

Análise comparativa do gasto energético entre as equações de Harris-Benedict e de Long e a calorimetria indireta em pacientes sépticos.

Comparative analysis of energy expenditure between Harris-Benedict and Long's equations and indirect calorimetry in septic patients.

Francisco Antonio Coletto*, Flávio Marson*, Antonio Dorival Campos**, Júlio Sérgio Marchini***, Anibal Basile-Filho****

ABSTRACT

The measurement of accurate resting energy expenditure (REE) in critically ill patients is important to assess nutritional needs. The purpose of this study is to compare Harris-Benedict equation (H-B) and its correction for injury factors (CALC) and the indirect calorimetry (IC), in septic patients.

A total of 28 patients were enrolled in the study (15 males and 13 females), ranging from 46.6 ± 19.5 years old. The APACHE II was 23.7 ± 7.8 with a risk of death of 48.5 ± 27.5 . The sepsis score was 22 ± 7.7 . The REE was obtained by IC at four different times (T_1 , T_2 , T_3 and T_4) in a steady patient for at least 30 minutes. The patients were divided in two groups; GI - n=19 - with four hourly measurements and GII - n=9 - with one measurement. The REE_{CI} mean values to GI, from T_1 to T_4 were 1625, 1660, 1685 and 1705 kcal.d⁻¹, respectively and 1351 kcal.d⁻¹ to GII. The $REE_{H,B}$ means were 1507.5 ± 208.1 (GI) and 1317.1 ± 240.7 kcal.d⁻¹ (GII). When Long's injury correction factors were introduced, and the REE values increased in both groups (GI = $2894.5 \pm 399, 6$; GII = 2528.8 ± 462.1 kcal.d⁻¹). As expected, the $REE_{H,B}$ shown a difference from REE_{CI} (p=0.02). However, with the correction factors, we observed a statistical difference in both groups. For all patients, there was a variation of only 7.6% between REE_{CI} and $REE_{H,B}$ and an increase as much as 50% in energy requirements, when the REE was corrected.

Keywords: Sepsis, resting energy expenditure, indirect calorimetry.

A atenção na determinação das necessidades energéticas deve estar incluída entre os primeiros cuidados ao paciente em estado grave, uma vez que as alterações metabólicas provocadas pela doença aguda tornam a avaliação nutricional um difícil exercício clínico. Estes pacientes são caracterizados pelo aumento do gasto energético de repouso e pelo balanço nitrogenado negativo, ambos correlacionados com a gravidade da doença ou extensão do trauma^(1,2). Historicamente, observa-se que pacientes febris e gravemente enfermos têm catabolismo protéico aumentado, sendo que este conceito foi a base do fornecimento alimentar superestimado aos pacientes graves nas décadas de 70 e 80, particularmente por meio da terapia nutricional parenteral⁽³⁾.

Atualmente, sabemos que há poucas vantagens e muitos riscos potenciais na hiperalimentação e nos últimos quinze anos um conceito de suporte nutricional mais moderado tem se desenvolvido^(4,5,6). Em contrapartida, há várias décadas a má nutrição tem sido descrita com alta prevalência hospitalar. Em ambiente de terapia intensiva, segundo diversos critérios de avaliação, pode ocorrer em 30% a 50% dos pacientes internados^(7,8).

Diante dessas situações, a determinação apropriada das reais necessidades energéticas do paciente em estado crítico deve ser realizada. Este processo é usualmente determinado por equações preditivas ou calorimetria indireta. Sendo assim, particular ênfase deve ser dada à mensuração do gasto energético total

*Médicos Assistentes e Pós-Graduandos da Disciplina de Terapia Intensiva do Departamento de Cirurgia e Anatomia da -----Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo

**Professor Associado do Departamento de Medicina Social (Estatística Médica) da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo

***Professor Associado e Chefe do Laboratório de Espectrometria de Massa do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo

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

Dissertação de Mestrado realizada na Disciplina de Terapia Intensiva (Centro de Terapia Intensiva da Unidade de Emergência e Campus - Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto) do Departamento de Cirurgia e Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Projeto de pesquisa financiado pela FAPESP (99/07266-7).

