, nota-se que o grupo RM tem comportamento estatístico diferente do grupo TV. O maior aumento no $GA-aO_2$ no grupo RM pode ser explicado pelo maior tempo cirúrgico neste grupo, pelas condições clínicas pré-operatórias dos pacientes e pela presença de obesidade em alguns pacientes deste grupo. A obesidade está associada a uma diminuição da capacidade residual funcional, com maiores áreas de atelectasias, alterações no $GA-aO_2$ e do *shunt* pulmonar^{15,17}. Através da análise dos resultados visualiza-se que ambos os grupos têm um aumento nos valores do *shunt* pulmonar logo após a indução da anestesia, mantém este aumento até 6 horas após a cirurgia e diminui no 1º PO e 2º PO. A recuperação anestésica, permitindo que o paciente reassuma a ventilação espontânea, tem papel fundamental em promover a restauração da função pulmonar. Embora a avaliação do *shunt* pulmonar não tenha sido realizada no pré-operatório, devido à não realização de gasometria venosa, podemos observar que no 2º PO os valores do *shunt* pulmonar são menores se comparados aos valores após a indução da anestesia, com diferença significativa entre o grupo RM e TV. Provavelmente o emprego de ventilação mecânica com utilização da PEEP no período pós-operatório permitiu a redução de atelectasias, a intensidade do *shunt* e contribuiu para a melhora da função pulmonar^{15,17}.

Alguns autores demonstram *shunt* pulmonar mais acentuado em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca de troca de valvar, em relação aos pacientes submetidos à revascularização miocárdica²⁹. As diferenças nos resultados que ocorreram entre o presente estudo e o de outros autores²⁹ podem ser explicadas pelo fato de no presente estudo os pacientes do grupo valvar não serem exclusivamente pacientes que realizaram troca de valva mitral, mas também pacientes que realizaram troca de valva aórtica e troca de valva mitral associada à troca de valva aórtica. Além disso, no grupo RM observou-se maior número de pacientes com obesidade no período pré-operatório.

Apesar de os pacientes do grupo RM possuírem índice de massa corpórea e peso maiores, maior número de drenos e serem submetidos à dissecação da artéria torácica interna, não foi observada diferença significativa entre este grupo e o de troca valvar, quanto à complacência estática. Todavia, notamos que a complacência estática nos dois grupos apresentou valores menores no momento final da cirurgia em

comparação com 1 h PO e 3 h PO. Este aumento na complacência durante a evolução pós-operatória pode ser justificado pelo término dos efeitos da circulação extracorpórea (CEC) sobre a função pulmonar^{26,27}, pela atenuação dos efeitos da anestesia geral sobre o sistema respiratório ao final do procedimento¹⁹ e pelo recrutamento alveolar promovido pela assistência ventilatória e por este protocolo de estudo, que utilizou PEEP crescentes para avaliação da PEEP de melhor complacência.

Em relação à PEEP de melhor complacência, vimos que o comportamento de ambos os grupos foi diferente nos momentos final da cirurgia e 1 h PO com valores maiores no grupo RM em relação ao grupo TV. Este valor de PEEP superior no grupo RM pode estar relacionado a fatores como o maior tempo cirúrgico e o maior índice de massa corpórea neste grupo. A obesidade leva à diminuição da capacidade residual funcional com maiores áreas de atelectasia e diminuição da complacência pulmonar. Este fato justifica a necessidade de maiores valores de PEEP para recrutamento adequado das unidades alveolares^{15,17}. Deve-se considerar, também, que os pacientes do grupo RM tiveram relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menor e com maior gradiente alvéolo-arterial de oxigênio. Considerando-se os objetivos deste estudo, podemos concluir que os pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica apresentam alterações da função respiratória diferentes daqueles submetidos à troca valvar e tais diferenças devem ser consideradas quando da realização da assistência ventilatória no período pós-operatório.

Evaluation of Pulmonary Function in Patients Undergoing Cardiac Surgery with Cardiopulmonary Bypass

Ricardo Antonio Guimarães Barbosa, TSA, M.D., Maria José Carvalho Carmona, TSA, M.D.

