

Gasto energético em pacientes sépticos: Correlação entre a calorimetria indireta e as equações preditivas derivadas a partir de dados hemodinâmicos*.

Energy expenditure in septic patients: Correlation between indirect calorimetry and predictive equations derivated from hemodynamic data*.

Anibal Basile-Filho*, Maria Auxiliadora Martins**, Maria Tereza Batiston***, Paula Pileggi Vinha****

ABSTRACT

The objective of the present study is to compare the resting energy expenditure (REE) obtained by indirect calorimetry (DELTA) to the REE calculated by the predictive equations (Brandt and Liggett) using the oxygen consumption (VO_2) obtained by indirect calorimetry or Fick's method in septic patients. Fifteen adult patients (11 men and 4 women) were studied. The APACHE II at admission was 22.6 ± 7.2 , with a mortality risk of $46.1 \pm 27.7\%$. Forty-five VO_2 measurements were made using a portable metabolic cart connected to a respirator and a pulmonary artery catheter. The mean REEs obtained by indirect calorimetry and by Brandt and Liggett equations were 1699 ± 271 , 1815 ± 355 and 1361 ± 277 kcal.day⁻¹, respectively. There were no statistically significant differences between the two methods, with the two means showing a difference of 8.7%. REE values were close for DELTA x BRANDT ($r=0.80$), but the correlation between DELTA x LIGGETT was only 0.58. Usually, in the intensive care setting predictive equation is used to estimate the energy expenditure. The direct method most frequently used to calculate REE is indirect calorimetry, although it can be obtained with a Swan-Ganz catheter. The results suggest that REE can be easily calculated by obtaining VO_2 with the Swan-Ganz catheter using the Brandt equation even for septic patients under mechanical ventilation.

KEYWORDS: Oxygen consumption, resting energy expenditure, indirect calorimetry, sepsis.

Adoença aguda e o seu tratamento alteram, invariavelmente, o metabolismo do paciente em estado crítico, acarretando num aumento ou diminuição de seu gasto energético. Por esta razão, a determinação precisa do gasto energético destes pacientes é obrigatória, sobretudo naqueles recebendo terapia nutricional. Asseguram-se, assim, suas necessidades energéticas, evitando-se as complicações associadas à hiper ou subnutrição, cujas consequências deletérias têm sido bem documentadas^(1,2). Muitos métodos de avaliação do gasto energético no paciente grave foram descritos, porém todos têm limitações. A calorimetria indireta, embora seja, atualmente, considerada um

“padrão ouro” possui limitações técnicas bem conhecidas, tais como: exigência de pessoal treinado com disponibilidade de tempo, necessidade de uma fração de oxigênio inspirado menor do que 0,6 e custo elevado do equipamento^(3,4,5). Por outro lado, os outros métodos existentes referem-se às equações preditivas, tal como a clássica equação de Harris & Benedict⁽⁶⁾, acrescida de vários fatores de estresse, cuja finalidade é prever o custo energético das alterações metabólicas, nessa população de pacientes⁽⁷⁾. Estas equações são largamente utilizadas, pela sua facilidade de execução e a um custo zero. No entanto, estas se mostraram imprecisas numa extensa variedade de situações clínicas bem defi-

*Professor Associado e Chefe da Disciplina de Terapia Intensiva do Departamento de Cirurgia e Anatomia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo.

**Supervisora de Equipe Médica do Centro de Terapia Intensiva - Campus do Departamento de Cirurgia e Anatomia - da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo.

***Médica Residente do Centro de Terapia Intensiva - Campus do Departamento de Cirurgia e Anatomia - da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo.

****Médica Adida (*Research Fellowship*) da Disciplina de Terapia Intensiva do Departamento de Cirurgia e Anatomia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo.

Trabalho apresentado no 32nd Critical Care Congress, San Antonio, EUA, 2003.

Projeto de pesquisa financiado pela FAPESP 99/07266-7.

Centro de Terapia Intensiva - Campus, Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto.

Av. Bandeirantes, 3900 - Ribeirão Preto - SP - CEP 14049-900

E-mail: abasile@fmrp.usp.br (16) 602-2439

nidas, apresentando variações importantes inter e intra-individuais^(8,9,10,11,12).

Outros métodos, muito empregados para calcular o gasto energético, desenvolvidos há algum tempo, baseiam-se na equação de Fick, que utiliza dados hemodinâmicos, como o débito cardíaco, a concentração sérica de hemoglobina, as saturações arterial e venosa mista de oxigênio, obtidas através de um cateter triluminal inserido na artéria pulmonar^(13,14,15,16).