Av. Bandeirantes, 3900 - Ribeirão Preto - SP - CEP 14049-900 - E-mail: abasile@fmrp.usp.br - Tel.: (16) 602-2439

ou real objetivando a administração adequada do suporte nutricional. Na ausência da calorimetria indireta, fórmulas presuntivas são rotineiramente utilizadas, como as tradicionais equações de Harris-Benedict⁽⁹⁾, para o cálculo do gasto energético. Essa equação pode subestimar ou superestimar o gasto energético real em até 10% dependendo do paciente e do tipo de doença⁽¹⁰⁾. Muitos estudos encontraram significativas diferenças entre os valores do gasto energético medidos através da calorimetria indireta com os resultantes de várias equações presuntivas^(11,12). Fórmulas ou tabelas, como as de Harris-Benedict e Talbot⁽¹³⁾ têm sido empregadas aos pacientes em estado grave para estimar o gasto energético. É freqüente a utilização de fatores de correção específicos para os diversos tipos de injúria, visando atenuar as diferenças. Estes fatores variam de 1,0 a 2,7, como relatado por muitos autores^(12,14,15), embasados nos achados de LONG et al. de 1979⁽¹⁶⁾.

O objetivo do presente estudo é comparar as medidas do gasto energético obtidas pela calorimetria indireta e pelas equações de Harris-Benedict e com os fatores de correção para injúria e atividade nos pacientes em estado grave, vítimas de sepse de qualquer origem e sob ventilação mecânica.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Centro de Terapia Intensiva (CTI) – Unidade de Emergência e Campus – do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do referido Hospital (Processo HCRP nº 4989/99). A análise clínica prospectiva envolveu 28 pacientes de ambos os sexos (15 do sexo masculino e 13 do sexo feminino), sedados, vítimas de sepse de qualquer origem, com necessidade de ventilação mecânica, após restauração volêmica, estabilização hemodinâmica e respiratória em até cinco dias da internação no CTI e terapia nutricional padronizada em 25-30 kcal.kg⁻¹.d⁻¹ (1kcal.mL⁻¹). Os pacientes foram estudados do 1º ao 5º dia do início do quadro clínico de sepse.

Os critérios utilizados para o diagnóstico de sepse e choque séptico foram estabelecidos pela conferência de consenso realizada pelo American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine⁽¹⁷⁾ e todos os pacientes foram estratificados, à admissão no Centro de Terapia Intensiva, de acordo com o índice de gravidade APACHE II⁽¹⁸⁾ e pelo sistema de graduação de sepse SS – Sepsis Score⁽¹⁹⁾, tanto para os casos de sepse isoladamente como para os com

trauma associados à infecção. Os pacientes com trauma apresentavam-se com pneumonia e sépticos.

Os critérios de exclusão foram: idade > 85 e < 15 anos, necessidade de FiO₂ (fração de oxigênio no ar inspirado) > 0,6, PAM (pressão arterial média) < 50mmHg, FC (frequência cardíaca) <50 ou >140 bpm, presença de fístula aérea bronco-pleural, choque circulatório irreversível, diurese horária < 50 mL.h⁻¹, morte encefálica e recusa do paciente ou de seu representante em participar do estudo. O peso dos pacientes foi obtido por medida direta através de balança portátil (*Slingscale 2002, Instrucom/Hill-Rom series, Hillebrand Industries, EUA*).

O protocolo teve duração média de cinco horas por paciente, onde foram realizadas, em 19 pacientes, quatro medidas de calorimetria indireta em séries de 30 minutos, intercaladas por aproximadamente 45 minutos. O intervalo de tempo entre as séries de medidas contou com 15 minutos destinados a procedimentos e cuidados rotineiros do serviço e 30 minutos para estabilização das novas medidas, cujas técnicas e equipamentos foram demonstrados com detalhes, anteriormente^(20,21). Em 09 pacientes foram realizadas medidas únicas com período de monitorização variando de 30 a 60 minutos. Esta variação no delineamento do protocolo ocorreu em decorrência de questões como: agitação (01 paciente), necessidade de realização de procedimentos e exames complementares que não poderiam aguardar todo o período do protocolo (02 paciente), necessidade de aspiração endotraqueal freqüente (04 pacientes) e problemas técnicos com o calorímetro (02 pacientes).