INTRODUCTION

Pulmonary complications are major causes of morbidity and mortality in patients submitted to cardiac surgery with cardiopulmonary bypass (CPB). A large number of mediators produced during CPB may decrease ventricular contractility, increase vascular patency and change vascular resistance in several organs¹. There is an increase in extravascular water in the pulmonary circulation with alveolar filling by inflammatory cells which lead to pulmonary surfactant inactivation and collapse of some areas, with changes in the pulmonary ventilation/perfusion ratio, decreased compliance and increased postoperative respiratory work².

Pulmonary function changes depend on several factors, such as preoperative pulmonary function, type of surgery, cardiopulmonary bypass duration, surgical manipulation intensity, number of pleural drains and surgery duration³. An

adequate perioperative ventilatory support may minimize pulmonary function changes with less postoperative complications.

This study aimed at evaluating pulmonary function changes in patients submitted to myocardial revascularization, as compared to those undergoing valve replacement, both with cardiopulmonary bypass.

METHODS

The protocol was approved by the Scientific Committee, Instituto do Coração and by the Ethical Committee, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. Participated in this study 30 patients aged less than 75 years, with left ventricular ejection fraction above 40%, who were distributed in two groups:

Myocardial Revascularization group (MR group) (n = 15): patients submitted to myocardial revascularization with cardiopulmonary bypass.

Valve Replacement group (VR group) (n = 15): patients submitted to valve replacement with cardiopulmonary bypass.

The study started by interviewing patients the day before surgery, when their written consent was obtained. A blood sample was collected at that time for arterial gases measurement. The study continued until the 2nd postoperative day. All patients were submitted to the same anesthetic technique. Premedication consisted of oral midazolam (0.1 to 0.2 mg.kg⁻¹) 30 minutes before surgery, up to a maximum dose of 15 mg. After preoxygenation, anesthesia was induced with fentanyl (20 to 50 µg.kg⁻¹) and midazolam (0.3 to 0.5 mg.kg⁻¹), followed by muscle relaxation with pancuronium (0.1 to 0.2 mg.kg⁻¹). Patients were kept in manual ventilation under mask and were intubated with a tube of adequate diameter. Following, mechanically controlled ventilation was installed with a tidal volume of 10 ml.kg⁻¹, respiratory rate of 10 per minute, I:E ratio = 1:2 and $\text{FiO}_2 = 0.6$ (oxygen and compressed air). After induction, a central venous puncture was performed and a catheter was inserted in the right atrium. Anesthesia was maintained with fentanyl, midazolam and pancuronium fractionated doses. Variable isoflurane concentrations were also used for anesthesia maintenance. All patients were submitted to cardiopulmonary bypass with membrane oxygenator (Braille, Brazil), with non-pulsatile flow. At surgery completion patients were transferred to the Intensive Care Unit under manual ventilation and mechanical ventilation was installed later.

After anesthetic induction and in the moments defined by the study, arterial and venous blood samples were collected for blood gas and hemoglobin dosage. The following parameters were calculated as from those dosages:

1. Oxygen blood pressure/oxygen inspired fraction ratio: directly obtained from the $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio. This attribute was calculated the day before surgery, after anesthetic induction, 1 hour after surgery completion, 3 hours after surgery completion, 6 hours after surgery completion, in the 1st postoperative day and in the 2nd postoperative day.

EVALUATION OF PULMONARY FUNCTION IN PATIENTS UNDERGOING
CARDIAC SURGERY WITH CARDIOPULMONARY BYPASS

2. Oxygen alveolar-arterial gradient (GA-aO₂): calculated by the following formula:

$$GA-aO_2 = PAO_2 - PACO_2$$

Being PaO₂ = {(BP - PH₂O) x FiO₂} - PaCO₂, BP = barometric pressure, PH₂O = water vapor pressure, FiO₂ = oxygen inspired fraction and PaCO₂ = CO₂ blood pressure.

This attribute was calculated the day before surgery, after anesthetic induction, 1 hour after surgery completion, 3 hours after surgery completion, 6 hours after surgery completion, in the 1st and 2nd postoperative days.

3. Pulmonary shunt: calculated by the following formula:

$$\text{Shunt} = (CcO_2 - CaO_2) / (CcO_2 - CvO_2)$$

Where CcO₂ = capillary oxygen content, CaO₂ = arterial oxygen content, and CvO₂ = venous oxygen content. Capillary oxygen content is calculated by the following formula:

$$CcO_2 = (Hb \times 1.34) + (PAO_2 \times 0.0031)$$

Where Hb = hemoglobin and PAO₂ oxygen alveolar pressure (the calculation of this parameter has already been shown).