Com base nessas informações, o objetivo do presente estudo é avaliar o gasto energético em pacientes sépticos, através da correlação entre a calorimetria indireta e duas equações preditivas, obtidas a partir de dados hemodinâmicos.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

Este estudo clínico prospectivo foi realizado no Centro de Terapia Intensiva do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, tendo sido obtido o termo de consentimento livre e esclarecido em todos os casos (4989/99 – HCRP). A investigação envolveu 15 pacientes adultos de ambos os sexos (11 do sexo masculino e quatro do sexo feminino), com choque séptico, após restauração volêmica e estabilização hemodinâmica. Os critérios utilizados para o diagnóstico de choque séptico foram os estabelecidos pela conferência de consenso realizada pelo American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine⁽¹⁷⁾. Os critérios de inclusão foram pacientes vítimas de choque séptico do 1º ao 5º dia de evolução, com indicação de monitorização hemodinâmica invasiva. Os critérios de exclusão incluíam: idade > 85 e < 15 anos, necessidade de FiO₂ (fração de oxigênio no ar inspirado) > 0,6, PAM (pressão arterial média) < 50 mmHg, diurese horária < 50 mL.h⁻¹.

Todos os pacientes foram estratificados na admissão na Unidade de Terapia Intensiva de acordo com o índice de gravidade APACHE II⁽¹⁸⁾ e pelo sistema de graduação de sepse⁽¹⁹⁾. Em todos os casos foram realizadas monitorização hemodinâmica invasiva e não invasiva, restauração volêmica, ventilação mecânica (Servo 900C, Siemens, Suécia), antibioticoterapia, drogas vasoativas e terapia nutricional de acordo com o

gasto energético real calculado pela calorimetria indireta. Os pacientes foram sedados com benzodiazepínicos e/ou opiáceos e bloqueador neuromuscular foi utilizado quando necessário. O peso atual dos pacientes foi obtido através de balança portátil eletrônica (Slingscale 2002, Hill-Rom, Hillenbrand Industries, EUA). O protocolo teve duração média de três horas, onde foram realizadas três séries de medidas horárias e simultâneas do VO₂ e do gasto energético de repouso (GER) pelo método de termodiluição e pela calorimetria indireta. Todos os pacientes foram submetidos a monitorização hemodinâmica invasiva e a calorimetria indireta à beira do leito, com calorímetro portátil cujos equipamentos e procedimentos foram descritos, em detalhes, anteriormente^(20,21). Paralelamente, foram colhidas amostras de sangue venoso do orifício proximal do cateter de Swan-Ganz (átrio direito), distal (artéria pulmonar) do cateter de Swan-Ganz e sangue arterial (artéria radial) para análise dos gases sanguíneos que nos permitiu avaliar a concentração de hemoglobina (Hb), a saturação de oxigênio no sangue arterial (SaO₂) e venoso (SvO₂) e a pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO₂) e venoso (PvO₂). Após a obtenção do VO₂ (mL.min⁻¹) pelo método de Fick e dos valores dos conteúdos de oxigênio no sangue arterial e venoso, foi possível calcular o GER (kcal.dia⁻¹) de acordo com as seguintes equações:

$$[1] \quad \begin{aligned} \text{GER} &= \text{VO}_2 \times 4,838 \times 1,44 \\ \text{GER} &= \text{VO}_2 \times 6,996 \end{aligned}$$

onde 4,838 kcal.L⁻¹ (20,2 kJ.L⁻¹) é o valor calórico do oxigênio para um coeficiente respiratório (RQ) de, aproximadamente, 0,824 (este valor é a média obtida para a população do presente estudo, medido pela calorimetria indireta), assumindo-se uma excreção nitrogenada entre 13 e 15g.dia⁻¹ e 1,44 é o fator de conversão para kcal.dia⁻¹ ^(14,15).

$$[2] \quad \text{VO}_2 = \text{DC} \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2) \times 10$$

Onde:

DC = Débito Cardíaco (L.min⁻¹)

CaO₂ = Conteúdo arterial de O₂
(1,38 x Hb x SaO₂) + (0,00301 x PaO₂)

CvO₂ = Conteúdo venoso de O₂
(1,38 x Hb x SvO₂) + (0,00301 x PvO₂)

Substituindo-se os valores acima na equação [2], obtém-se:

$$[3] \quad \text{VO}_2 = \text{DC} \times [((1,38 \times \text{Hb} \times (\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2)) + ((0,00301 \times (\text{PaO}_2 - \text{PvO}_2))) \times 10]$$