Com a finalidade de uniformização da análise, os pacientes foram separados em dois grupos: grupo I (19 pacientes com quatro séries de medidas de 30 minutos de calorimetria) e grupo II (09 pacientes com as medidas isoladas). Para fins de padronização de nomenclatura, considerou-se como gasto energético de repouso (GER_{H-B}) o calculado através da equação de Harris-Benedict, de acordo com as equações abaixo:

$$\text{Homens: GEB} = 66,4730 + (13,7516 \times \text{Peso}) + (5,0033 \times \text{Altura}) - (6,7550 \times \text{Idade})$$

$$\text{Mulheres: GEB} = 655,0955 + (9,5634 \times \text{Peso}) + (1,8496 \times \text{Altura}) - (4,6756 \times \text{Idade})$$

Além disso, utilizou-se o termo gasto energético real (GER_{CI}), quando este foi obtido por calorimetria indireta. Foi designado pela terminologia de gasto energético total (GER_{CALC}), o calculado através da multiplicação dos valores obtidos no gasto energético

Tabela 1. Cálculo do gasto energético com os fatores de correção específicos (GER_{CALC}) para atividade e injúria propostos por LONG et al., 1979⁽¹⁶⁾.

FA = Fator Atividade:	FI = Fator de injúria:
Acamado = 1,2	Cirurgia = 1,20
	Trauma = 1,35
Deambulando = 1,3	Sepse = 1,6
	Queimadura grave = 2,10

de repouso (GER_{H-B}) pelos fatores de correção de Long específicos para injúria e para atividade (**Tabela 1**). Todos os pacientes encontravam-se acamados (fator de correção para atividade de 1,2) e sépticos. Apesar de seis deles apresentarem trauma concomitantemente ao quadro infeccioso, todos foram considerados como pertencentes à mesma classe de injúria, sepsis, com o fator de correção de 1,6, conforme a equação abaixo:

$$GER_{CALC} = GER_{H-B} \times 1,6$$

A análise estatística levou em consideração as médias dos valores obtidos para o gasto energético de todos os pacientes, através dos dois métodos (calorimetria indireta e equação de Harris-Benedict com e sem a utilização do fator de injúria para sepsis e atividade). Os dados foram comparados empregando-se o teste não paramétrico para duas amostras independentes de Mann Whitney, baseadas na hipótese nula de inexistência de diferenças entre os gastos energéticos obtidos pelo calorímetro e o calculado pela equação de Harris-Benedict corrigida ou não. Foram consideradas estatisticamente significativas as comparações para valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Foram estudados 28 pacientes (15 homens e 13 mulheres), com idade média de $46,6 \pm 19,5$ anos. Os dados referentes aos pacientes encontram-se na **Tabela 2**. Os pacientes com o diagnóstico isolado de sepsis de várias etiologias ($n = 22$) representaram

Tabela 2: Diagnósticos clínicos e dados demográficos dos pacientes estudados. Pacientes de número 1 a 19 - com quatro medidas de calorimetria indireta durante 30 minutos e de 20 a 28, com uma medida de 30 a 60 minutos.