This attribute was calculated the day before surgery, after anesthetic induction, 1 hour after surgery completion, 3 hours after surgery completion, 6 hours after surgery completion, in the 1st and 2nd postoperative days.

Static compliance was evaluated in the postoperative period. Static compliance was obtained by calculating pulmonary volume as a function of pulmonary pressure variation (compliance = volume change / pulmonary pressure change) obtained in ZEEP (zero end expiratory pressure).

For static compliance measurements, patients were maintained sedated and curarized with midazolam and pancuronium and ventilated with a tidal volume of 4 ml.kg⁻¹ in volume-controlled ventilation with square wave flow and respiratory rate of 10 breaths per minute. This attribute was evaluated at surgery completion after admission to the Cardiac Recovery Unit, 1 hour after surgery completion and 3 hours after surgery completion.

Best compliance PEEP was evaluated in the postoperative period. Positive end expiratory pressure (PEEP) was evaluated to obtain the best pulmonary compliance of patients of both groups. To obtain best compliance PEEP, patients were maintained sedated and curarized with midazolam and pancuronium and ventilated with a tidal volume of 4 ml.kg⁻¹ in volume-controlled ventilation with square wave flow and respiratory rate of 10 breaths per minute. PEEP was increased in increments of 2 cmH₂O, from zero to 14. Patients were

maintained in their respective PEEP for 5 minutes and static compliance was measured directly from the mechanical ventilator (volume variation/pressure variation). PEEP value with the best pulmonary compliance was recorded. This attribute was evaluated at surgery completion after admission to the Cardiac Recovery Unit, 1 hour after surgery completion and 3 hours after surgery completion.

Patients were maintained sedated until the end of the study when they were placed in the normal protocol of weaning and ventilatory support until extubation. Statistical analysis was performed by the analysis of variance for repeated measures, considering significant p < 0.05^{4,5}.

RESULTS

Demographics data, surgery duration and cardiopulmonary bypass duration are shown in table I.

Table I - Demographics Data of MR and VR Group Patients

	MR Group (n = 15)	VR Group (n = 15)	p
Age (years) *	62.80 ± 9.62	54.20 ± 14.24	0.063
Weight (kg) *	80.86 ± 12.32	63.40 ± 12.50	0.0006
Height (cm) *	166.00 ± 8.63	165.00 ± 8.37	0.84
BMI *	29.04 ± 3.14	23.29 ± 3.72	<0.001
Surgery duration (min) *	447.00 ± 44.00	387.00 ± 76.78	0.014
CPB duration (min) *	103.80 ± 26.00	103.60 ± 36.60	0.99
Gender			
Male	11	12	
Female	4	3	

* Values expressed in Mean ± SD

PaO₂/FiO₂ means and standard deviations for both groups in different moments of the study are shown in table II and figure 1.

Table II - PaO₂/FiO₂ Ratio (Mean ± SD)

PaO ₂ / FiO ₂	MR Group	VR Group
Preoperative (A)	363.20 ± 34.75	391.70 ± 32.49
After induction (B)	235.20 ± 35.57	291.73 ± 75.65
1 h PO (C)	227.30 ± 56.74	264.33 ± 59.47
3 h PO (D)	237.37 ± 46.60	278.13 ± 76.73
6 h PO (E)	221.87 ± 29.10	281.67 ± 49.54
1 st PO (F)	313.20 ± 25.31	321.86 ± 27.92
2 nd PO (G)	341.00 ± 32.65	348.36 ± 37.05

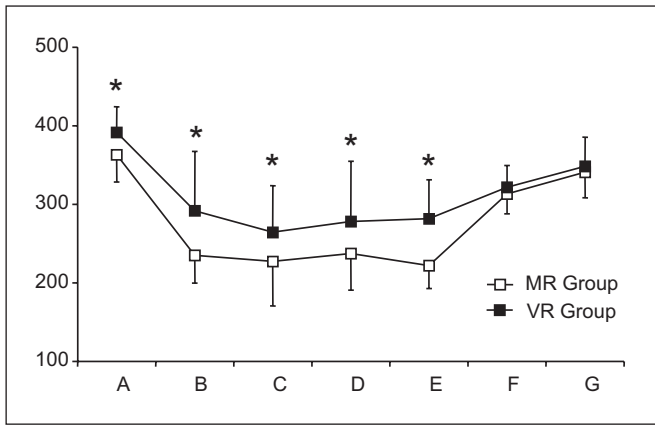


Figure 1 - PaO₂/FiO₂ Ratio
 A = preoperative, B = after induction, C = 1 hour after postoperative (PO); D = 3 hour after PO, E = 6 hour after PO, F = 1st day PO, G = 2nd day PO
 * p < 0.05 (significant difference between groups)

