

# Correlação entre o Consumo de Oxigênio Obtido pelo Método de Fick e pela Calorimetria Indireta no Paciente Grave

Flávio Marson, Maria Auxiliadora Martins, Francisco Antonio Coletto, Antonio Dorival Campos, Anibal Basile-Filho

Ribeirão Preto, SP

**Objetivo** - Correlacionar o índice de consumo de oxigênio medido através da calorimetria indireta ( $VO_2 I_{DELTA}$ ) às medidas calculadas pela equação reversa de Fick ( $VO_2 I_{FICK}$ ) em pacientes graves, vítimas de trauma ou sepse.

**Métodos** - Analisados 14 pacientes vítimas de trauma ( $n=5$ ) ou sepse ( $n=9$ ), com média de idade de  $39,4 \pm 5,4$  anos, sendo 10 homens e 4 mulheres, APACHE II de  $21,3 \pm 1,8$ , ISS de  $24,8 \pm 6$ , Sepsis Score de  $19,6 \pm 2,3$ , com risco de óbito calculado pelo APACHE II de  $41,9 \pm 7,1\%$ , submetidos à ventilação mecânica e monitorização hemodinâmica invasiva com cateter de Swan-Ganz e realizadas, pelos dois métodos, 4 séries de medidas do  $VO_2 I (T_1 \text{ a } T_4)$ .

**Resultados** - Houve uma boa correlação entre os dois métodos ( $r = 0,77$ ), para a média das quatro medidas seriadas. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos nos tempos  $T_1$  ( $VO_2 I_{DELTA} = 138 \pm 28$  e  $VO_2 I_{FICK} = 159 \pm 38 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2$ ,  $p = 0,10$ ) e  $T_3$  ( $VO_2 I_{DELTA} = 144 \pm 26$  e  $VO_2 I_{FICK} = 158 \pm 35 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2$ ,  $p = 0,14$ ). Houve diferença significativa nos tempos  $T_2$  ( $VO_2 I_{DELTA} = 141 \pm 27$  e  $VO_2 I_{FICK} = 155 \pm 26 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2$ ,  $p = 0,03$ ) e  $T_4$  ( $VO_2 I_{DELTA} = 145 \pm 24$  e  $VO_2 I_{FICK} = 162 \pm 26 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2$ ,  $p = 0,01$ ).

**Conclusão** - A calorimetria indireta é um método não invasivo, isento de complicações, que pode ser usado para avaliação do consumo de oxigênio no paciente grave de forma tão eficaz quanto à equação reversa de Fick.

**Palavras-chave:** consumo de oxigênio, trauma, sepse

A determinação seriada do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) é útil para se monitorar a disfunção do sistema circulatório e sua resposta a alguma intervenção terapêutica. Embora o transporte de oxigênio ( $DO_2$ ) para os tecidos possa estar adequado, não garante o seu aproveitamento pela célula, pois os distúrbios da microcirculação, como observado em pacientes sépticos ou politraumatizados, poderão dificultar sua captação<sup>1</sup>.

Embora a análise dos diversos parâmetros obtidos pela monitorização hemodinâmica invasiva (cateter de Swan-Ganz) seja útil para os casos de maior complexidade, a obtenção do  $VO_2$  depende da análise gasométrica do sangue arterial e venoso central, da mensuração da concentração de hemoglobina sérica e de sua saturação de oxigênio. Assim, o  $VO_2$  é calculado pela diferença arteriovenosa do conteúdo de oxigênio multiplicado pelo débito cardíaco. Uma outra maneira de se calcular o  $VO_2$  é através da calorimetria indireta, onde o seu consumo é quantificado pela análise das trocas gasosas respiratórias, obtido de forma não invasiva e também seriada. O objetivo do nosso estudo foi o de correlacionar o consumo de oxigênio obtido pelo método de Fick e pela calorimetria indireta no paciente grave.