Assim, substituindo os valores da equação [3] na equação [1], chega-se ao seguinte:

$$[4] \quad \text{GER} = 6,996 \{ \text{DC} \times [(13,8 \times \text{Hb} \times (\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2) + 0,00301 \times (\text{PaO}_2 - \text{PvO}_2))] \}$$

$$\text{GER} = \text{DC} \times [96,54 \times \text{Hb} \times (\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2) + 0,211 \times (\text{PaO}_2 - \text{PvO}_2)]$$

Porém, a adição do valor, da equação acima, de $0,211 \times (\text{PaO}_2 - \text{PvO}_2)$ representa menos de 1% do resultado final do cálculo. Assim sendo, a equação final e resumida para efeitos práticos é a que se segue abaixo:

$$[5] \quad \text{GER} = \text{DC} \times [96,54 \times \text{Hb} \times (\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2)]$$

A calorimetria indireta foi realizada em todos os pacientes com o calorímetro portátil DELTATRAC II Metabolic Monitor (Datex-Ohmeda, Finlândia). A calibração de pressão barométrica e de gases foi realizada antes de cada protocolo. Foram realizadas três séries horárias de medidas consecutivas, com duração de 30 minutos, do VO_2 para

cada um dos 15 pacientes, totalizando 45 medidas. As técnicas de realização desse procedimento foram descritas minuciosamente em publicações anteriores^(5,20,21).

O teste estatístico utilizado para comparação entre os dois métodos de avaliação foi o teste não paramétrico dos sinais de Wilcoxon para duas amostras correlacionadas. Para amostras seriadas foi utilizado o fator de correção de Bonferroni. Consideramos como estatisticamente significativas, as comparações com valor de $p < 0,05$. Foi realizado também o coeficiente de correlação de Pearson entre a variável (GER) obtida nos três métodos.

RESULTADOS

Foram avaliados 15 pacientes (11 do sexo masculino e quatro do sexo feminino) com diagnóstico de choque séptico, em estabilidade hemodinâmica, admitidos na unidade de terapia intensiva entre o 3º e 5º dia de evolução. A idade média variou de $41,3 \pm 18,9$ anos. O índice prognóstico APACHE II médio foi de $22,6 \pm 7,2$ com risco de óbito calculado de $46,1 \pm 27,7\%$. O SS (Sepsis Score) médio foi de $20,3 \pm 9,5$. A mortalidade geral da população estudada foi de 20% ($n = 3$). Os principais dados clínicos e demográficos dos pacientes estão demonstrados na

Tabela 1 - Diagnósticos clínicos e dados demográficos da população estudada. Idade = anos, Peso = kg, Altura = cm, AP II = Índice prognóstico APACHE II, Risco Óbito = Risco de óbito calculado pelo AP II (%), SS = Sepsis Score (Gradação de sepse).

Paciente	Diagnóstico	Idade	Sexo	Altura	Peso	AP II	%RO	SS	Óbito
1	TCE +Pneumonia	28	M	173	67	20	28	27	Não
2	Pneumonia	39	F	150	53	31	73	21	Sim
3	TCE + Trauma de esterno	35	M	177	74	12	11	26	Não
4	Pneumonia	38	F	162	62	11	14	12	Não
5	TCE + Trauma de esterno	19	M	177	67	17	11	45	Não
6	Amputação de Membro Superior	16	M	174	65	26	55	9	Não
7	Pneumonia	78	F	163	70	28	66	10	Não
8	Pneumonia	32	M	167	63	28	72	11	Não
9	TCE + Trauma de esterno	31	M	176	70	15	16	17	Não
10	Celulite de Membro Inferior E	22	M	170	70	26	73	25	Não
11	Megacólon Chagásico	69	M	160	60	33	88	26	Sim
12	Pneumonia	48	M	177	80	24	52	15	Não
13	Pneumonia	68	M	160	58	27	63	16	Não
14	PO Neurocirurgia +Pneumonia	55	M	170	80	27	58	17	Sim
15	Politraumatismo + Pneumonia	41	F	162	88	14	11	28	Não
Média		41,3		167,9	68,5	22,6	46,1	20,3	
DP		18,9		8,1	9,2	7,2	27,7	9,5	

Tabela 1. A maioria dos pacientes (60%; n = 9) foi vítima de pneumonia com insuficiência respiratória aguda. Não houve qualquer complicação inerente aos procedimentos realizados durante o estudo (cateterização venosa, punção arterial e calorimetria indireta). A média dos GERs, para a população estudada, obtidos pela calorimetria indireta (DELTA) foi de 1669 ± 271 kcal.dia⁻¹ e calculados pelas equações de BRANDI e LIGGETT foram de 1815 ± 355 e 1361 ± 277 , respectivamente (**Tabela 2**). A diferença dos valores observados entre a calorimetria indireta e as equações preditivas situou-se em +8,7% (DELTA x BRANDI) (p<0,5) e - 22,7% (DELTA x LIGGETT) (p>0,5). O coeficiente de correlação entre a calorimetria indireta e a equação de BRANDI foi de 0,80 (**Figura 1**), enquanto que este coeficiente foi de 0,58 quando a calorimetria indireta foi correlacionada com a equação de LIGGETT (**Figura 2**).

DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi comparar o gasto energético real obtido pela calorimetria indireta com o GER calculado pelas equações preditivas de Brandi e de Liggett, utilizando dados hemodinâmicos e o VO₂ obtido pelo método de Fick em pacientes com choque séptico. Na realidade,

Tabela 2 – Gasto energético real (GER) obtido através da calorimetria indireta (Delta), das equações de Brandi (GER = VO₂ x 6,996) e de Liggett (GER = DC x [96,54 x Hb x (SaO₂ - SvO₂)]), em kcal.dia⁻¹. Os valores do VO₂ (em mL.min⁻¹) e do coeficiente respiratório (RQ), para cada paciente, representam a médias das três medidas horárias seriadas.

Paciente	DELTA	BRANDI	LIGGETT	RQ
1	1881	1958	1473	1,06
2	1150	1443	955	0,73
3	1494	1413	1293	0,71
4	1717	1605	1309	0,97
5	1867	1693	1372	0,76
6	2229	1755	1783	0,82
7	1919	1419	1389	0,96
8	1923	1913	1249	0,81
9	1505	1499	1325	0,81
10	2383	1988	1475	0,81
11	1271	1229	898	0,90
12	2222	2089	1348	0,70
13	1891	1678	1191	0,74
14	1651	1371	1331	0,75
15	2118	1989	2021	0,83
Média	1669	1815	1361	0,824
DP	271	355	277	0,106