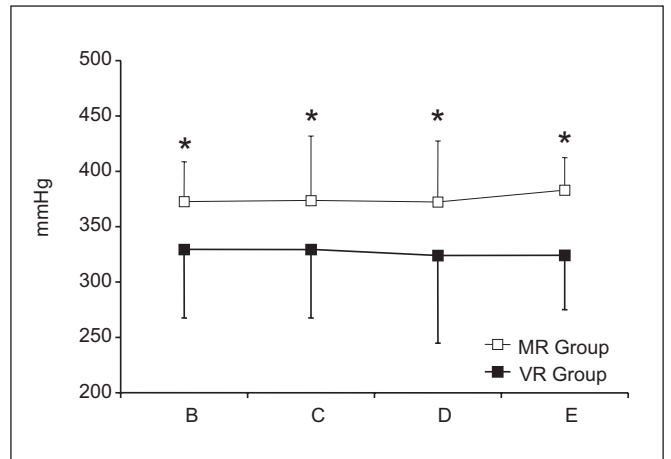


Figure 3 - Oxygen Alveolar-Arterial Gradient (GA-aO₂), FiO₂ = 1
 B = after induction, C = 1 hour after postoperative (PO); D = 3 hour after PO, E = 6 hour after PO
 * p < 0.05 in all moments

Table III - Oxygen Alveolar-Arterial Gradient (GA-aO₂) (Mean ± SD)

GA-aO ₂	MR Group	VR Group
Preoperative (FiO ₂ = 0.21) (A)	24.07 ± 6.15	20.13 ± 6.62
After induction (FiO ₂ = 1) (B)	372.73 ± 35.88	329.40 ± 61.85
1 h PO (FiO ₂ = 1) (C)	373.60 ± 58.27	329.40 ± 61.85
3 h PO (FiO ₂ = 1) (D)	372.33 ± 55.06	324.00 ± 79.08
6 h PO (FiO ₂ = 1) (E)	383.00 ± 29.33	324.07 ± 49.07
1 st PO (FiO ₂ = 0.21) (F)	33.3 ± 4.27	30.63 ± 7.59
2 nd PO (FiO ₂ = 0.21) (G)	25.43 ± 5.76	25.8 ± 9.69

Shunt means and standard deviations for both groups in different moments of the study are shown in table IV and figure 4.

Table IV - Pulmonary Shunt (Mean ± SD)

	MR Group	VR Group
Preoperative (A)	-	-
After induction (B)	23.95 ± 3.43	21.07 ± 6.43
1 h PO (C)	24.24 ± 4.13	22.03 ± 5.93
3 h PO (D)	23.65 ± 4.62	22.39 ± 4.97
6 h PO (E)	25.09 ± 3.82	20.99 ± 5.58
1 st PO (F)	20.80 ± 6.56	18.65 ± 6.88
2 nd PO (G)	19.24 ± 5.07	17.24 ± 5.70

Oxygen alveolar-arterial gradient means and standard deviations for both groups in different moments of the study are shown in table III and figures 2 and 3.

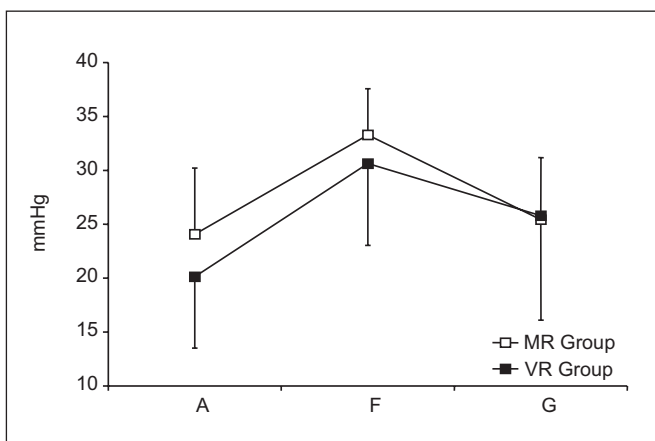


Figure 2 - Oxygen Alveolar-Arterial Gradient (GA-aO₂), FiO₂ = 0.21
 A = preoperative, F = 1st day PO, G = 2nd day PO