## Métodos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Foi realizado um estudo prospectivo em pacientes graves, vítimas de trauma ou sepse, de ambos os sexos, com necessidade de ventilação mecânica prolongada (mais de 3 dias) e de monitorização hemodinâmica invasiva, admitidos no Centro de Terapia Intensiva do Hospital Universitário. Os critérios de exclusão foram: a contra-indicação clínica para monitorização hemodinâmica invasiva, idade >80 anos e <15 anos, a necessidade de fração de oxigênio no ar inspirado ( $FiO_2$ ) > 0,6, pressão arterial média < 50 mmHg, frequência cardíaca < 50 ou > 140 bpm, presença de fístula aérea bronco-pleural, choque circulatório irreversível, morte encefálica e, finalmente, recusa do paciente ou de seu responsável legal em participar do estudo. As indicações de

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP  
Correspondência: Anibal Basile-Filho - Av. Bandeirantes, 3900 - Cep 14049-900  
Ribeirão Preto, SP - E-mail: abasile@fmrp.usp.br  
Projeto de Pesquisa Financiado pela FAPESP 99/07266-7 (A.B.F.)  
Recebido para publicação em 2/12/02  
Aceito em 5/6/03

monitorização hemodinâmica invasiva foram: avaliação da instabilidade hemodinâmica, monitorização da reposição volêmica em pacientes com doença cardiopulmonar ou renal e monitorização durante a ventilação mecânica com valores de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) maiores que 10 cm de H<sub>2</sub>O. A monitorização hemodinâmica invasiva foi feita através da inserção de um cateter de Swan-Ganz na artéria pulmonar, através de punção da veia jugular interna ou subclávia, de preferência pelo lado direito. Ocorrendo a estabilização respiratória e hemodinâmica do paciente em até 3 dias da internação no centro de terapia intensiva, os pacientes foram incluídos no estudo.

Todos os pacientes foram estratificados de acordo com o sistema APACHE II (*Acute Physiologic and Chronic Health Evaluation II*)<sup>2</sup>, em caso de trauma foram classificados pelo ISS<sup>3</sup> (*Injury Severity Score*) e, em caso de sepse, pelo sistema de graduação de sepse (SS - *Sepsis Score*)<sup>4</sup>, no primeiro dia da internação no CTI. Os critérios de sepse/choque séptico seguiram o modelo definido pela Conferência de Consenso promovida pelos membros do *American College of Chest Physicians* (ACCP) em associação com a *Society of Critical Care Medicine* (SCCM)<sup>5</sup>, em 1991, a saber: a) uma resposta sistêmica à infecção evidenciada por 2 ou mais dos seguintes dados: temperatura >38 °C ou <36 °C, frequência cardíaca >90 bpm, frequência respiratória >20 respirações por minuto ou PaCO<sub>2</sub> <32 mmHg, leucócitos >12.000 células/mm<sup>3</sup> ou <4.000 células/mm<sup>3</sup> ou presença de mais de 10% de formas jovens (bastões); b) hipotensão com pressão arterial sistólica <90 mmHg ou uma redução >40 mmHg do basal apesar de reposição volêmica adequada, juntamente com anormalidades da perfusão periférica, que podem incluir acidose láctica, oligúria ou alteração aguda da consciência. Para os casos de trauma também foi calculado o TRISS (*Trauma and Injury Severity Score*)<sup>6</sup>, que estima a probabilidade de sobrevivência baseado nas características anatômicas e fisiológicas do paciente. O peso dos pacientes foi obtido através de estimativa baseada no índice de massa corpórea de acordo com a idade.

Foram estudados 14 pacientes, 10 homens e 4 mulheres, com idade média de 39,4 ± 5,4 anos. Nos pacientes com sepse (n = 9 ou 64,3% do total), 5 (55,6%) eram do sexo masculino e o SS foi de 19,6 ± 2,3. Nos pacientes vítimas de trauma, todos eram homens representando 35,7% do total de pacientes. O ISS foi de 24,8 ± 6,0. O peso corporal médio de toda a casuística foi de 65,6 ± 1,7 kg e a altura de 167,1 ± 2,2cm. O índice APACHE II de todos os pacientes, no dia da admissão no CTI foi de 21,3 ± 1,8 e o risco de óbito geral, calculado a partir do APACHE II, de 41,9 ± 7,1%.

