

## ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS PROVOCADAS PELA VENTILAÇÃO DE ALTA FREQUÊNCIA EM JATOS. ESTUDO EXPERIMENTAL EM CÃES

CLYSTENES ODYR SOARES SILVA \*, HÉLIO ROMADILNI \*\*, CÉSAR UEHARA \*, ANA LUISA GODOY FERNANDES \*, MANUEL LOPES DOS SANTOS.

---

*Os autores estudam de forma comparativa, as repercussões sobre a hemodinâmica pulmonar e sistêmica de ventilação de alta frequência em jatos (VAFJ) com a ventilação com pressão positiva intermitente (VPPI) em cães normais. Empregou-se na VAFJ o aparelho Takaoka, mod. 995 e na VPPI o Bird Mark 7. Foram analisadas a frequência cardíaca, as pressões médias arteriais, atrial direita e capilar pulmonar encravada; o débito e o índice cardíaco; as resistências vasculares sistêmica e pulmonar; o consumo, o transporte e a diferença do conteúdo artério-venoso de oxigênio; a produção de gás carbônico e as pressões de vias aéreas. Houve diminuição do débito cardíaco quando se passou de respiração espontânea para qualquer uma das formas de ventilação mecânica. Observou-se o surgimento de uma pressão positiva expiratória na VAFJ. Apesar dessa alteração, não houve diferença significativa entre os tipos de ventilação estudados em relação à repercussão hemodinâmica.*

---

Em 1977, Klain e Smith <sup>1</sup>, combinando a técnica da ventilação transtraqueal com jatos de ar <sup>2</sup> ao emprego de altas frequências ventilatórias, criaram o que se denominou - ventilação de alta frequência em jatos - VAFJ.

A VAFJ é baseada no princípio físico do injetor de ar <sup>3</sup>. Gases sob elevada pressão são lançados em jatos, através de um cateter de luz estreita colocado nas vias aéreas superiores: o fluxo de gás, que sai pela abertura distal da cânula, colide com a massa de ar que se encontra nas vias aéreas. Ocorre então uma mudança na energia cinética, de modo que o jato de ar perde velocidade, enquanto que os gases que se encontram nas vias aéreas são acelerados em direção aos alvéolos.

A partir da experiência em animais, vários estudos clínicos foram relatados, demonstrando o uso da VAFJ em seres humanos. Em 1980 foi mencionado o seu emprego em laringoscopia <sup>4</sup> e Carlon e col. <sup>5-7</sup> empregaram-na em pacientes portadores de insuficiência respiratória e fístula broncopulmonar.

Entre nós foi desenvolvido, em 1980, um aparelho de VAFJ (Takaoka, mod. 995), que tem sido testado no laboratório experimental da Disciplina de Pneumologia

da Escola Paulista de Medicina. Pelos estudos iniciais de Lobato <sup>8</sup> foi determinado que o emprego da frequência de 200 jatos/min é o que permite melhor nível de trocas gasosas.

O objetivo deste trabalho é estudar, de forma comparativa, a VAFJ na frequência de 200 jatos/min, com a VPPI em cães com pulmões normais no que se refere à hemodinâmica pulmonar e sistêmica.

### MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em 14 cães divididos aleatoriamente em dois grupos, identificados como grupo I e grupo II. No grupo I, a média do peso dos animais foi de 21,3 kg e no grupo II, de 19,6 kg.

A diferença entre os dois grupos referiu-se ao tipo de aparelho de ventilação utilizado inicialmente. De modo que, no grupo I, após o período de estabilização com respiração espontânea, iniciamos a VAFJ com Takaoka 995 e, em seguida, passamos para ventilação com pressão positiva intermitente (VPPI) com o Bird Mark 7. No segundo grupo, a seqüência dos ventiladores foi a inversa. Os cães foram anestesiados

---

Trabalho realizado na Disciplina de Pneumologia do Departamento de Medicina da Escola Paulista de Medicina (EPM) e parcialmente subsidiado pelo CNPq (processo n.º 303309-84).

