

Avaliação da Ventilação/Oxigenação Pulmonar Antes e Após Cirurgia Cardíaca com Circulação Extracorpórea

J. O. C. Auler, Jr., T S A¹ & P. H. N. Saldiva²

Auler Jr J O C, Saldiva P H N – The evaluation of pulmonary ventilation/oxygenation before and after cardiac surgery with extracorporeal circulation.

The aim of this work was to study the respiratory alterations caused by cardiac surgery under cardiopulmonary bypass in 12 randomly selected anesthetized paralysed adult patients, 6 with ischemic cardiopathy. Respiratory alterations were assessed by lung ventilation and oxygenation measurements.

The ventilation/oxygenation evaluation was done by calculating the pulmonary shunt and the alveolar arterial oxygen gradient (P(A-a)O₂).

The ventilation/oxygenation measurement was taken with an inspired fraction of 1 and performed 15 to 30 minutes after tracheal intubation and repeated just after thoracic closure.

Valvar and coronary patients have similar values of oxygen arterial partial pressure (pO₂), pulmonary shunt (QS/Q) and alveolar-arterial oxygen gradient (P (A-a)O₂) prior to surgery. Cardiac surgery causes a decrease in gas exchange with a significant increase in pulmonary shunt and alveolar-arterial oxygen gradient (P(A-a)O₂).

Key Words: LUNG: function, alveolar-arterial oxygen gradient, shunt; SURGERY: cardiac extracorporeal circulation

Alterações importantes na troca respiratória são comumente observadas após grandes operações, principalmente aquelas realizadas no tórax e abdômen superior. Conforme alguns estudos, estas alterações resultam basicamente na queda da pressão parcial de oxigenação¹. Vários mecanismos fisiopatológicos têm sido apontados como causadores desta hipoxemia, cuja expressão final são as desigualdades entre a ventilação e a perfusão pulmonar². Dentre os vários métodos propostos para identificar e quantificar estas desigualdades respiratórias, sobressaem-se, pela simplicidade, o cálculo do curto-circuito pulmo-

nar e o gradiente alvéolo-arterial do oxigênio. O objetivo deste trabalho é mostrar as alterações respiratórias que se seguem à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea (CEC), utilizando-se a medida curto-circuito pulmonar e o gradiente alvéolo-arterial do oxigênio como parâmetros de avaliação.

METODOLOGIA

Foram estudados 12 pacientes adultos escolhidos aleatoriamente dentre as operações eletivas realizadas no Instituto do Coração. Todos os pacientes estudados estavam em classe funcional I ou II da "New York Heart Association" (NYHA)³ e classe funcional I e II para anginosos de acordo com a "Canadian Heart Association" (CHA)⁴. A idade dos pacientes variou de 24 a 68 anos (média 47 ± 13), sendo nove masculinos. Alguns pacientes apresentavam história de tabagismo (pacientes 3, 6, 7 e 12 da Tabela I), todos haviam deixado o hábito há pelo menos seis meses desta atual internação. Destes 12 pacientes, seis apresentavam história de angina, estando

1 Professor Assistente Doutor da Disciplina de Anestesiologia da FMUSP. Diretor do Serviço de Anestesia do Instituto do Coração

2 Professor Adjunto do Departamento de Patologia da FMUSP

Correspondência para José Otávio Costa Auler Jr.
Rua Guarará, 538
01425 - São Paulo, SP

Recebido em 14 de Janeiro de 1988

Aceito para publicação em 22 de junho de 1988

© 1988, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

Tabela I - Dados operatórios

Paciente	Operação realizada	Via de acesso
1	Revascularização do miocárdio	Esternotomia*
2	Comissurotomia mitral	Esternotomia
3	Revascularização do miocárdio	Esternotomia*
4	Troca de valva aórtica	Esternotomia
5	Comissurotomia mitral	Toracotomia **
6	Revascularização do miocárdio	Esternotomia***
7	Comissurotomia mitral	Esternotomia
8	Revascularização do miocárdio	Esternotomia
9	Troca de valva aórtica	Esternotomia
10	Revascularização do miocárdio	Esternotomia
11	Troca de valvas mitral e aórtica	Esternotomia
12	Revascularização do miocárdio	Esternotomia*