Todos os pacientes foram ventilados mecanicamente com ventilador mecânico microprocessado (BIRD 8400 STi® - Bird Prod. Corp., EUA ou SERVO 900C®, Siemens Elema, Suécia). Os pacientes foram ventilados no modo volume-controlado, com volume corrente de 8 a 10 mL.kg<sup>-1</sup>, numa frequência de 12 a 16 respirações por minuto, com FiO<sub>2</sub> (fração de oxigênio no ar inspirado) menor que 0,6. A detecção de vazamento de ar no circuito do respirador ou pelo tubo endotraqueal foi feita por observação rigorosa tanto vi-

sual quanto auditiva e pela observação dos valores do quociente respiratório fornecidos pelo calorímetro que, estando fora da faixa de 0,5 a 1, representava uma possibilidade de vazamento de ar no circuito interno ou externo.

As medidas de consumo de oxigênio foram obtidas em todos os pacientes com o calorímetro portátil (Deltatrac II® *Metabolic Monitor* - Datex-Ohmeda, Finlândia). Foi realizada uma calibração inicial, antes do protocolo de estudo, com o teste de queima do álcool, de acordo com especificações do fabricante. Antes de cada estudo, o calorímetro foi aquecido por 30min e a seguir calibrado com uma mistura conhecida de gases contendo 5% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e 95% de O<sub>2</sub>. A linha de coleta de gases inspiratórios foi posicionada na saída do sistema de umidificação e aquecimento do respirador. Todo o ar expirado foi coletado da via expiratória (expurgo) do respirador. Todos estes procedimentos foram realizados, de acordo com as especificações fornecidas pelo fabricante.

Com o paciente estável, em ambiente calmo, sem manipulação das vias aéreas nem dos parâmetros do respirador, durante pelo menos 30min, foram feitas 30 medições minuto a minuto do VO<sub>2</sub> (mL.min<sup>-1</sup>). Ao final de cada período de 30 min era calculada a média e o desvio padrão do VO<sub>2</sub>. As quatro séries de medidas hemodinâmicas foram iniciadas em seguida a cada período de estudo de calorimetria indireta. O delineamento do estudo encontra-se esquematizado na figura 1.

As pressões arterial periférica, arterial pulmonar e venosa central foram monitorizadas com módulos de pressão invasiva (DIXTAL 2010- Biomédica Ind. e Com. LTDA, Brasil). Os transdutores de pressão invasiva foram posicionados ao nível da linha axilar média, no 4º espaço intercostal.

A monitorização hemodinâmica invasiva foi feita inserindo-se um cateter de Swan-Ganz (Baxter Healthcare Corp., EUA) calibre 7 French na artéria pulmonar. O posicionamento adequado do cateter de Swan-Ganz foi confirmado através de uma radiografia de tórax na incidência ântero-posterior.

O débito cardíaco foi medido através da técnica de termodiluição, utilizando-se um computador (DIXTAL 2010- Biomédica Ind. e Com. LTDA, Brasil). Foram realizadas 4 injeções consecutivas de solução salina a 0,9% gelada, com temperatura variando entre 0 e 5 graus Celsius (°C), num tempo menor do que 4s, na fase expiratória do ciclo respiratório. O valor obtido foi dado em litros por minuto e indexado à superfície corporal total (índice cardíaco em L.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>)

Conhecendo-se o índice cardíaco, a concentração de hemoglobina (Hb) em g.dL<sup>-1</sup> e outras variáveis da equação de Fick, obtidas através das gasometrias arterial e venosa mista, como a pressão parcial de oxigênio arterial, a saturação de oxigênio arterial, a pressão parcial de oxigênio venoso misto e a saturação de oxigênio venoso misto (PaO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, PvO<sub>2</sub> e SvO<sub>2</sub>, respectivamente) calculou-se o VO<sub>2</sub>I (mL.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>). A pressão parcial dos gases foi dada em mmHg e a saturação de oxigênio em porcentagem (%).