\* Doutor em Medicina. Médico da Disciplina de Pneumologia do Departamento de Medicina da EPM.

\*\* Professor-Adjunto da Disciplina de Pneumologia do Departamento de Medicina da EPM.

\*\*\* Professor-Titular. Chefe da Disciplina de Pneumologia do Departamento de Medicina da EPM.

por via venosa com pentobarbital, sódico na dose de 20 mg/kg de peso, mantidos sobre cobertor elétrico e entubados por via orotraqueal com cânula (Rusch 34). Os animais foram inicialmente mantidos com respiração espontânea e realizada cateterização de ambos os ureteres, dissecação e cateterização da artéria e veia femoral direita, e da veia jugular externa direita por onde foi passado um cateter de Swan Ganz, calibre 7F. Após esses procedimentos, os animais foram submetidos à expansão isotônica do volume do fluido extracelular, pela infusão de soro fisiológico na quantidade de 30 ml/kg de peso, durante 20 minutos. No decorrer da experiência, a hidratação foi mantida com soro fisiológico no volume de 2,0 ml/min acrescido do volume urinário colhido. Ao fim do período de estabilização, os animais foram curarizados com dialil bisnortoxiferina, na dosagem de 0,5 mg/kg de peso. Os animais foram submetidos à VAFJ numa frequência de 200 jatos/min com ar comprimido, durante 60 minutos. O volume/minuto administrado foi de aproximadamente 1 L/kg de peso, e o ajuste do ventilador foi determinado pelo resultado dos gases arteriais, através da regulação do “pulso” (dispositivo destinado a regular o volume da ar injetado pelo aparelho). A relação tempo inspiratório/tempo expiratório (TI/ TE) foi de 1:2. O platô, que permite um fluxo adicional de ar, foi mantido desligado. Durante o período de ventilação com pressão positiva intermitente (VPPI), que também foi de 60 minutos, empregamos na sua regulação um volume corrente (VC) em torno de 15 ml/kg de peso, uma frequência respiratória (F) de 12 a 16 rpm e uma relação TI/TE de 2:3. Os ajustes necessários foram realizados pelo controle gasométrico. O volume/minuto expirado (VE) nos dois tipos de ventiladores foi medido com o respirômetro de Wright, da British Oxigen Company. O registro de pressões e colheita de amostras de sangue para gasometria e medida do débito cardíaco foram realizados no fim da fase de respiração espontânea e ao fim de cada período nos ventiladores.

Foram estudados os seguintes parâmetros: 1) frequência cardíaca (FC), através do registro gráfico da pressão arterial sistêmica em papel termosensível, correndo à velocidade de 12,5 mm/s. Contamos o número de pulsos no espaço de 30 mm e determinamos a FC pela fórmula:  $FC = n \times 25$  onde n é o número de pulsações registradas em 30 mm de papel; 2) pressão arterial média sistêmica (PAM), expressa em mmHg, medida por meio de um cateter introduzido na artéria femoral direita e conectado a um fisiógrafo por meio de um transdutor de pressão; 3) pressões média do átrio direito (PAD), média da artéria pulmonar (PAP) e capilar pulmonar encravada (Pcp), registradas por meio do cateter de Swan Ganz e as medidas expressas em mmHg; 4) débito cardíaco (Q), expresso em l/min, medido pelo método da termodiluição, por meio do

debitômetro “Edwards Laboratories, modelo 95-20A”, utilizando um cateter de Swan Ganz calibre 7F; 5) índice cardíaco (IC), expresso em l/min/m<sup>2</sup>, calculado pela fórmula  $IC = Q/SC$  onde SC é a superfície corpórea em m<sup>2</sup>. A SC foi determinada pela fórmula:  $SC = 0,112 \times p^{2/3}$  sendo 0,112 = constante para mensuração da superfície corpórea em cães acima de 4 kg; p = peso em kg<sup>10</sup>; 6) resistência vascular sistêmica total (RVS), expressa em dinas. seg. cm<sup>-5</sup>, calculada pela fórmula:  $RVS = \frac{PAM - PAD}{Q} \times 80$ ,