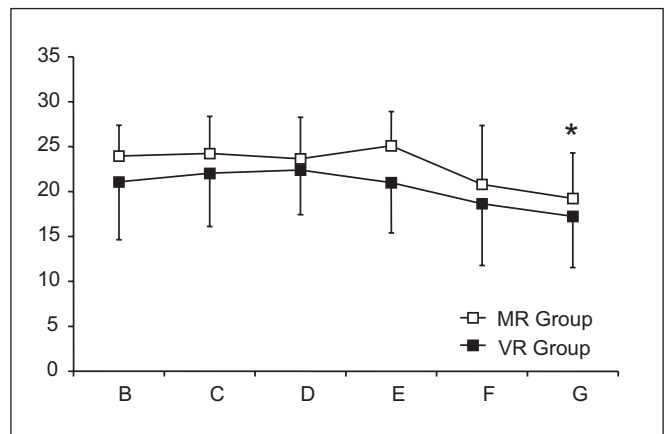


Figure 4 - Pulmonary Shunt
 B = after induction, C = 1 hour after postoperative (PO); D = 3 hour after PO, E = 6 hour after PO, F = 1st day PO, G = 2nd day PO
 * p < 0.05 (significant difference in the 2nd day PO as compared to moment after induction in both groups)

EVALUATION OF PULMONARY FUNCTION IN PATIENTS UNDERGOING
CARDIAC SURGERY WITH CARDIOPULMONARY BYPASS

Best compliance PEEP means and standard deviations for both groups in different moments of the study are shown in table V and figure 5.

Table V - Best Compliance PEEP (Mean \pm SD)

	MR Group	VR Group
End of surgery (H)	6.93 \pm 2.71	5.07 \pm 2.12
1 h PO (C)	7.47 \pm 3.16	4.40 \pm 2.03
3 h PO (D)	6.40 \pm 1.88	5.20 \pm 2.37

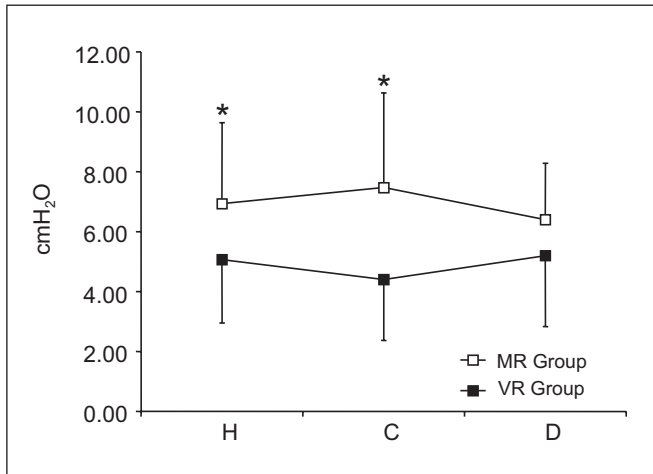


Figure 5 - Best Compliance PEEP
H = end of surgery, C = 1 hour after postoperative (PO); D = 3 hour after PO
* p < 0.05

Static compliance means and standard deviations for both groups in different moments of the study are shown in table VI and figure 6.

Table VI - Static Compliance (Mean \pm SD)

	MR Group	VR Group
End of surgery (H)	48.47 \pm 11.30	47.53 \pm 14.28
1 h PO (C)	51.40 \pm 12.83	51.40 \pm 14.52
3 h PO (D)	51.20 \pm 12.51	51.20 \pm 14.35

DISCUSSION

Pulmonary function changes in patients submitted to cardiac surgery with cardiopulmonary bypass are largely responsible for morbidity in those patients⁶. Atelectasis is the most frequent complication⁷ and is caused by functional residual capacity decrease⁸, by mechanical chest and pulmonary tissue changes⁹, by increased airway resistance¹⁰, by postoperative pain¹¹ and by phrenic nerve palsy¹²⁻¹⁴, among other factors.