Foram realizadas quatro medidas comparativas do índice de consumo de oxigênio entre calorimetria indireta (VO<sub>2</sub>I<sub>DELTA</sub>) e pelo método de Fick (VO<sub>2</sub>I<sub>FICK</sub>).

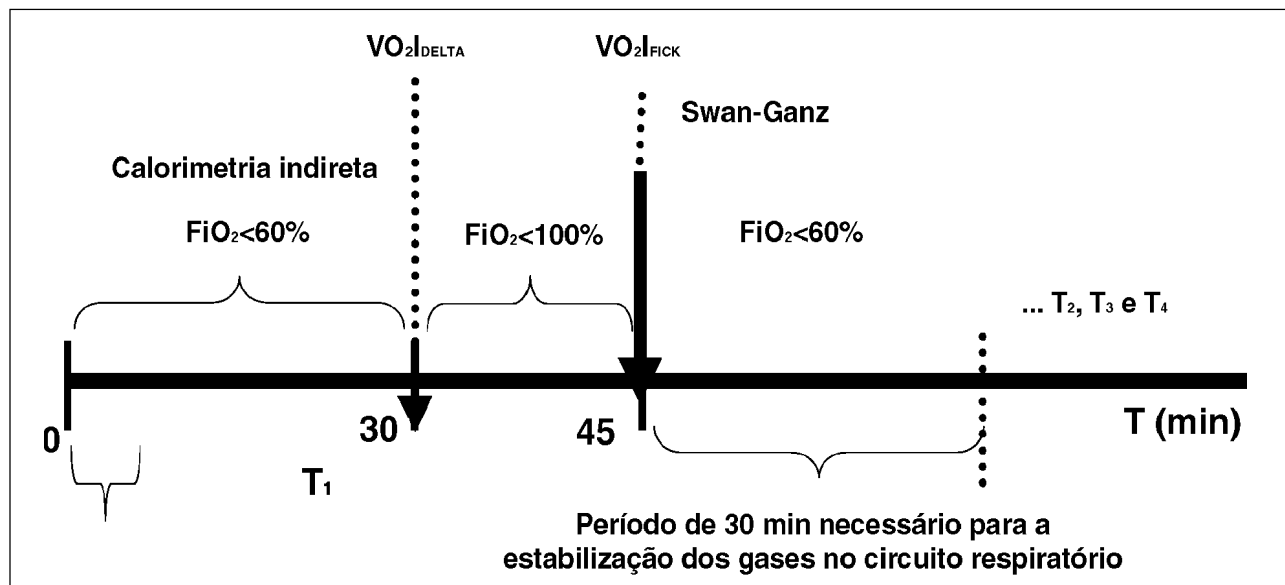


Fig. 1 - Delineamento do estudo comparativo entre o consumo de oxigênio pela calorimetria indireta e método de Fick.

A análise estatística levou em consideração a correlação entre os valores das médias das quatro medidas seriadas de índice de consumo de oxigênio entre todos os pacientes pelos dois métodos (calorimetria indireta e equação de Fick). A comparação entre os dois métodos foi realizada através do teste não-paramétrico de Wilcoxon, baseada na hipótese nula ( $VO_{2I\text{-DELTA}}$  igual ao  $VO_{2I\text{-FICK}}$ ) e com intervalo de confiança de 95% ( $\alpha = 0,05$ ). Foram consideradas significativas as diferenças com  $p < 0,05$ .

## Resultados

Houve uma boa correlação entre os dois métodos ( $r = 0,77$ ), conforme visualizado na figura 2.

Nos pacientes com sepse, a mortalidade foi de 55,6% contra um risco de óbito calculado a partir do APACHE II de  $51,8 \pm 8,6\%$ . Nos pacientes traumatizados, a mortalidade