*Drenagem pleural esquerda

**Drenagem pleural direita

***Drenagem pleural bilateral

estáveis no momento da operação. Os demais portavam valvopatias mitral e/ou aórtica. O tempo operatório variou de 180 a 360 min (média 267 ± 61 min). Na Tabela I estão relacionados o procedimento operatório, via de acesso e os procedimentos quanto à cavidade pleural. Após a cateterização venosa e arterial para os controles hemodinâmicos habituais e monitorização eletrocardiográfica, realizou-se a indução anestésica. A intubação traqueal foi feita sob visão direta com tubo "Rush". A expansão bilateral dos pulmões, após a intubação, foi verificada pela ausculta pulmonar. Procedeu-se à ventilação por meio de ventilador Takaoka-640.

A frequência ventilatória (FV) foi ajustada para manter a pressão parcial de dióxido de carbono (P_aCO_2) entre 30 e 35 mmHg (3,9 – 4,1 kPa), com relação inspiração para expiração (I:E) fixa em 1/2.

Como medicação pré-anestésica foi empregada meperidina (2 mg.kg^{-1} , máximo 100 mg) e prometazina (1 mg.kg^{-1} , máximo 50 mg). A indução foi feita com fentanil, pancurônio, diazepam e a manutenção com relaxante muscular, óxido nítrico e fentanil. Todos os pacientes foram operados com CEC, que foi estabelecida através de drenagem das veias cavas, utilizando-se cânulas individuais ou únicas.

A perfusão foi feita por cânula inserida na aorta ascendente. O sangue aspirado no campo

foi coletado em reservatório, reentrando após ser filtrado no circuito da CEC. A bomba arterial utilizada foi de roletes, gerando fluxo não pulsátil. O oxigenador artificial de sangue utilizado foi de bolhas (modelo INCOR). A anticoagulação foi feita por heparina injetada no átrio direito, antes de se estabelecer a CEC. O nível da heparinização sangüínea foi acompanhado pelo teste da coagulação ativada (TCA), administrando-se heparina adicional quando o valor do TCA foi igual ou inferior a 800". Em relação a CEC, procurou-se manter fluxo entre 3691 ± 308 e 2991 ± 672 ml/min. O peso dos pacientes variou entre 84 e 49 kg (média 65 ± 9), a altura entre 1,77 e 1,52 m (média $1,63 \pm 0,06$), e a superfície corporal entre 1,90 e 1,45 m^2 (média $1,69 \pm 0,14$). O tempo de CEC variou entre 130 e 62 min (média 90 ± 30). Em todos os pacientes empregaram-se a hipotermia moderada ($29 \pm 2^\circ\text{C}$) e hemodiluição com solução de Ringer. Após o início e durante toda a CEC os pulmões foram mantidos à pressão atmosférica, ficando desconectado o tubo traqueal do ventilador. Ao término da CEC, restabeleceu-se a ventilação pulmonar, procurando-se manter os mesmos parâmetros ventilatórios. Ao certificar-se da estabilidade hemodinâmica, procedeu-se à hemostasia e neutralização da heparina com protamina, sendo a dose administrada ajustada para restaurar o tempo de coagulação ativada aos valores pré-operatórios. Nenhum dos pacientes desta série apresentou instabilidade hemodinâmica, ao final da CEC, que justificasse o emprego de drogas inotrópicas ou vasoativas. Após o fechamento do tórax e dos planos cirúrgicos incisados, estabelecidas as drenagens pleurais quando presentes, e do mediastino em selo d'água, manteve-se ventilação controlada por 15 min, com FIO_2 de 100%, ajustando-se volume corrente, frequência ventilatória e relação I/E, procedendo-se à colheita de amostras de sangue arterial e venoso central, que foram enviadas imediatamente ao laboratório para as dosagens da:

- pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2) e venoso (PvO_2);
- pressão parcial de dióxido de carbono arterial ($PaCO_2$) e venoso ($PvCO_2$);
- concentração hidrogênio-iônica (pH);
- saturação arterial e venosa de oxigênio (SaO_2 e SvO_2).

Com aparelho ABL 300 da Radiometer.

O hematócrito foi obtido após 5 min de centrifugação a 10,000 rpm em centrífuga Fanem. A hemoglobina (Hb) foi determinada através de hemoglobímetro Celm. Realizou-se também dosagens de sódio e potássio através de fotômetro de chama (Flame-Photometer 143- IL).