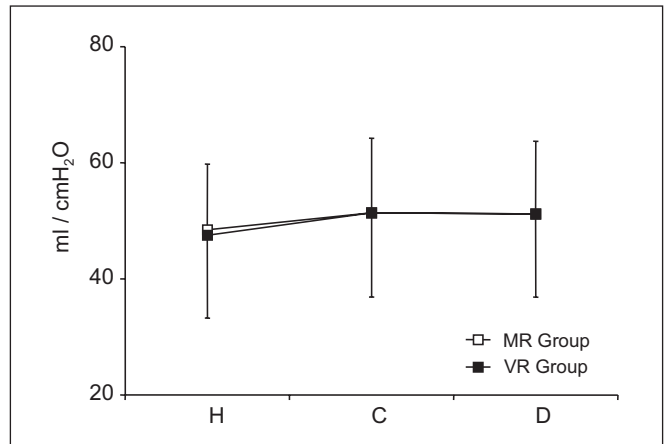


Figure 6 - Static Compliance
H = end of surgery, C = 1 hour after postoperative (PO); D = 3 hour after PO

The comparison of both groups as to age, height and cardiopulmonary bypass duration has shown no significant differences. However, the comparison of weight and body mass index had a different behavior. Patients submitted to myocardial revascularization had higher weight and body mass index as compared to the VR group. Such finding is related to coronary artery disease risk factors, especially obesity¹⁵, while patients submitted to valve replacement more often presented lower weight and even cachexia due to the disease itself¹⁶. Obesity is associated to functional residual capacity decrease with areas of atelectasis, changes in oxygen alveolar-arterial gradient and in pulmonary shunt^{15,17}. These changes, inherent for both groups, may have contributed for different postoperative changes in pulmonary function.

There has been a decrease in oxygen arterial pressure/oxygen inspired fraction ratio (PaO₂/FiO₂) from the preoperative period to the 2nd postoperative day in both groups. This was probably due to a decrease in functional residual capacity¹⁸⁻²¹, to microatelectasis^{7,22,23} and to changes in elastic properties and flow-resistive characteristics of the respiratory system with its two components, lung and chest wall^{19,24,25}. These changes may cause modifications in inspired gases distribution and in gaseous changes, leading to hypoxemia. In addition, cardiopulmonary bypass leads to systemic inflammatory response which may contribute for the decrease in PaO₂/FiO₂^{26,27}. In our study, there has been a significant difference in PaO₂/FiO₂ for both groups after anesthetic induction, 1, 3 and 6 hours after surgery. There were no significant differences between groups in the 1st and 2nd postoperative days and PaO₂/FiO₂ has not returned to preoperative values, as shown by the literature²⁸.

Analyzing oxygen alveolar-arterial gradient (GA-aO₂) during moments after induction, 1st, 3rd and 6th postoperative hours, where oxygen inspired fraction was 1, it was observed that the MR group was statistically different from VR group. The steepest GA-aO₂ increase in group MR may be explained by the longer surgery duration in this group, by preoperative clinical conditions and by the obesity of some patients in this group. Obesity is associated to a decrease in functional resi-

dual capacity, with larger areas of atelectasis, changes in GA-aO₂ and pulmonary shunt^{15,17}. The analysis of results shows that both groups had increased pulmonary shunt values soon after induction, maintained this increase up to 6 hours after surgery and decreased them in the 1st and 2nd postoperative days. Anesthetic recovery allowing patients to return to spontaneous ventilation is paramount to pulmonary function recovery. Although no preoperative shunt evaluation due to the lack of venous gas analysis, it was possible to observe that pulmonary shunt values were lower in the 2nd postoperative day as compared to post-anesthetic induction values, with significant differences between MR and VR groups. It is possible that postoperative mechanical ventilation with PEEP has promoted less atelectasis and shunt intensity, thus contributing to pulmonary function improvement^{15,17}.