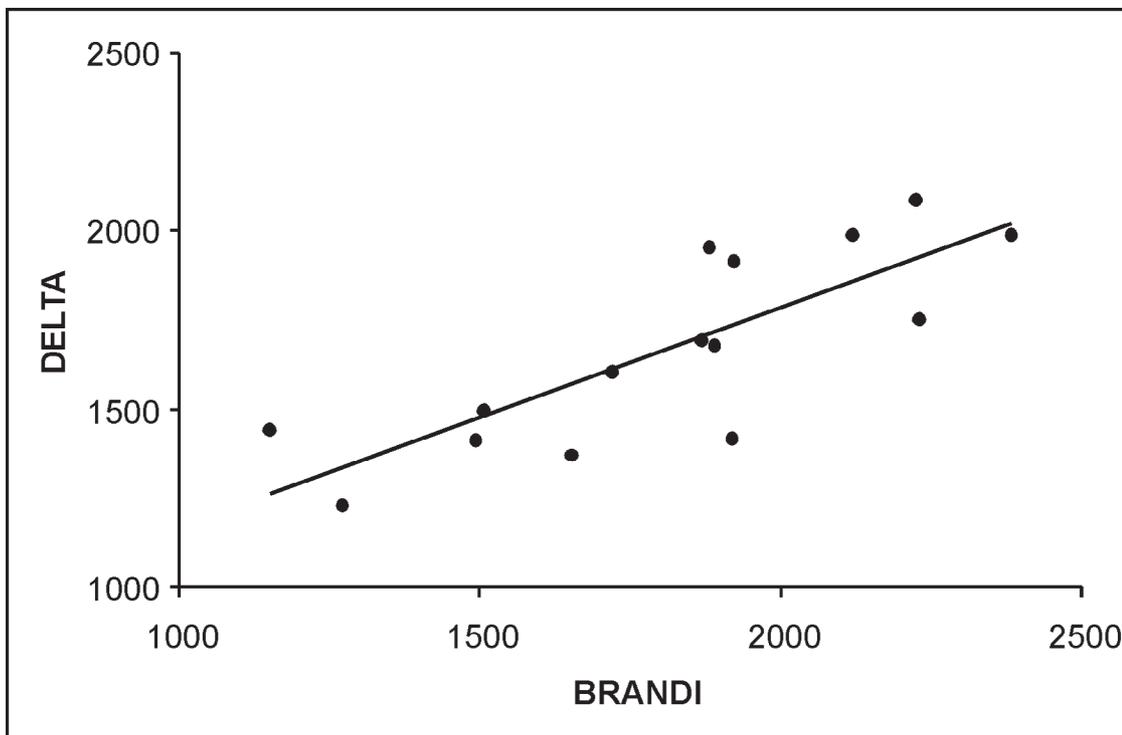
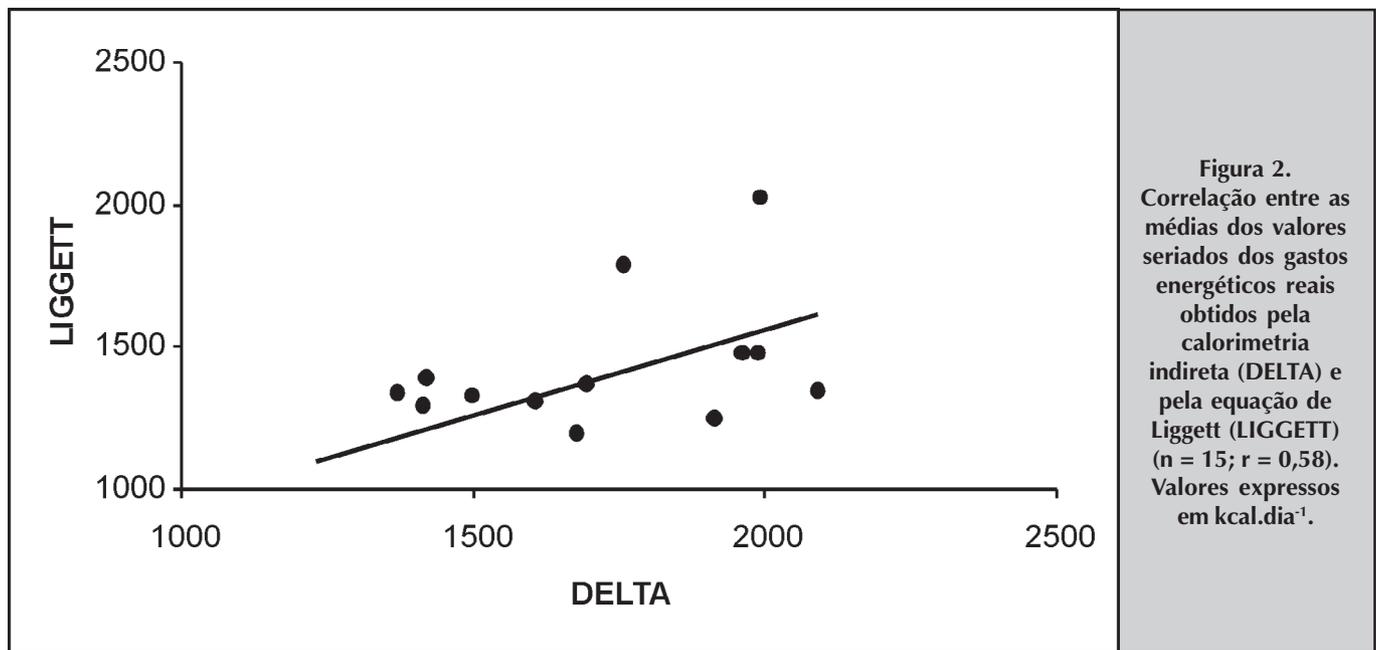


Figura 1. Correlação entre as médias dos valores seriados dos gastos energéticos reais obtidos pela calorimetria indireta (DELTA) e pela equação de Brandi (BRANDI) (n = 15; r = 0,80). Valores expressos em kcal.dia⁻¹.



o gasto energético de pacientes graves pode ser estimado por uma variedade muito grande de métodos. A maioria das fórmulas, propostas na literatura, constitui-se em derivações da equação de Harris & Benedict, desenvolvida, a princípio, para indivíduos normais. Desde que, por definição, o gasto energético basal é a necessidade de energia mínima de indivíduos saudáveis em repouso, um problema aparece quando esta energia deve ser calculada para os pacientes em situações especiais, como a sepse, o trauma e as queimaduras extensas. Os esforços de alguns autores em melhorar a precisão da equação de Harris & Benedict para estas situações, adicionando fatores de estresse à equação original⁽⁷⁾, introduziu uma causa de erro e, talvez de custo, ainda maior, no planejamento da terapia nutricional. Acurácia na administração da terapia nutricional é importante nesta população de pacientes, visto que é por demais conhecido o fato de que a administração insuficiente de nutrientes deprime o “drive” ventilatório⁽²²⁾, diminui a força dos músculos respiratórios⁽²³⁾ e gera imunodepressão⁽²⁴⁾. Por outro lado, a hipernutrição causa hiperglicemia, infiltração gordurosa do fígado e pode favorecer o aparecimento de acidose respiratória e dificuldades de desmame do respirador⁽²⁵⁾. Sendo assim, pelo fato da hiper ou subnutrição serem deletérias, a calorimetria indireta ficou em voga, tornando-se, atualmente, o padrão ouro, para o cálculo das necessidades energéticas.