Os cálculos de diferença arteriovenosa de oxigênio ($CaO_2 - CvO_2$), gradiente alvéolo-arterial de oxigênio ($P(A-a)O_2$) e curto-circuito pulmonar (QS/Q) foram realizados em microcomputador Itautec, com programas baseados nas fórmulas abaixo e desenvolvidos pela Unidade de Recuperação Pós-Operatória e Serviço de Informática.

$$1) C(a-v)O_2 \text{ em ml.dl}^{-1} = (1,34 \cdot Hb \cdot SaO_2/100) + (PaO_2 \cdot 0,0031) - (1,34 \cdot Hb \cdot SvO_2/100) + (PvO_2 \cdot 0,0031)^5.$$

$$2) P(A-a)O_2 \text{ em mmHg} = PAO_2 - PaO_2^6.$$

onde: $PAO_2 = FIO_2(PB-47) - PaCO_2$

Assim: PAO_2 = pressão alveolar de oxigênio
 PB = pressão barométrica local
 47 = pressão do vapor de água a 36,5°C

$$3) QS/Q \text{ em } \% = 100 \cdot Hb \cdot 1,34 (1 - (SaO_2/100) + 0,0031 (PAO_2 - PaO_2)) : Hb \cdot 1,34 (1 - (SvO_2/100) + 0,0031 (PAO_2 - PaO_2))^7.$$

As amostras foram colhidas antes da SEC e ao término da operação.

RESULTADOS

A Tabela II apresenta os valores médios e DP de sódio, potássio, hematócrito e hemoglobins. A Tabela III apresenta os valores médios e DP da concentração hidrogênio iônica do sangue, pressão parcial de oxigênio, pressão parcial de dióxido de carbono, saturação arterial e venosa de oxigênio, bicarbonato plasmático e déficit de bases, de todos os pacientes, antes e após a cirurgia.

A Tabela IV mostra os valores médios e DP do curto-circuito pulmonar, gradiente alvéolo-arterial de oxigênio e conteúdo arterial e venoso de

Tabela II - Dados laboratoriais de todos os pacientes.

	Antes da cirurgia				Pós-cirurgia			
	Na	K	Hb	Ht	Na	K	Hb	Ht
/x	137,2	4,1	12,7	38,1	143,7	4,1	10,5	31,5
DP	3,09	0,59	1,29	3,95	3,77	0,53	1,56	4,70
Delta								
/x	-6,5*		0,2		2,2*		6,6*	
DP	4,01		0,59		1,22		3,70	
DP/vn	1,16		0,17		0,35		1,07	
/x/DP/vn	5,60		1,16		6,26		6,6	

Sódio, potássio (mEq/l), hemoglobina (g%) e hematócrito (%)
 As variações Delta referem-se à subtração dos resultados após cirurgia dos obtidos antes da cirurgia.

* Variações significativas (5%)

Tabela III - Dados laboratoriais de todos os pacientes

	Antes da cirurgia		Pós-cirurgia	
	/x	DP	/x	DP
pHa	7,50	0,047	7,44	0,058
pHv	7,43	0,050	7,38	0,054
PaCO ₂	26,65	2,050	31,05	3,402
PvCO ₂	31,88	9,930	40,19	4,14
PaO ₂	457,17	63,622	276,45	118,783
PvO ₂	46,96	7,854	41,59	6,175
SaO ₂	100	0	99,2	1,547
SvO ₂	82,73	6,95	74,25	8,131
HCO _{3a}	20,88	1,651	20,94	2,224
HCO _{3v}	23,34	2,294	23,08	2,393
BEa	-1,0	2,19	-2,2	2,85

PaCO₂, PvCO₂, PaO₂, PvO₂ (mm Hg),
 SaO₂, SvO₂ (%)

HCO_{3a}, HCO_{3v} (m. Eq^l)

a = arterial

v = venoso

Tabela IV - Cálculos respiratórios dos pacientes valvopatas e coronariopatas antes e após a cirurgia