Some authors have shown more severe pulmonary shunts in patients submitted to valve replacement as compared to patients submitted to myocardial revascularization²⁹. Differences between our study and those of other authors²⁹ may be explained by the fact that in our study, patients in the valve replacement group were not exclusively patients submitted to mitral valve replacement, but also patients replacing aortic valve and replacing the mitral valve with association to aortic valve replacement. In addition, there has been a larger number of patients with preoperative obesity in the MR group. Although higher body mass indices and weights in the MR group, with a large number of drains and to be submitted to internal thoracic artery dissection, there were no statistically significant differences between this and the valve replacement group as to static compliance. However, we have noticed that static compliance for both groups was lower at surgery completion as compared to the 1st and 2nd postoperative days. This increase in compliance during postoperative evolution may be justified by the end of cardiopulmonary bypass (CPB) effects over the pulmonary function^{26,27}, by the attenuation of general anesthesia effects on the respiratory system at the end of the procedure¹⁹, by the alveolar recruitment promoted by ventilatory assistance, and by this protocol which has used incremental PEEP to evaluate best compliance PEEP.

As to best compliance PEEP, both groups were different at surgery completion and during the 1st postoperative day, with higher values for the MR group as compared to the VR group. This higher MR group PEEP may be related to factors such as longer surgery duration and higher body mass index in this group. Obesity leads to functional residual capacity decrease with larger areas of atelectasis and decreased pulmonary compliance. This justifies the need for higher PEEP values for adequate alveolar recruitment^{15,17}. It also has to be considered that MR group patients had a lower PaO₂/FiO₂ ratio and a higher oxygen alveolar-arterial gradient.

Considering the objectives of this study, it is possible to conclude that patients submitted to myocardial revascularization presented respiratory function changes different from those submitted to valve replacement and that such differences

should be considered during postoperative ventilatory assistance.

REFERÊNCIAS - REFERENCES

01. Brasil LA, Gomes WJ, Salomão R et al - Inflammatory response after myocardial revascularization with or without cardiopulmonary bypass. *Ann Thoracic Surg*, 1998;66:56-59.
02. Magnusson L, Zemgulis V, Wicky S et al - Atelectasis is a mayor cause of hypoxemia and shunt after cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology*, 1997;87:1153-1163.
03. Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD et al - Stratification of morbidity and mortality outcome by preoperative risk factors coronary artery bypass patients. *JAMA*, 1992;267:2344-2348.
04. Timm NH - Multivariate Analysis with Applications in Reeducation and Psychology, Monterrey, CA Brooks Cole, 1975; 444-455.
05. Cary NC - Statistic, User's Guide Fourth Edition, SAS Institute Inc, 1989;6:68-72.
06. Johnson D, Hurst T, Thomson D et al - Respiratory function after cardiac surgery. *J Cardiothoracic Vasc Anesth*, 1996;10:571-577.
07. Cox CM, Ascione R, Cohen AM et al - Effect of cardiopulmonary bypass on pulmonary gas exchange *Ann Thorac Surg*, 2000;69: 1:140-145.
08. Johnmarker C, Nordstrom L, Werner O - Change in functional residual capacity during cardiac surgery. *Br J Anaesth*, 1986;58: 428-432.
09. Locke TJ, Griffiths TL, Mould H - Rib cage mechanics after median sternotomy. *Thorax*, 1990;45:465-468.
10. Van Belle AF, Wesseling GJ, Wouters EFM et al - Postoperative pulmonary function abnormalities after coronary artery bypass surgery. *Respiratory Medicine*, 1992;86:195-199.
11. Shapira N, Zabatino SM, Ahmed S et al - Determinants of pulmonary function in patients undergoing coronary bypass operations. *Ann Thorac Surg*, 1990;50:268-273.
12. Chandler KW, Rozas CJ, Kory RC et al - Bilateral diaphragmatic paralysis complicating local cardiac hypothermia during open heart surgery. *Am J Med*, 1984;77:243-249.
13. Kollef MH, Wragge T, Pasque C - Determinants of mortality and multiorgan dysfunction in cardiac surgery patients requiring prolonged mechanical. *Chest*, 1995;107:1395-1401.
14. Wilcox P, Baile EM, Hards J et al - Phrenic nerve function and its relationship to atelectasis after coronary artery bypass surgery. *Chest*, 1988;93:693-698.
15. Tisi GM - Preoperative evaluation of pulmonary function. *Am Rev Respir Dis*, 1979;119:293-310.
16. Hammermeister KE, Burchfiel C, Johnson R et al - Identification of patients at greatest risk for development of major complications at cardiac surgery. *Circulation*, 1990;82:(Suppl 2): 380-389.
17. Kollef MH, Peller T, Knodel MA et al - Delayed pleuropulmonary complications following coronary artery revascularization with the internal mammary artery. *Chest*, 1988;1:68-71.
18. Bendixen HH, Hedley WJ - Impaired oxygenation in the surgical patients during general anesthesia with controlled ventilation: a concept of atelectasis. *New Engl Med*, 1963;269:991-996.
19. Hedenstierna G, Tokics L, Strandberg A et al - Correlation of gas exchange impairment to development of atelectasis during anaesthesia and muscle paralysis. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1986;30:183-191.
20. Michel L, McMichean JC et al - Measurement of ventilatory reserve as an indication for early extubation after cardiac operation. *J Thoracic Cardiovasc Surg*, 1979;78:761-765.