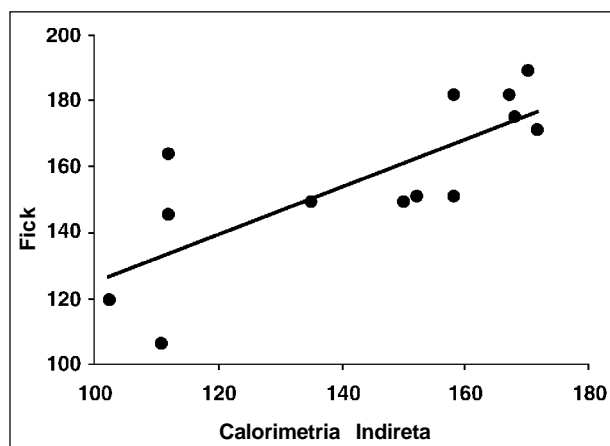


Fig. 2 - Correlação entre as médias dos valores seriados dos índices de consumo de oxigênio medido pela calorimetria indireta e pelo método de Fick ( $r = 0,77$ ). Valores expressos em  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2$ .

foi nula (risco APACHE II de  $24,8 \pm 6\%$  e TRISS de  $68,3 \pm 13,3\%$ ). A mortalidade geral foi de 35,7% (risco APACHE II de  $41,9 \pm 7,1\%$ ).

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos nas medidas de  $VO_{2I}$  nos tempos  $T_1$  e  $T_3$  ( $p = 0,10$  e  $p = 0,14$ , respectivamente). No entanto, nos tempos  $T_2$  e  $T_4$  houve diferença estatística entre os dois métodos ( $p = 0,03$  em  $T_2$  e  $p = 0,01$  em  $T_4$ ). A diferença média entre as medidas nos tempos  $T_1$  a  $T_4$  ( $T_{1\text{FICK}} - T_{1\text{DELTA}}$ ,  $T_{2\text{FICK}} - T_{2\text{DELTA}}$ ,  $T_{3\text{FICK}} - T_{3\text{DELTA}}$  e  $T_{4\text{FICK}} - T_{4\text{DELTA}}$ ) foi de  $17 \pm 4 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2$  ( $10 \pm 2\%$ ). Os valores de  $VO_{2I}$  obtidos pela calorimetria indireta e pelo método de Fick, nos tempos  $T_1$  a  $T_4$ , são mostrados na tabela I.

## Discussão

A finalidade deste estudo foi correlacionar o  $VO_{2I}$  obtido pelo método de Fick e pela calorimetria indireta em pacientes graves, vítimas de trauma múltiplo ou sepse. O método de Fick para a monitorização do  $VO_{2I}$  ainda é o mais utilizado em terapia intensiva. Como é invasivo, torna-se necessária a inserção de um cateter de Swan-Ganz na artéria pulmonar por acesso venoso central e está associado a várias complicações bem documentadas<sup>6</sup>.

Tabela I - Índices de consumo de oxigênio ( $VO_{2I}$ ) obtidos pelos diferentes métodos nos tempos  $T_1$  a  $T_4$  (DP = desvio padrão) e a diferença média entre as medidas

$VO_{2I}$ ( $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2$ )	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4
Calorimetria indireta				
média $\pm$ DP	$138 \pm 28$	$141 \pm 27$	$144 \pm 26$	$145 \pm 24$
variação	91 - 176	94 - 174	102 - 183	112 - 170
Método de Fick				
média $\pm$ DP	$159 \pm 38$	$155 \pm 26$	$158 \pm 35$	$162 \pm 26$
variação	102 - 211	108 - 185	94 - 240	117 - 207
$VO_{2I\text{FICK}} - VO_{2I\text{DELTA}}$	21	14	14	17

A calorimetria indireta é um outro método disponível para a medição do  $VO_2$ , não invasivo, isento de complicações e obtido através de um calorímetro portátil conectado a um respirador. Sendo um equipamento de alto custo, este método exige profissionais treinados a fim de se obter medidas calorimétricas adequadas. Estes cuidados incluem: calibração do equipamento de maneira apropriada antes de cada uso, análise cuidadosa dos resultados e realização de testes *in vitro*, com queima de álcool, periodicamente<sup>7</sup>.