sendo 80 = coeficiente de conversão para o sistema CGS de medidas<sup>11,12</sup>; 7) resistência arteriolar pulmonar (Rap), expressa em dinas. seg. cm<sup>-5</sup>, calculada pela fórmula  $Rap = \frac{PAP - Pcp}{Q} \times 80$ ; 8) consumo de

oxigênio (VO<sub>2</sub>), expresso em ml/min, medido através da fórmula de Fick  $VO_2 = Q \times C(a-v)O_2 \times 10$  onde C(a-v)O<sub>2</sub> = diferença artério-venosa do conteúdo de oxigênio, em vol%; 10 = fator de transformação de volumes por 100 ml, para ml/l<sup>11,13</sup>; 9) produção de gás carbônico (VCO<sub>2</sub>), em ml/min, calculada através da fórmula:  $VCO_2 = R \times VO_2$  onde R = coeficiente de trocas respiratórias<sup>14</sup>; 10) transporte de oxigênio (TO<sub>2</sub>), expresso em ml/min, calculado pela fórmula:  $TO_2 = CaO_2 \times Q \times 10$  onde CaO<sub>2</sub> = conteúdo de oxigênio em sangue arterial, em vol%<sup>9</sup>; 11) pressão de vias aéreas (PVA), em cmH<sub>2</sub>O, avaliada através da leitura no manômetro dos respiradores e por meio do registro gráfico das pressões, máxima, média e mínima.

Para a análise dos dados foram aplicados os seguintes testes estatísticos<sup>15</sup>: a) teste de Friedman, para comparação das “médias” dos vários períodos, nos grupos I e II; b) teste de Wilcoxon, para comparação de um determinado parâmetro, em duas situações diferentes do mesmo grupo; d) teste de Mann-Whitney, para comparação da variação porcentual para cada período, entre grupo I e grupo II.

O nível de rejeição da hipótese de nulidade para todos os casos foi sempre igual ou menor que 0,05 (5%). Nos casos de diferença significativa, frisamos a sua presença.

## RESULTADOS

Os resultados encontram-se nas tabelas I, II e III. Não houve diferença estatística significativa entre os valores encontrados para as médias dos valores da FC, no grupo I e no grupo II, o que ocorreu, também em relação à Q, PAM e PAP.

Em relação à PAD, as médias dos valores no grupo I foram  $4,2 \pm 2,2$ ;  $5,4 \pm 1,3$ ;  $4,7 \pm 2,1$  mmHg e no grupo II,  $3,1 \pm 1,2$ ;  $3,4 \pm 1,2$ ;  $4,3 \pm 1,4$  mmHg, respectivamente, em cada fase analisada. A variação na passagem da respiração espontânea para VAFJ foi de 45,9% e da respiração espontânea para VPPI foi de

**TABELA I – Parâmetros estudados (média e desvio-padrão) em cães com respiração espontânea (RE), ventilação de alta frequência em jatos (VAFJ) e ventilação com pressão positiva intermitente (VPPI).**