	Antes da cirurgia			Pós-cirurgia		
	CaO ₂ -CvO ₂	QS/Q	P(A-a)O ₂	CaO ₂ -CvO ₂	QS/Q	P(A-a)O ₂
/x	4,17	10,10	139,02	4,2	21,06	326,33
DP	1,087	2,963	73,764	1,167	9,012	117,986
Delta						
/x	-0,041		-10,95*			-173,87*
DP	1,346		10,40			135,902
DP/vn	0,39		3,01			39,28
/x/DP/vn	0,11		3,64			4,426

CaO₂-CvO₂ = diferença arteriovenosa de oxigênio

QS/Q = curto-circuito pulmonar

P(A-a)O₂ = gradiente alvéolo-arterial de oxigênio

Delta = Subtração dos valores pós-cirurgia dos obtidos antes da cirurgia

* Variação significativa (5%)

oxigênio, antes e após a operação. Os mesmos valores para os pacientes coronariopatas e valvopatas estão apresentados nas Tabelas V e VI, respectivamente.

Na Tabela V observa-se aumento significativo (5%) do gradiente alvéolo-arterial de oxigênio dos pacientes coronariopatas. Na Tabela VI observa-se aumento significativo (5%) do curto-circuito pulmonar dos pacientes valvopatas.

Tabela V - Cálculos respiratórios dos pacientes coronariopatas antes e após a cirurgia

	Antes da cirurgia			Pós-cirurgia		
	CaO ₂ -CvO ₂	Qs/Q	P(A-a)O ₂	CaO ₂ -CvO ₂	Qs/Q	P(A-a)O ₂
/X	3,95	8,78	121,04	4,45	22,87	348,78
DP	0,661	3,099	44,940	1,531	12,09	130,723
Delta						
	CaO ₂ -CvO ₂	Qs/Q	P(A-a)O ₂			
/X	-0,50	-14,09	-226,57*			
DP	1,597	13,176	139,940			
DP/vn	0,652	5,379				
/X/DP/vn	0,767	2,619				

CaO₂ - CvO₂ = Diferença arteriovenosa de oxigênio.

Qs/Q = Curto-circuito pulmonar.

P(A-a)O₂ = Gradiente alvéolo-arterial de oxigênio.

Delta = Subtração dos valores pós-cirurgia dos obtidos antes da cirurgia.

*Variação significativa (5%).

Tabela VI - Cálculos respiratórios dos pacientes valvopatas antes e depois da operação

	Antes cirurgia			Pós-cirurgia		
	CaO ₂ -CvO ₂	QS/Q	P(A-a)O ₂	CaO ₂ -CvO ₂	Qs/Q	P(A-a)O ₂
/X	4,40	11,43	181,65	3,99	19,24	303,82
DP	1,420	2,333	66,376	0,725	4,936	111,007
Delta						
	CaO ₂ -CvO ₂	Qs/Q	P(A-a)O ₂			
/X	0,42	-7,81 *	-121,18			
DP	1,420	6,379	119,937			
DP/vn	0,393	2,604	48,95			
/X/DP/vn	1,069	2,999	2,476			

CaO₂-CvO₂ = Diferença arteriovenosa de oxigênio

Qs/Q = Curto-circuito pulmonar.

P(A-a)O₂ = Gradiente alvéolo-arterial de oxigênio.

Delta = Subtração dos valores pós-cirurgia dos obtidos antes da cirurgia.

*Variação significativa (5%).

DISCUSSÃO

Ao longo dos anos, o exame da composição dos gases do sangue arterial tem se mostrado útil para a avaliação da troca respiratória, porém de alcance limitado. A amostra sangüínea permite detectar anormalidades na composição dos gases sangüíneos, determinar a diferença alvéolo-arterial de oxigênio e quantificar o percentual do débito cardíaco pulmonar que não participa da hematose. Essa fração não oxigenada do débito cardíaco

é denominada curto-circuito pulmonar (QS/Q)⁶.

A composição do gás alveolar representa a capacidade de equilíbrio do sangue dos capilares com os alvéolos, e que resulta na composição final dos gases arteriais. Por outro lado, a concentração de gases no alvéolo depende do gás inalado, do volume-minuto, do fluxo sangüíneo capilar e fundamentalmente da inter-relação entre a ventilação e perfusão para cada alvéolo (VA/Q)^{8,9}.