A correlação entre a média das quatro medidas seriadas foi de  $r = 0,77$ . No entanto, na análise por períodos, em  $T_1$  e  $T_3$  não foram encontradas diferenças significativas entre os dois métodos. Nos tempos  $T_2$  e  $T_4$ , houve uma pequena diferença significativa entre os dois métodos, variando de 14 a 17 mL.min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, o que pode representar muito pouco na prática clínica. Neste estudo, alguns fatores podem ter interferido na acurácia das medidas de calorimetria indireta, como a utilização de dois modelos diferentes de ventiladores mecânicos, apesar de serem modelos similares quanto aos seus recursos disponíveis e terem demonstrado estabilidade nos parâmetros de  $FiO_2$  e volume minuto em todo o estudo. É possível que as diferenças encontradas em dois períodos de medição ( $T_2$  e  $T_4$ ) reflitam apenas uma variação, perfeitamente normal e temporal, encontrada em estudos de curta duração. Razão pela qual a maioria dos estudos ainda realiza estes testes comparativos de duração não inferior a 2h ou 2 medições, a fim de reduzir as discrepâncias em certas medições, que pelas considerações tecidas acima podem muito bem ocorrer, porém não invalidando nenhum dos dois métodos<sup>8-12</sup>.

Embora a mortalidade global da casuística tenha sido muito próxima àquela prevista pelo índice APACHE II, não foi possível associar uma maior mortalidade à baixa capacidade de extrair oxigênio (baixo  $VO_2I$ ) por nenhum dos dois métodos. Apesar de vários trabalhos terem sido realizados em pacientes graves, ainda não há definições claras do uso da calorimetria nesses casos, embora este método seja defendido como forma de monitorização mais adequada do consumo de oxigênio e da adequação das suas necessidades calóricas. Nesse particular, vários estudos comparativos entre os dois métodos, em diversas situações clínicas, mostraram que a calorimetria indireta é fidedigna para a obtenção do  $VO_2$  (tab. II).

Não se deseja, contudo, com estes resultados, substituir um método de medição da  $VO_2$  tradicional e de uso mais rotineiro (cateter de Swan-Ganz) pela calorimetria indireta. Alguns parâmetros hemodinâmicos são muito úteis na avaliação das condições cardiocirculatórias do doente grave e somente possíveis de serem obtidos com a introdução de um cateter na artéria pulmonar como, por exemplo, a pressão de oclusão da artéria pulmonar. A necessidade de uma familiaridade e treinamento maiores com este novo equipamento de alto custo são, certamente, fatores limitantes ao seu uso rotineiro, porém fundamental para que se aprofundem as pesquisas e as validações técnicas com calorimetria indireta no nosso meio, uma vez que é um equipamento de uso relativamente recente, enquanto que a monitorização hemo-

dinâmica invasiva é um procedimento já bem padronizado nas UTIs, desde a década de 70.

Outro ponto a ser considerado é que o método de Fick parte de uma equação utilizando vários parâmetros que são medidos, como o débito cardíaco por termodiluição e os conteúdos arterial e venoso misto de  $O_2$ , determinando erros matemáticos cumulativos. Alguns destes parâmetros também são utilizados para o cálculo da oferta de oxigênio. Assim, o  $VO_2$  calculado pelo método de Fick pode ter um coeficiente de variação de até 15%<sup>16</sup>. Esta variação forma a base da recomendação geral de que o  $VO_2$  calculado deve se alterar pelo menos 15% para ser considerado uma mudança fisiológica significativa.

Diferenças importantes de  $32 \pm 2\%$  ( $p < 0,001$ ) foram encontradas entre os valores de  $VO_{2DELTA}$  e  $VO_{2FICK}$ <sup>7</sup>. No entanto, após rigorosa reinspeção dos métodos e dos equipamentos, os autores verificaram vazamento interno do calorímetro. No presente estudo, um caso foi excluído após a constatação de vazamento, porém no circuito externo do respirador (a falha foi constatada somente ao final do estudo). Em pacientes submetidos a cirurgia cardíaca, houve uma maior precisão no  $VO_2$  obtido por calorimetria indireta do que nos valores obtidos pelo método de Fick, embora as variações observadas tenham sido relacionadas, principalmente, ao método de medição do débito cardíaco, ou seja, as maiores variações ocorreram devidas à temperatura do líquido injetado e à fase do ciclo respiratório na qual foram feitas as medições.