	GRUPO I		
	RE (X DP)	VAFJ (X DP)	VPPI (X DF)
FC (bpm)	175 ± 19	154 ± 30	161 ± 32
PAM (mmHg)	140 ± 16,4	132 ± 27,2	148 ± 29,4
PAD (mmHg)	4,2 ± 2,2	5,4 ± 1,3	4,7 ± 2,1
PAP (mmHg)	14,4 ± 4,9	14,7 ± 4,3	16,7 ± 9,8
Pcp (mm Hg)	6,3 ± 2,9	8,3 ± 3,4	8,4 ± 4,5
Q (l/min)	4,17 ± 1,61	3,13 ± 2,12	2,90 ± 1,44
IC (l/min/m <sup>2</sup> )	4,87 ± 1,60	3,60 ± 2,24	3,37 ± 1,55
RVST			
din. seg.cm <sup>-5</sup>	2842,2 ± 1061,1	4002,8 ± 1723,9	4370,2 ± 1745,9
RAP			
din. seg. cm <sup>-5</sup>	171,2 ± 90,3	200,5 ± 110,5	222,2 ± 113,1
VO <sub>2</sub>			
ml/min	119,1 ± 50,9	108,6 ± 53,9	101,5 ± 92
VCO <sub>2</sub>			
ml/min	104,4 ± 63,3	76,3 ± 33,5	92,5 ± 37,4
TO <sub>2</sub>			
ml/min	632,1 ± 185,5	506,8 ± 287,3	466,8 ± 218,8
C(a-v)O <sub>2</sub>	2,99 ± 1,10	3,79 ± 1,00	4,01 ± 1,30
vol%			

FC = frequência cardíaca; PAM = pressão arterial sistêmica média; PAD = pressão média do átrio direito; PAP = pressão média da artéria pulmonar; Pcp = pressão média do capilar pulmonar; Q = débito cardíaco; IC = índice cardíaco RVST = resistência vascular sistêmica total; RAP = resistência arteriolar pulmonar; VO<sub>2</sub> = Produção de gás carbônico; TO<sub>2</sub> = transporte de oxigênio; C (a-v)O<sub>2</sub> = diferença artério venosa do conteúdo de oxigênio.

**TABELA II – Parâmetros estudados (média e desvia-padrão) em cães com respiração espontânea (RE), ventilação de alta frequência em jatos (VAFJ) e ventilação compressão positiva intermitente (VPPI).**

	GRUPO II		
	RE (X DP)	VPPI (X DP)	VAFJ (X DP)
PC (bpm)	156 ± 16	156 ± 15	171 ± 31
PA1 (mmHg)	130 ± 18,9	137 ± 15,7	146 ± 17,9
PAD (mmHg)	3,1 ± 1,2	3,4 ± 1,2	4,3 ± 1,4
PAP (mmHg)	14,2 ± 1,2	13,4 ± 1,7	15,8 ± 1,5
Pcp (mmHg)	5,9 ± 2,0	5,3 ± 1,2	7,0 ± 1,3
Q G/min	3,80 ± 1,60	3,07 ± 1,40	2,88 ± 1,20
IC (l/min/m <sup>2</sup> )	4,66 ± 2,12	3,70 ± 1,50	3,47 ± 1,23
RVST			
din. seg. cm <sup>-5</sup>	3393,0 ± 2068,5	4231,6 ± 2036,7	4487,5 ± 1560,0
RAP			
din. seg. cm <sup>-5</sup>	214,4 ± 121,0	270,0 ± 166,3	280,0 ± 109,3
VO <sub>2</sub>			
ml/min	99,4 ± 49,1	116,0 ± 79,4	104,9 ± 60,6
VCO <sub>2</sub>			
mm/min	83,6 ± 43,3	98,6 ± 82,3	77,7 ± 57,5
TO <sub>2</sub>			
ml/min	552,2 ± 157,2	445,0 ± 290,5	459,3 ± 330,1
C(a-v)O <sub>2</sub>	2,78 ± 1,05	3,65 ± 1,10	3,58 ± 0,89
vol %			

FC = frequência cardíaca; PAM = pressão arterial sistêmica média; PAD = pressão média do átrio direito; PAP = pressão média da artéria pulmonar; Pcp = pressão média do capilar pulmonar; Q = débito cardíaco; IC = índice cardíaco RVST = resistência vascular sistêmica total; RAP = resistência arteriolar pulmonar; VO<sub>2</sub> = Produção de gás carbônico; TO<sub>2</sub> = transporte de oxigênio; C (a-v)O<sub>2</sub> = diferença artério venosa do conteúdo de oxigênio.