EVALUATION OF PULMONARY FUNCTION IN PATIENTS UNDERGOING
CARDIAC SURGERY WITH CARDIOPULMONARY BYPASS

21. Wolf G, Brunner JX, Ing DE - Gas exchange during mechanical ventilation and spontaneous breathing: intermittent mandatory ventilation after open heart surgery. *Chest*, 1986;90:11-17.
22. Auler Jr JOC, Ruiz Neto PP - Alterações pulmonares da anestesia. *Rev Bras Anesthesiol*, 1992;42:(Supl14):15-24: CBA014.
23. Brtko M, Lonsky V, Kunes P et al - The post-perfusion syndrome after operation performed with extracorporeal circulation. *Acta Medic*, 1999;42:(Suppl1):13-16.
24. Auler Jr JOC, Zin WA, Caldeira MPR et al - Pre and postoperative inspiratory mechanics in ischemic valvular heart disease. *Chest*, 1987;92:984-990.
25. Loeckinger A, Kleinsasser A, Lindner KH et al - Continuous positive airway pressure at 10 cmH₂O during cardiopulmonary bypass improves postoperative gas exchange. *Anesth Analg*, 2000;91:522-527.
26. Massoudy P, Zahler S, Becker BF et al - Evidence for inflammatory responses of the lungs during coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass. *Chest*, 2001;119:2-4.
27. Kirklin JK - Prospects for understanding and eliminating the deleterious effects of cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*, 1991;51:529-531.
28. Singh NP, Vargas FS, Cukier A et al - Arterial blood gases after coronary artery bypass surgery. *Chest*, 1992;102:1337-1441.
29. Hachenberg T, Tenling A, Tyden H et al - Ventilation perfusion relationship in mitral valve disease and coronary artery disease. *Anesthesiology*, 1997;86:809-817.

RESUMEN

Barbosa RAG, Carmona MJC - Evaluación de la Función Pulmonar en Pacientes Sometidos a Cirugía Cardíaca con Circulación Extracorpórea

Justificativa y Objetivos - Las complicaciones pulmonares permanecen como un grande problema en el pós-operatorio de cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC). El objetivo de este actual estudio fue evaluar las alteraciones de la función pulmonar ocurridas en pacientes sometidos a cirugía cardíaca de revascularización miocárdica, comparándolos a aquellos sometidos a cirugía cardíaca de cambio valvar.

Método - Quince pacientes sometidos a revascularización (Grupo RM) y 15 pacientes sometidos a cambio valvar (Grupo TV) fueron evaluados a través de la relación entre la presión arterial de oxígeno y su fracción inspirada (PaO₂/FiO₂), del gradiente alvéolo-arterial de oxígeno (GA-aO₂), del shunt pulmonar, de la PEEP de mejor Complacencia y de la Complacencia Estática, evaluados en el pré-operatorio, después de la inducción de la anestesia, 1, 3 y 6 horas de pós-operatorio y en el 1º y 2º días de pós-operatorio. Los datos fueron analizados a través del análisis de variancia para medidas repetidas ($p < 0,05$).

Resultados - Los resultados mostraron valores de gradiente alvéolo-arterial de oxígeno y shunt pulmonar significativamente mayores para el grupo RM con relación al grupo TV. La relación PaO₂/FiO₂ fue significativamente mayor en el grupo TV. Los grupos no difirieron en cuanto a la complacencia estática. En el grupo RM, la PEEP de mejor complacencia obtenida en el pós-operatorio fue significativamente mayor que en el grupo TV.

Conclusiones - En el presente estudio observamos que los pacientes sometidos a cirugía cardíaca de revascularización miocárdica presentan alteraciones de la función pulmonar diferentes de aquellos sometidos a cirugía cardíaca de cambio valvar.