Erros muito parecidos entre o  $VO_{2FICK}$  e  $VO_{2DELTA}$  (5% e 4%, respectivamente), foram encontrados<sup>7</sup>, com a diferença de que foi utilizado monitor contínuo de débito cardíaco, ainda não muito bem difundido em nosso meio. No entanto, outro estudo<sup>10</sup> comparou os dois métodos em pacientes vítimas de trauma múltiplo, encontrando, em todas as medidas comparativas, valores significativamente maiores no  $VO_{2DELTA}$ , concluindo que a calorimetria indireta deve ser o método preferencial na medida do  $VO_2$  em pacientes gravemente traumatizados.

As complicações sépticas após cirurgias ou traumas acham-se associadas a maiores taxas metabólicas. Em pacientes com sepse ou choque séptico, os valores do  $VO_2$ , ao contrário do que se poderia esperar, estão relativamente diminuídos, frente às maiores necessidades metabólicas, pela ativação de mecanismos de defesa do organismo e, também, pela febre. As medidas de trocas gasosas devem ser suficientemente longas para assegurar uma interpretação correta dos resultados obtidos, evitando os períodos de condições instáveis, como por exemplo, alterações de parâmetros do ventilador mecânico e aspirações traqueais. Neste sentido, é muito importante o número e a duração das medidas necessárias para se atingir estimativas do gasto energético diário. Embora ainda não haja uma padronização da duração e nem do número de medidas diárias por calorimetria indireta, alguns estudos apontam para a conveniência das medidas de curta duração, variando de cinco a 30min<sup>18,19</sup>. Duas medidas diárias de 15min são suficientes para se estimar o gasto energético de 24h com erro de 4%. Para fins clínicos é aceitável a extrapolação do gasto energético de 24h a partir

Tabela II - Resumo de alguns estudos comparando o consumo de oxigênio pela calorimetria indireta e método Fick ( $^{*}VO_2$  em mL.min<sup>-1</sup>), incluindo-se o presente estudo

Estudo	Número de pacientes	Tipo de pacientes	VO <sub>2</sub> I <sub>2</sub> calorimetria (mL.min <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> )	VO <sub>2</sub> I <sub>2</sub> FICK (mL.min <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> )	Diferença entre os 2 métodos (%)
Bizouarn, 1992 <sup>8</sup>	10	Pós-Cirurgia Cardíaca	153 ± 17	120 ± 27	22
Brandi, 1992 <sup>13</sup>	26	Graves	151 ± 26	145 ± 29	4
Myburgh, 1992 <sup>14</sup>	20	Graves	308 ± 64*	284 ± 72*	8
Hanique, 1994 <sup>15</sup>	73	Graves	153,9 ± 1,7	154,2 ± 2,3	0
	98	Grave	149,0 ± 1,4	146,8 ± 1,5	1
Cheong, 1997 <sup>9</sup>	30	Cir. cardíaca	129 ± 26	126 ± 16	2
	20	Graves	163 ± 33	145 ± 47	11
Epstein, 2000 <sup>10</sup>	38	Politrauma	170 ± 30	129 ± 46	24
Presente estudo	14	Politrauma ou Sepsis	142 ± 26	158 ± 24	- 11

de medidas realizadas durante 30min<sup>16</sup>. Outro estudo<sup>20</sup> sugeriu que medidas mais curtas, de 5min, são suficientes para medir o gasto energético, se a variação daquelas medidas for menor do que 5%. A principal vantagem de medidas de curta duração seria a possibilidade de monitorização diária em vários pacientes graves, reduzindo os custos do equipamento. No nosso estudo, decidiu-se pela adoção de quatro intervalos de medidas de calorimetria indireta a fim de minimizar possíveis erros causados pela inexperiência no uso do calorímetro e interferências do meio (temperatura, pres-

são e umidade). No entanto, infelizmente, nenhum método de avaliação tanto da oferta quanto do consumo de oxigênio no paciente grave é isento de limitações e críticas.