Vários são os mecanismos pulmonares responsáveis por composição anormal dos gases no sangue arterial: hipo e hiperventilação, barreiras difusionais, curto-circuito pulmonar e desigualdades na relação ventilação/perfusão alveolar⁸. Alguns fatores não pulmonares podem influenciar na composição do sangue arterial: produção excessiva de CO₂ pelo metabolismo (VCO₂), variação no consumo de oxigênio (VO₂), débito cardíaco e conteúdo arterial de oxigênio (CaO₂) inadequados e alterações na pressão parcial do oxigênio do sangue venoso misto (PVO₂)⁸.

Nos pacientes desta série, a ventilação alveolar foi mantida dentro dos limites normais, assegurada pelo controle contínuo do volume-minuto e valores de PaCO₂. As alterações difusionais raramente significam problemas clínico. Em circunstâncias normais a hematose se processa no terço inicial do tempo de trânsito sangüíneo pulmonar. Como existe esta margem de segurança, a difusibilidade deve cair abaixo de 20% do seu valor normal, para que algum prejuízo na oxigenação sangüínea possa ser detectado laboratorialmente¹⁰.

Quanto ao (P(A-a)O₂), este parâmetro representa as desigualdades na relação ventilação/perfusão dos alvéolos (VA/Q). Estas alterações na interface ar-sangue determinam queda da PaO₂, por aumento do conteúdo de sangue não oxigenado, convencionalmente chamado de curto-circuito fisiológico, quando ainda se mantêm alguma ventilação/perfusão alveolar e curto-circuito anatómico quando apenas existe perfusão, ou seja, VA/Q = 0⁸. Fisiologicamente ambos contribuem para a queda da PaO₂ observada no sangue arterial. O alargamento do (P(A-a)O₂), mesmo sabendo-se que este representa um método simples para detectar alterações na relação VA/Q, não permite identificar o tipo de desequilíbrio. Um método alternativo que define um "ponto ideal" de relação VA/Q foi proposto¹¹. O sangue obtido além deste ponto teria ambos os componentes: curto-circuito e desigualdades na relação VA/Q. A separação destes dois componentes é possível utilizando-se O₂ a 100%. Nesta situação, as alterações de VA/Q e difusionais, se presentes, são corrigidas, sendo possível quantificar o QS/Q

anatômico. Um problema teórico com a utilização de O_2 a 100% seria o desencadeamento de atelectasias com aumento de QS/Q¹².

Alguns autores mostraram comparações diretas utilizando O_2 a 100% para cálculo do QS/Q com outros métodos e indicaram que esta suposição é mais teórica do que real⁸.

O aumento do $(P(A-a)O_2)$ é achado relativamente frequente em pacientes sob anestesia geral e após grandes procedimentos cirúrgicos^{13, 14}, e o aumento do QS/Q e a principal causa das alterações gasimétricas no pós-operatório de cirurgia cardíaca¹⁵.

Este fato foi contestado por autores que não encontraram este aumento em pacientes com tipos distintos de cardiopatia¹⁶.

Quanto aos nossos pacientes, os valores de QS/Q e $(P(A-a)O_2)$ não diferiram entre os grupos antes da operação; observou-se aumento significativo do $(P(A-a)O_2)$ e do QS/Q para todos os pacientes, após a operação. Entretanto, na análise de cada grupo em separado observou-se que houve apenas aumento significativo do $(P(A-a)O_2)$ para os coronariopatas e do QS/Q para os valvopatas! Após a cirurgia, vários fatores são descritos como responsáveis por esse aumento de QS/Q: lesão de microcirculação e pneumócitos pulmonares^{17, 18}, aumento de água extravascular pulmonar¹⁹, quebra de vasoconstrição pulmonar pelos anestésicos¹⁴, hipoxemia difusional¹⁰, presença de secreção nas vias aéreas, diminuição da capacidade residual funcional², todos acarretando alteração na VA/Q.

O curto-circuito pulmonar aumenta fisiologicamente com a idade, traduzindo aumento no volume de fechamento⁶. A determinação do curto-circuito pulmonar na clínica pode ser útil no controle das frações de O_2 inspirado, e principalmente para aferir, se a oxigenação em pacientes intubados com grave insuficiência respiratória. As variações hemodinâmicas podem interferir

no seu valor real. Em pacientes com evolução pós-operatória normal, as variações de QS/Q e de $(P(A-a)O_2)$ são pouco significativas, conforme atestam outra comunicação¹⁶ e os nossos resultados.