**TABELA III – Pressões de vias aéreas (médias e desvio padrão) do cães. Pmax = pressão máxima; Pmin; pressão mínima; PM (pressão média).**

	VAFJ			VPPI	
	Pmax (cmH <sub>2</sub> O)	Pmin (cmH <sub>2</sub> O)	PM (cmH <sub>2</sub> O)	Pmax (cmH <sub>2</sub> O)	PM (cmH <sub>2</sub> O)
Grupo I (X DP)	8,6 ± 2,3	4,4 ± 2,0	6,8 ± 1,8	11,4 ± 1,5	5,2 ± 1,5
Grupo II (X DP)	8,4 ± 2,5	3,9 ± 1,6	5,5 ± 1,9	12,1 ± 1,1	5,2 ± 0,8

10,4%. A aplicação do teste de Mann-Whitney mostrou ser essa diferença significativa, o que ocorreu também em referência à passagem da VAFJ para VPPI, cuja variação foi de -15,1%, e em relação com a passagem de VPPI para VAFJ, cuja variação foi de 49,2%.

A Pcp, no grupo I, teve como médias 6,3 ± 2,9; 8,3 ± 3,4; 8,4 ± 4,5 mmHg e no grupo II, 5,9 ± 2,0; 5,3 ± 1,2; 7,0 ± 1,3 mmHg, respectivamente, em cada fase da experiência. Houve diferença estatisticamente significativa na passagem da respiração espontânea para VAFJ, cujo valor foi de 6,3% e em relação à passagem de respiração espontânea para VPPI, cuja variação foi de -1,9%. A variação na passagem de VAFJ para VPPI foi de -0,3% e da passagem de VPPI para VAFJ foi de 35,8%. Essa diferença foi significativa pelo teste de Mann-Whitney.

As médias dos valores do Q no grupo I foram 4,17 ± 1,61; 3,13 ± 2,12; 2,90 ± 1,44 l/min e no grupo II, 3,80 ± 1,60; 3,07 ± 1,40; 2,88 ± 1,20 l/min, respectivamente, em cada fase da experiência. O teste de Friedman mostrou diferença entre os valores obtidos no grupo I, porém o teste dos contrastes não confirmou essa diferença.

Em relação ao IC, ocorreu resultado idêntico; as médias no grupo I foram 4,87 ± 1,60; 3,60 ± 2,24; 3,37 ± 1,55 l/min/m<sup>2</sup> e no grupo II, 4,66 ± 2,71; 3,70 ± 1,50; 3,47 ± 1,23 l/min/m<sup>2</sup>, respectivamente, em cada fase do estudo.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores encontrados para as médias a RVS e Rap nos grupos I e II.

O VO<sub>2</sub> apresentou as médias, no grupo I de 119,1 ± 50,9; 108,6 ± 53,9; 101,5 ± 92,0 ml/min e no grupo II de 99,4 ± 49,1; 116,0 ± 79,4; 104,9 ± 60,6 ml/min, respectivamente em cada período. Foi significativa estatisticamente a variação na passagem de VAFJ para VPPI, que foi de + 22,5%, em relação à passagem de VPPI para VAFJ, cuja variação foi de -0,9%. Quanto às médias dos valores da VCO<sub>2</sub>, não houve diferença significativa entre os valores analisados em ambos os grupos. Por outro lado, o TO<sub>2</sub> apresentou, no grupo I, médias de 632,1 ± 185,5; 506,8 ± 287,3; 466,8 t 218,8 ml/min e no grupo II, de 525,2 ± 157,2; 445,0 ± 290,5; 459,3 ± 330 1 ml/min, respectivamente, em cada fase. No grupo I, pelo teste de Friedman, houve diferença significativa entre os valores. O teste dos contrastes confirmou essa diferença entre respiração espontânea a