Contudo, em virtude da calorimetria indireta

ser pouco praticada em nosso meio, a tentativa do presente estudo foi avaliar duas equações baseadas em dados hemodinâmicos e correlacioná-las com a calorimetria, sobretudo pela razão de que a maioria das unidades de terapia intensiva tem a rotina de introduzir um cateter triluminal na artéria pulmonar, para fins de exploração hemodinâmica. Nós optamos por avaliar o comportamento das duas equações mais difundidas, a de Brandi e a de Liggett. Originalmente, Liggett e cols.⁽¹³⁾, em 1987, sugeriram um novo método de obtenção do gasto energético em 19 pacientes com cateter posicionado na artéria pulmonar. Estes autores desenvolveram uma equação baseada em dados hemodinâmicos e correlacionaram com a calorimetria clássica. De acordo com este estudo inicial, houve uma boa correlação entre os dois métodos ($r = 0,90$, $p < 0,0001$). A partir desses achados, inúmeros estudos foram delineados, com a finalidade de confirmar estes achados.

Tentativas foram feitas, em nosso meio, de correlacionar a calorimetria indireta com a equação de Liggett. Rocha e cols.⁽²⁶⁾ realizaram um estudo prospectivo em 30 pacientes graves sob ventilação mecânica. Estes autores encontraram uma correlação de 0,66 entre os dois métodos, subindo para 0,86 quando um fator de correção, deduzido a partir da regressão linear obtida na casuística, foi adicionado aos dados para o cálculo do gasto energético. Por outro lado, Flancbaum e cols.⁽¹⁰⁾, em 1999, estudaram 36 pacientes em estado crítico sob ventilação mecâni-

ca e encontraram uma fraca correlação entre o gasto energético medido pela calorimetria indireta e pela equação de Liggett ($r = 0,28$). Os autores atribuem estes achados ao fato de que qualquer variação num dos componentes da equação de Fick pode introduzir erros no cálculo do gasto energético. De acordo com os autores a SvO_2 pode flutuar durante o período de estudo, pois uma queda de seu valor abaixo de 60% pode ser indicativo de um aumento do consumo tecidual de oxigênio ou o comprometimento de uma das variáveis ligadas ao transporte de oxigênio⁽²⁷⁾. Embora estas informações tenham uma certa lógica, a casuística do nosso estudo apresentou uma SvO_2 e SaO_2 dentro dos limites da normalidade ($SvO_2 = 80 \pm 5\%$, com variação de 65 a 88%; $SaO_2 = 99 \pm 1\%$, com variação de 96 a 100%), sendo improvável que a correlação encontrada ($r = 0,58$) deva ser responsabilizada apenas pelas pequenas variações dessas variáveis. Outra explicação em potencial para a fraca correlação entre os dois métodos pode ser devida à alteração da relação entre a oferta e a demanda de oxigênio, situação descrita para a sepse⁽²⁸⁾. Porém, a razão mais provável, que inclusive foi o principal desafio para a validação deste conceito inicial, está ligada ao acoplamento matemático das diversas variáveis hemodinâmicas envolvidas no cálculo⁽²⁹⁾ (**equações de 1-6**).

Os pacientes do presente estudo apresentaram um consumo de energia de 1669 ± 271 kcal e um APACHE II de $22,6 \pm 7,2$. Estes dados são indicativos de doença grave e, conseqüentemente, de estresse metabólico. Interessantemente, os escores de gravidade da doença foram utilizados para prever o gasto energético de pacientes em estado crítico. Swinamer e cols.⁽³⁰⁾ demonstraram que pacientes com um APACHE II > 20 apresentam uma correlação muito ruim entre os dados calorimétricos e os dados obtidos pelo método de Fick, onde diferenças individuais, entre os dois métodos, de até 50%, foram encontradas. Ainda, erros técnicos ou de interpretação dos resultados podem ser introduzidos, em ambos os métodos, na obtenção do VO_2 . É sempre bom lembrar que no cálculo do VO_2 obtido pelo método de Fick há uma limitação inerente à sua utilização, que é o fato deste procedimento não levar em conta o consumo pulmonar de O_2 . O consumo total de O_2 pode ser subestimado em até 25% na vigência de infecções pulmonares, em pacientes sob ventilação mecânica⁽³¹⁾.