Concluindo, após o início de anestesia e antes do ato cirúrgico os pacientes valvopatas e coronariopatas não diferiram entre si quanto aos valores da pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2), curto-circuito pulmonar (QS/Q) e do gradiente alvéolo-arterial de oxigênio $(P(A-a)O_2)$.

A agressão cirúrgica causa disfunção da oxigenação pulmonar, caracterizada por aumento significativo do gradiente alvéolo-arterial de oxigênio $(P(A-a)O_2)$ e do curto-circuito pulmonar (QS/Q).

ADENDO

Os grupos de pacientes valvopatas e coronariopatas foram comparados entre si, avaliando-se a média dos dois grupos, e utilizando-se o teste W de Levene²⁰, que se baseia nos valores absolutos dos desvios em relação a média dos grupos²¹.

Sob a hipótese de que as médias populacionais dos dois grupos fossem iguais, a estatística T tinha a distribuição no $(n_1 n_2 - 2)$ graus de liberdade.

A hipótese de igualdade das médias foi rejeitada quando o nível descritivo P do teste foi menor que o nível de significância alfa fixado (0,05).

A significância das variações ocorridas dos parâmetros analisados após a cirurgia cardíaca foi avaliada pela comparação do delta (valor pré e pós-CEC). A variação deste delta para cada variável foi comparada a variação nula com nível de significância de 5%, conforme preconizado²².

Para avaliar se os dois grupos apresentaram comportamento similar após a cirurgia, os deltas foram comparados utilizando-se o teste t de Student, para nível de significância de 5%.

Auler Jr, J O C, Saldiva P H N – Avaliação da ventilação/oxigenação pulmonar antes e após cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea.

O presente trabalho teve por finalidade estudar as alterações do sistema respiratório provocadas pela cirurgia cardíaca sob circulação extra-corpórea, em 12 pacientes adultos, anestesiados e curarizados, selecionados aleatoriamente, sendo seis deles valvopatas a seis coronariopatas. As alterações respiratórias foram verificadas por medidas da ventilação-oxigenação pulmonar. As medidas de ventilação-oxigenação foram aferi-

Auler Jr. J O C, Saldiva P H N – Evaluación de la ventilación/oxigenación pulmonar antes y después de cirugía cardíaca con circulación extracorpórea.

El presente trabajo tuvo por finalidad estudiar las alteraciones del sistema respiratorio provocadas por la cirugía cardíaca bajo circulación extracorpórea, en 12 pacientes adultos, anestesiados y curarizados, seleccionados aleatoriamente, siendo 6 de ellos valvopatas, y 6 coronariopatas. Las alteraciones respiratorias fueron verificadas por medidas de ventilación-oxigenación pulmonar. Las medidas de ventilación-oxigenación fueron

das pelo cálculo do curto-circuito pulmonar (QS/Q) e gradiente alvéolo-arterial de oxigênio $P(A-a)O_2$. Estas determinações foram feitas na vigência de fração inspirada de O_2 (100%) e realizadas 15 a 30 min após a intubação traqueal, sendo repetidas logo após o fechamento tórax.

Após o início da anestesia e antes do ato cirúrgico os pacientes valvopatas e coronariopatas não diferiram quanto aos valores da pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2), curto-circuito pulmonar (QS/Q) e gradiente alvéolo-arterial de oxigênio ($P(A-a)O_2$). Nos dois grupos de pacientes o ato operatório causou disfunção da oxigenação pulmonar caracterizada por aumento significativo do gradiente alvéolo-arterial de oxigênio ($P(A-a)O_2$) e curto-circuito pulmonar (Qs/Qt).

Unitermos: CIRURGIA: cardíaca, circulação extracorpórea; PULMÃO: função, gradiente alvéolo-arterial, curto-circuito

aferidas por el cálculo de "shunt" pulmonar (QS/Q) y gradiente alvéolo-arterial de Oxígeno ($P(A-a)O_2$). Estas determinaciones fueron hechas en la vigencia de fracción inspirada de O_2 (100%) y realizadas 15 a 30 minutos después de la intubación traqueal, siendo repetidas luego después del cerramiento tórax.