## VAFJ.

Em relação às PVa, no grupo I, sob VAFJ, a média das pressões máximas foi de  $8,6 \pm 2,3$  cmH O, a das pressões mínimas foi de  $4,4 \pm 2,0$  cmH O e a das pressões médias foi de  $6,8 \pm 1,8$  cmH O; sob VPPI, a média das pressões máximas foi de  $11,4 \pm 1,5$  cmH O. No grupo II, sob VPPI, a média das pressões máximas foi de  $12,1 \pm 1,1$  cmH O e a das pressões médias foi de  $5,2 \pm 0,8$  cmH O; sob VAFJ, a média das pressões máximas foi de  $8,4 \pm 2,5$  cmH O, a das pressões mínimas foi de  $3,9 \pm 1,6$  cmH O e das pressões médias foi de  $5,5 \pm 1,9$  cmH O. No grupo II, as pressões máximas de vias aéreas foram maiores na VPPI, em relação à VAFJ, sendo essa diferença estatisticamente significativa.

## DISCUSSÃO

No presente trabalho, foi utilizada a frequência de 200 jatos/min porque, utilizando o mesmo aparelho, Lobato<sup>8</sup> obteve melhor troca gasosa pulmonar quando comparou 200 jatos/min com frequências maiores. Colgam e col.<sup>16</sup>, testando frequências respiratórias que variaram de 10 a 1300 jatos/min, concluíram que praticamente nenhum benefício se obtinha empregando-se níveis acima de 200 jatos/min.

Os animais foram mantidos com aporte adequado de líquido durante a fase de ventilação mecânica. Isso garantiu que, se ocorressem alterações hemodinâmicas, não seriam decorrentes de hipovolemia. A análise pelos níveis de hemoglobina revelou que não houve, no decorrer da experiência, alterações que pudessem traduzir hemoconcentração ou hemodiluição.

O emprego experimental da VAPJ em cães, utilizando frequências de 20 a 200 jatos/min, demonstrou ocorrer troca gasosa satisfatória com pico de pressão intratraqueal menor do que 8,0 mmHg. Observou-se com esse tipo de ventilação o surgimento de uma pressão positiva no final da expiração, quando se empregam frequências maiores do que 160 jatos/min. No entanto, utilizando-se frequências maiores do que 400 jatos/min, há diminuição da oxigenação arterial e inadequada eliminação de gás carbônico<sup>17</sup>. A VAPJ vem sendo divulgada como um método de ventilação mecânica que permite adequada troca gasosa com menor pressão nas vias aéreas, menor repercussão hemodinâmica, não havendo interferência com a respiração espontânea e preservando a capacidade de manter ventilação satisfatória, mesmo na presença de grande fístula broncopleurálica<sup>6</sup>.

A VPPI tem contra si o argumento de ser um procedimento antifisiológico, pois inverte radicalmente o regime pressórico atuante no tórax durante a inspiração, o qual passa de negativo a positivo. A positividade e o nível de pressão na fase inspiratória implicam pelo menos duas repercussões importantes do ponto de vista hemodinâmico: diminuição do retorno venoso ao coração, e dificuldade à perfusão capilar

pulmonar<sup>18</sup>.

Em nossos animais, os níveis pressóricos necessários para a ventilação com o emprego de VPPI foram idênticos aos encontrados na literatura<sup>19</sup>. Como podemos observar na tabela III, os níveis de pressão máxima de vias aéreas obtidos com VAFJ são menores que os registrados com VPPI. Essa é uma das vantagens da VAFJ, o que resultaria em menor risco de barotrauma e menor repercussão hemodinâmica. Entretanto, em nosso experimento a VAFJ manteve uma pressão positiva no final da expiração. O comportamento da VAFJ, portanto, mimetiza a respiração mecânica com pressão positiva contínua, a qual mantém uma pressão positiva no final da expiração (PPE).

Em relação à pressão média das vias aéreas, não houve diferença entre os valores obtidos quando comparamos esses dois tipos de ventilação. Esse resultado é esperado desde que apesar do menor nível da pressão inspiratória produzida na VAFJ, a PPE eleva a pressão média a níveis equivalentes aos observados na VPPI.