Em relação à proposta de se calcular o gasto

energético pela equação $GER = VO_2 \times 6,996$, empregando o VO_2 obtido pelo método de Fick, Brandi e cols.⁽¹⁴⁾ compararam a obtenção do gasto energético pelo método de Fick e pela calorimetria indireta em um grupo de 26 pacientes na fase de pós-operatório de traumas diversos, ventilando espontaneamente. Estes autores encontraram uma excelente correlação entre os dois métodos ($r = 0,96$, $p < 0,001$). Deve ser enfatizado que em nosso estudo todos os pacientes foram submetidos à ventilação mecânica e, mesmo assim, a correlação entre os dois métodos foi de 0,80. Nós nos permitimos utilizar a mesma equação pois a variável 6,996 (**equação 1**) foi obtida a partir de um RQ médio de 0,827, extremamente próximo à média de 0,824 encontrado na presente casuística (**Tabela 2**). Nesse particular, deve ser enfatizado que nessa equação a introdução de um valor fixo de RQ (0,824) e uma excreção nitrogenada entre 13 e 15g.dia⁻¹, introduz um erro de, aproximadamente, 3,6% em virtude do valor calórico do oxigênio se situar entre 4,686 a 5,047, para um RQ com variação fisiológica de 0,70 a 1,00, respectivamente. Esta margem de erro, para fins de cálculo de gasto energético pode ser negligenciada.

Finalmente, embora a calorimetria indireta seja o método mais confiável para medir as necessidades de energia de um determinado paciente, a correlação satisfatória encontrada entre a calorimetria e a equação de Brandi, e a pequena diferença, de apenas 8,7% entre os dois métodos, permite a proposta de utilização desta equação, mesmo para pacientes sépticos sob ventilação mecânica. O presente estudo sugere que a predição do gasto energético realizado por este simples procedimento pode ser empregada para fins clínicos, sobretudo nas unidades de terapia intensiva que dispõem somente da técnica de inserção de cateter triluminal na artéria pulmonar. Além disso, a equação emprega apenas o VO_2 , como variável a ser estimada, que gira em torno de 75% do cálculo do gasto energético total⁽¹⁵⁾.

RESUMO

O objetivo do estudo foi comparar o gasto energético real (GER) obtido pela calorimetria indireta com o GER calculado pelas equações preditivas de Brandi e de Liggett, utilizando dados hemodinâmicos e o consumo de oxigênio VO_2 obtido pelo método de Fick em pacientes com cho-

que séptico. Foram estudados 15 pacientes adultos (11 homens e 4 mulheres). O APACHE II de admissão foi de $22,6 \pm 7,2$, com risco de mortalidade global da casuística de $46,1 \pm 27,7\%$. Foram obtidas 45 medidas do VO_2 em três medidas seriadas horárias, através de um calorímetro portátil (DELTA) conectado a um respirador e através de um cateter triluminal inserido na artéria pulmonar. Os GERs médios obtidos pela calorimetria indireta e estimados pelas equações de Brandi e Liggett foram de 1669 ± 271 , 1815 ± 355 e 1361 ± 277 kcal.dia⁻¹, respectivamente. Não houve diferenças estatísticas entre os dois primeiros métodos (DELTA x BRANDI), sendo que as duas médias apresentam uma diferença de 8,7%. Foram observados GERs próximos entre esses dois métodos ($r = 0,80$), porém com uma correlação entre DELTA x LIGGET de apenas 0,58. Ainda é rotineiro, nas unidades de terapia intensiva o uso de equações preditivas para o cálculo do GER. O método mais direto para a obtenção do GER é a calorimetria indireta, embora este dado possa ser obtido através do cateter triluminal. Pelo fato da calorimetria indireta não ser muito utilizada, em nosso meio, os resultados obtidos apontam para o fato de se poder obter facilmente o GER, através da obtenção do VO_2 pelo método de Fick, inclusive para doentes sépticos sob ventilação mecânica.