Después del inicio de la anestesia y antes del acto quirúrgico, los pacientes valvopatas y coronariopatas no diferiran en lo que se refiere a los valores de la presión parcial de oxígeno arterial (PaO_2) "shunt" pulmonar (QS/Q) y gradiente alvéolo-arterial de oxígeno ($P(A-a)O_2$). El acto operatorio causó en los dos grupos de pacientes una disfunción de la oxigenación pulmonar caracterizada por un aumento significativo del gradiente alvéolo-arterial de oxígeno ($P(A-a)O_2$) y "shunt" pulmonar (QS/Q).

REFERÊNCIAS

1. Marshall B E and Wyche Jr M Q - Hypoxemia during and after anesthesia. *Anesthesiology* 1972; 37: 178-209.
2. Graig B D - Postoperative recovery of pulmonary function, *Anesth Analg* 1981; 60: 40-52.
3. Criteria Committee - New York Association, Inc: Diseases of the heart and blood vessels. Nomenclature and criteria for diagnosis. 6th ed. Boston. Little-Brown and Co. 1964 114.
4. Campeau L - Letter to the editor. *Circulation* 1976; 522-523.
5. Bryan-Brown C W - Gas transport and delivery. In: Shoemaker C W and Thompson L W. Critical care - State of the Art, chapter E, The Society of Critical Care Medicine, Fullerton 1980; 1-36.
6. Pack A 1 and Fishman A P - Overall gas exchange including venous admixture. In: Assessment of pulmonary function. Fishman A P. Chapter 20, New York, Mc Graw-Hill, 1980; 238-246.
7. Comroe Jr J H, Foster I I R E, Dubois A B, Briscoe W A and Carlsen E - Useful data, equations and calculations. In: The lung: Clinical physiology and pulmonary function tests. Comroe Jr J H, Foster I I R E, Dubois W B, Briscoe W A and Carissen E. Appendix, Chicago, Year book medical Publishers In, 1974; 323-324.
8. D'Alonzo D O G E and Dantzker R D - Respiratory failure mechanisms of abnormal gas exchange and oxygen delivery. *Med Clin N Am* 1983; 67: 557-571.
9. West J B - ventilation perfusion relationships. *Am Rev Resp Dis* 1977; 116: 919-943.
10. Wagner P D - Diffusion and chemical reaction in pulmonary gas exchange, *Physiol Rev* 1977; 57: 257-313.
11. Riley R L, Cournand A - Analysis of factors affecting partial pressures of oxygen and carbon dioxide in gas and blood of lungs: Theory. *J Appl Physiol* 1971; 4: 77-101.
12. Dantzker R D, Wagner P D, West J B - Instability of lungs units with low VA/Q ratios during O_2 breathing. *J Appl Physiol* 1975; 38: 886-995.
13. pahner K, Diamant M - Post-Operative changes in gas tension of arterial blood and ventilator function. *Lancet* 1968; 2: 180-182.
14. Rehder K, Sassier A, Mars H M - General anesthesia and the lung. *Am Rev Resp Dis* 1975; 112: 541-563.
15. Hedley-White J, Corning H M, Austen W et al. - Pulmonary ventilations perfusion relations after heart valve replacement or repair in man. *J Clin Invest* 1965; 44: 406-416.
16. Dantzker R D, Cowenhaven M W, Willouchby J W et al. - Gas exchange alterations associated with weaning from mechanical ventilation following coronary artery bypass grafting. *Chest* 1982; 6: 674-677.
17. Ratliff N B, Young Jr W G, Hackel D B et al. - Pulmonary injury secondary to extracorporeal circulation- *J Thorac Cardiovasc Surg* 1973; 65: 425-432.
18. Rea H H, Harris E A, Seelye E R et al.- The effects of cardiopulmonary bypass upon pulmonary gas exchange. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975; 112: 541-563.
19. Auler Jr J O C, Saldiva P H N - Pulmonary structure and extravascular lung water after cardiopulmonary bypass. *Bras J Med Biol Res* 1986; 19: 707-714.
20. Levene H - Robust tests for equality of variance. in: Contributions to probability and statistics. Olkin 1. California, Stanford University, 1960; 278-292.
21. Brown M B, Forsythe A R - The anova and multiple comparisons for data with heterogeneous variances. *Biometrics* 1974; 30: 719-724.
22. Morettin P A, Bussab W O - Teste sobre as médias de duas populações normais. Observações emparelhadas. in: Estatística