Em conclusão, os resultados do presente estudo apontam para o fato da existência de uma boa correlação entre o VO<sub>2</sub> obtido pela calorimetria indireta e pelo método de Fick, podendo a calorimetria indireta ser utilizada como método de avaliação desse parâmetro em pacientes graves, de forma tão eficaz quanto a equação reversa de Fick, com a vantagem de ser um método não invasivo, isento de complicações.

## Referências

1. Marino P. Tissue Oxygenation. In: Marino P (Ed). The ICU Book. Baltimore Williams & Wilkins, 1997: 187-203.
2. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, et al. APACHE II: a severity of disease classification system. Crit Care Med 1985; 13:818-29.
3. Baker SP, O'Neill B, Haddon WJR, et al. The Injury Severity Score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. J Trauma 1974; 14:187-96.
4. Elebeute EA, Stoner HB. The grading of sepsis. Br J Surg 1983; 70: 29-31.
5. Members of the American College of Chest Physicians/ Society of Critical Care Medicine Consensus Conference Committee: Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. Crit Care Med 1992; 20: 864-74.
6. Bowyer MW, Bonar JP. Non-infectious complications of invasive hemodynamic monitoring in the Intensive Care Unit. In: Matthay MA, Schwartz DE (Eds). Complications in the Intensive Care Unit. New York: ITP, 1997: 92-122.
7. Bracco D, Chioléro R, Pasche O, et al. Failure in measuring gas exchange in the ICU. Chest 1995; 5: 1046-410.
8. Bizouarn P, Soulard D, Blanloeil Y, et al. Oxygen consumption after cardiac surgery - a comparison between calculation by Fick's principle and measurement by indirect calorimetry. Intensive Care Med 1992; 18: 206-9.
9. Cheong KF, Lee TL. Oxygen consumption - a comparison between calculation by Fick's principle and measurement by indirect calorimetry. Med J Malaysia 1997; 52: 70-5.
10. Epstein CD, Peerless JR, Martin JE, et al. Comparison of methods of measurements of oxygen consumption in mechanically ventilated patients with multiple trauma: the Fick method versus indirect calorimetry. Crit Care Med 2000; 28: 1363-9.
11. Flancbaun L, Choban PS, Sambucco S, et al. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. Am J Clin Nutr 1999; 69: 461-6.
12. Hensel M, Kox WJ. Increased intrapulmonary oxygen consumption in mechanically ventilated patients with pneumonia. Am J Respir Crit Care Med 1999; 160: 137-43.
13. Brandi LS, Grana M, Mazzanti T, et al. Energy expenditure and gas exchange measurements in postoperative patients: thermomodulation versus indirect calorimetry. Crit Care Med 1992; 20: 1273-83.
14. Myburgh JA, Webb RK, Worthley LIG. Ventilation/perfusion indices do not correlate with the difference between oxygen consumption measured by the Fick principle and metabolic monitoring systems in critically ill patients. Crit Care Med 1992; 20: 479-82.
15. Hanique G, Dugernier T, Laterre PF, et al. Evaluation of oxygen uptake and delivery in critically ill patients: a statistical reappraisal. Intensive Care Med 1994; 20: 19-26.
16. Bartlett RH, Dechert RE. Oxygen kinetics: pitfalls in clinical research. J Crit Care 1990; 5: 77-80.
17. Bizouarn P, Blanloeil Y, Pinaud M. Comparison between oxygen consumption calculated by Fick's principle using a continuous thermomodulation technique and measured by indirect calorimetry. Br J Anaesth 1995; 75: 719-23.
18. Frankenfield DC, Sarson GY, Blosser SA, et al. Validation of a 5-minute steady state indirect calorimetry protocol for resting energy expenditure in critically ill patients. J Am Coll Nutr 1996; 15: 397-402.
19. Smyrnios NA, Curley FJ, Shaker KG. Accuracy of 30-minute indirect calorimetry studies in predicting 24-hour energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. J Parenter Enteral Nutr 1997; 21:168-74.
20. Brandi LS, Bertolini R, Calafa M. Indirect calorimetry in critically ill patients: clinical applications and practical advice. Nutrition 1997; 13: 349-58.