UNITERMOS: Consumo de oxigênio, gasto energético, calorimetria indireta, sepse.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro complementar para a execução deste projeto de pesquisa fornecido pela Fundação de Apoio ao Ensino e Pesquisa (FAEPA) do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto e Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS

1. Kiney JM. Metabolic responses of the critically ill patient. *Crit Care Clin* 1995; 11: 569-586.
2. Hill AG, Hill GL. Metabolic response to severe injury. *Brit J Surg* 1998; 85: 884-890.
3. Ultman JS, Bursztein S. Analysis of error in the determination of respiratory gas exchange at varying FiO_2 . *J Appl Physiol* 1981; 50: 210-216.
4. Matarese L. Indirect calorimetry: Technical aspects. *J Am Diet Assoc* 1997; 97: S154-S160.
5. Basile-Filho A, Martins M, Antoniazzi PC, et al. A calorimetria indireta no paciente em estado crítico. *RBTI* 2003; 15: 29-33.
6. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Washington, DC, *Carnegie Institute of Washington*, 1919, Publ. n° 279.

7. Long CL, Schaffel N, Geiger JW, et al. Metabolic response to injury and illness: estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *JPEN* 1979; 3: 452-456.
8. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, et al. Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1985; 42: 1170-1174.
9. Van Lanschot JJB, Feenstra BWA, Vermeij Cg, et al. Calculations versus measurement of total energy expenditure. *Crit Care Med* 1986; 14: 981-985.
10. Flancbaum 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: 461-466.
11. Zauner C, Schuster B, Schneeweiss B. Similar metabolic responses to standardized total parenteral nutrition of septic and nonseptic critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 2001; 74: 265-270.
12. Coletto FA. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. 2002
13. Liggett SB, St John RE, Lefrak SS. Determination of resting energy expenditure utilizing the thermodilution pulmonary artery catheter. *Chest* 1987; 91: 562-566.
14. Brandi LS, Grana M, Mazzanti T, et al. Energy expenditure and gas exchange measurements in postoperative patients: Thermodilution versus indirect calorimetry. *Crit Care Med* 1992; 20: 1273-1283.
15. Brandi LS, Bertolini R, Pieri M, et al. Indirect calorimetry in critically ill patients: Clinical applications and practical advice. *Nutrition* 1997; 13: 349-358.
16. Basile-Filho A, Viana JM, Antoniazzi PC, et al. Energy expenditure estimated by oxygen consumption determined by thermodilution in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med* 2002; 30(Suppl): A72.
17. Bone RC, Balk RA, Cerra FB, et al. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. *Chest* 1992; 101:1644-55.
18. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, et al. Apache II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med* 1985; 13: 818-829.
19. Elebute EA, Stoner HB. The grading of sepsis. *Br J Surg* 1983; 70: 29-31.
20. Marson F, Martins MA, Coletto FA, et al. Análise comparativa do consumo de oxigênio (VO_2) obtido pelo método de Fick e pela calorimetria indireta no paciente grave. *RBTI* 2002; 14: 137-145.
21. Martins MA, Campos-Filho WO, Viana JM, et al. Análise comparativa do débito cardíaco (DC) obtido pelo método de Fick e pela calorimetria indireta em pacientes sépticos. *RBTI* 2003; 15: 5-13.
22. Doekel RC, Zwillich CW, Scoggin GH, et al. Clinical semi starvation: Depression of hypoxic ventilatory response. *N Engl J Med* 1976; 295: 358-361.
23. Kelly SM, Rosa A, Field S, et al. Inspiratory muscle strength and body composition in patients receiving total parenteral nutrition therapy. *Am Rev Respir Disease* 1984; 130: 33-37.
24. Good RA, Lorenz E. Influence of energy levels and trace metals on health and life span. *JPEN* 1990; 14(Suppl): 230-236.
25. Laaban JP, Lemarie F, Baron JF, et al. Influence of caloric intake on respiratory mode during mandatory minute volume ventilation. *Chest* 1985; 87: 67-72.
26. Rocha EEM, Abrahão V, Rosenfeld RS. Comparing indirect respiratory (irc) and indirect circulatory (icc) calorimetry in critically ill patients. *Crit Care Med* 1999; 27(Suppl): A116.
27. Ermakov S, Hoyt JW. Pulmonary artery catheterization. *Crit Care Clin* 1992; 8: 773-806.
28. Tuschmidt J, Oblitas D, Fried JC. Oxygen consumption in sepsis and septic shock. *Crit Care Med* 1991; 19: 664-671.
29. Archie JP. Mathematical coupling of data: a common source of error. *Ann Surg* 1981; 193: 296-303.
30. Swinamer DL, Phang PT, Jones RL, et al. Twenty-four hour energy expenditure in critically ill patients. *Crit Care Med* 1987; 637-643.
31. Hensel M, Kox WJ. Increased intrapulmonary oxygen consumption in mechanically ventilated patients with pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 137-143.