O débito e o índice cardíaco diminuíram em ambos os grupos no decorrer da experiência. O comportamento desses parâmetros foi idêntico nas duas condições ventilatórias estudadas. A pressão arterial média e a frequência cardíaca apresentaram variações mínimas. A resistência vascular sistêmica aumentou no decorrer da experiência, embora não tenha havido significância estatística nessa variação. Esse foi, provavelmente, o responsável pela manutenção dos níveis da pressão arterial média, já que houve diminuição do débito cardíaco. Tanto o débito cardíaco, como a pressão arterial média e a resistência vascular sistêmica total não apresentaram variações significativas quando passaram de VAFJ para VPPI e vice-versa. Depreendemos disso que ambas as atitudes terapêuticas são idênticas com relação a esses índices.

A diferença do conteúdo artério venoso de oxigênio aumentou com o emprego de ambos os tipos de ventilação mecânica, acompanhando inversamente as variações do débito cardíaco. Isso é facilmente compreensível, já que não ocorreu variação significativa no consumo de oxigênio nos animais durante a experiência. A diminuição no transporte de oxigênio, cujo comportamento foi idêntico em ambos os tipos de ventilação, está relacionada à diminuição do débito cardíaco. Todavia, essas alterações não devem ter sido de magnitude suficiente para alterar a produção de gás carbônico, que praticamente não variou.

A pressão média do átrio direito aumentou no transcorrer da pesquisa. Verificamos que existe um acréscimo do seu valor quando passamos de qualquer condição ventilatória para VAFJ. Lembrando que a VAFJ mantém um nível de PPE, poderemos admitir como sendo esse o fator responsável pelo comportamento

observado.

O uso da ventilação mecânica determina hiperpressão alveolar, com conseqüente compressão dos vasos pulmonares perialveolares, o que pode ser responsável pela elevação da resistência vascular pulmonar. Nossos resultados mostraram maior tendência à elevação da resistência vascular pulmonar total, sendo esse fato decorrente, provavelmente, do aumento da pressão das vias aéreas. Apesar da PPE encontrada na VAFJ, não houve diferença em seu comportamento em relação a esse parâmetro, quando comparada à ventilação com pressão positiva intermitente.

Em relação à pressão capilar pulmonar, observamos o seu aumento em ambos os tipos de ventilação; se por um lado ocorreu diminuição do débito cardíaco, contribuindo para a diminuição da pressão capilar pulmonar, por outro houve aumento da pressão intratorácica, determinando uma ação direta sobre a superfície do átrio esquerdo; esse, sendo uma estrutura de alta complacência, permite a elevação de seu nível pressórico com conseqüente aumento da pressão capilar. Acreditamos ser esse o fator responsável pelas alterações encontradas.

A pressão média da artéria pulmonar praticamente não apresentou alterações no decorrer da experiência. Como a pressão é resultante do produto do débito cardíaco pela resistência vascular, podemos concluir que, apesar da diminuição do débito, a pressão se manteve praticamente inalterada em função do aumento da resistência vascular pulmonar observada, o que, por sua vez, resultou do aumento da pressão das vias aéreas.

A análise dos diversos parâmetros estudados nos permitiu concluir que as alterações da hemodinâmica sistêmica e pulmonar foram equivalentes em ambos os tipos de ventilação, tendo como fator determinante a elevação das pressões de vias aéreas.

#### SUMMARY

The authors studied adverse systemic and pulmonary e circulatory effects of high-frequency jet ventilation (HFJV) as compared to IPPB, in normal dogs. The machine used for HFJV was a M-995 Takaoka and for IPPB a Mark 7 Bird ventilator. Cardiac rate, mean systemic arterial pressure, mean atrial pressure, mean pulmonary artery pressure, mean pulmonary wedge pressure, cardiac output, cardiac index, systemic and pulmonary vascular resistance  $O_2$  uptake,  $CO_2$  production,  $O_2$  deliveries,  $A-V$  difference and airway pressures were

analyzed. There was a decrease in cardiac output, when the dogs were under mechanical ventilation than in spontaneous breathing. Despite a lower end-expiratory pressure under HFJV, it was not sufficient to produce adverse hemodynamic effects different from those with IPPB

#### REFERÊNCIAS

1. Klain, M.; Smith, R. B. - High-frequency percutaneous transtracheal jet ventilation. *Crit. Care Med.* 5: 280, 1977.
2. Smith, R. B. - Transtracheal ventilation during anesthesia. *Anesth. Analg.* 53: 225, 1974.
3. Robinson, J. L. - *Basic Fluid Mechanics*. New York, McGraw Hill, 1963, p. 85.
4. Babinski, M.; Smith, R. B.; Klain, M. - High-frequency jet ventilation for laryngoscopy. *Anesthesiology*, 52: 178, 1980.
5. Carlon, G. C.; Ray Jr., C.; Pierrri, M. K.; Groeger, J.; Nowland, W. - High-frequency jet ventilation: theoretical considerations and clinical observations. *Chest*, 81: 350, 1982.
6. Carlon, G. C.; Ray Jr., C.; Klain, M.; McCormack, P. M. - High-frequency positive pressure ventilation in management of a patient with bronchopleural fistula. *Anesthesiology*, 52: 160, 1980.
7. Carlon, G. C.; Kahn, R. C.; Howland, W. S.; Ray Jr., C.; Turnbull, A. D. - Clinical experience with high frequency jet ventilation. *Crit. Care Med.* 9: 1, 1981.
8. Lobato, J. E. - Comparação entre ventilação com pressão positiva intermitente e ventilação de alta frequência em jatos. Estudo experimental em cães. São Paulo, 1984. (Tese de doutoramento apresentada à Escola Paulista de Medicina).
9. Nery, L. E. - Influência dos corticosteróides e da respiração com pressão positiva expiratória na evolução da embolia gordurosa pulmonar provocada pelo ácido oleico. Estudo experimental em cães. São Paulo, 1977. (Tese de doutoramento apresentada à Escola Paulista de Medicina).
10. Guyton, D. C.; Jones, C. E.; Coleman, T. G. - *Circulatory Physiology: Cardiac Output and its Regulation*. 2nd Edition. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1973.
11. Guyton, A. C. - *Circulatory Physiology I: Cardiac Output and its Regulation*. London, Saunders, 1963.
12. Yang, S. S.; Bentivoglio, L. G.; Maranhão, V.; Goldeberg, H. - *Cardiac Catheterization Data to Hemodynamic Parameters*. Philadelphia, Davis, 1972.
13. Howell, C. D.; Horvath S. M. - Reproducibility of cardiac output measurements in the dog. *J. appl. Physiol.* 14: 421, 1959.
14. West, J. B. - *Respiratory Physiology - The Essentials*. USA. Williams & Wilkins, Co., 1974.
15. Siegel, S. - *Estadística no Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta*. 2.ª Ed. Mexico, Trillas, 1975.
16. Congan, F. J.; Tenexck, L. G.; Sawa, T. - Ventilatory requirements during high frequency ventilation in dogs. *Anesth. Analg.* 61: M,75, 1982.
17. Smith, R. B.; Klain, M.; Babinski, M. - Limits of high frequency percutaneous transtracheal jet ventilation using a fluidic logic controlled ventilator. *Can. Anaesth. Soc. J.* 27 351, 1980.
18. Rigatto, M. - *Fisiopatologia da Circulação pulmonar*. São Paulo. Byk Prociex, 1976.
19. Pinheiro, J. A. - Estudo da função pulmonar em cães anestesiados e ventilados com pressão positiva, inspiratória intermitente. São Paulo, 1978. (Tese do Mestrado apresentada à Escola Paulista de Medicina).