PACIENTES	Diagnóstico infeccioso	Sexo	Temperatura(°C)	Idade	Peso(kg)	Altura(cm)
1	Pneumonia	F	37,3	39	53	150
2	Pneumonia	F	36,4	38	62	162
3	Pneumonia	M	38,2	32	63	167
4	Pneumonia	F	36,9	78	70	163
5	Pneumonia	M	35,3	67	77	170
6	Pneumonia	M	37,0	72	62	160
7	Celulite MID	M	37,8	22	70	170
8	Pneumonia	M	38,6	51	57	160
9	Pneumonia + Trauma	M	37,4	28	67	173
10	Pneumonia + Trauma	M	37,1	35	74	177
11	Pneumonia + Trauma	M	37,8	19	67	177
12	Pneumonia + Trauma	M	38,3	16	65	174
13	Pneumonia + Trauma	M	38,1	31	70	176
14	Pneumonia	M	36,6	69	60	160
15	Pneumonia	M	36,1	48	80	177
16	Pneumonia	M	37,0	68	58	160
17	Pneumonia	M	36,3	55	80	170
18	Abscesso Abdominal	F	37,2	41	88	162
19	Peritonite	F	38,4	23	62	160
20	Peritonite	F	36,0	69	60	170
21	Pneumonia	F	37,4	57	70	165
22	Pneumonia e Celulite	F	37,5	42	45	160
23	Pneumonia	F	37,2	45	47	165
24	Pneumonia	F	37,5	81	63	165
25	Doença de Chron e peritonite	F	36,4	59	75	168
26	Pneumonia	F	38,5	65	54	165
27	Pneumonia	F	36,5	38	44	165
28	Pneumonia e Trauma	M	36,6	18	78	180
Média			37,19	46,64	65,04	166,82
Desvio Padrão			0,84	19,49	10,90	7,05
Mediana			37,2	43,5	64	165

78,6% do total, onde 09 (40,9%) eram do sexo masculino. Nos pacientes com trauma associado a sepse (n = 6), todos eram do sexo masculino, representando 21,4% do total de pacientes. O SS médio de toda a casuística foi de $20,7 \pm 7,7$. O peso corporal médio foi de $65,0 \pm 10,9$ kg e a altura de $166,8 \pm 7,0$ cm. O índice de APACHE II de todos os pacientes, no primeiro dia de internação na UTI foi de $23,7 \pm 7,8$ e o risco de óbito geral calculado a partir do APACHE II, de $48,5 \pm 27,5\%$. A mortalidade geral da casuística situou-se em 50% (n=14). As médias dos valores das medidas do quociente respiratório (RQ), consumo de oxigênio (VO_2) e produção de gás carbônico (VCO_2) para cada paciente são detalhados na **Tabela 3**.

Tabela 3. Média dos dados colhidos dos pacientes.
 Quociente respiratório = RQ, Consumo de oxigênio = VO_2 , Produção de gás carbônico = VCO_2 , Índice prognóstico APACHE II = AP II, Risco de óbito calculado pelo APACHE II = AP II (%), Sepsis Score (Graduação de sepse) = SS.

Pacientes	RQ	VO_2	VCO_2	APII	APII (%)	SS
1	0,77	223	171	31	73	21
2	0,89	170	151	11	14	12
3	0,82	294	242	28	72	11
4	0,9	196	175	28	66	10
5	0,99	225	222	16	24	19
6	0,94	193	182	28	78	28
7	0,81	286	232	26	73	25
8	0,92	268	246	24	43	23
9	0,96	202	195	20	28	27
10	0,75	284	212	12	11	26
11	0,80	306	244	17	11	45
12	0,89	241	214	26	55	9
13	0,85	292	238	15	16	17
14	0,90	208	186	33	88	26
15	0,76	211	160	24	52	15
16	0,75	264	179	27	63	16
17	0,76	252	191	27	58	17
18	0,80	256	207	14	11	28
19	0,74	279	203	16	23	27
20	0,80	185	148	20	38	20
21	0,82	215	177	31	68	25
22	0,80	209	168	17	16	17
23	0,93	152	143	33	84	10
24	0,78	195	152	38	83	17
25	0,89	213	188	10	13	28
26	0,95	177	167	27	75	19
27	0,92	144	132	36	85	24
28	0,87	280	243	28	38	17
Média	0,85	229,29	191,71	23,7	48,5	20,7
DP	0,07	45,89	34,04	7,8	27,5	7,7
Mediana	0,84	219	187	26,0	53,5	19,5

Ao total, foram realizadas 85 medidas de calorimetria indireta nos 28 pacientes. Os valores médios das medidas do gasto energético obtidos pela calorimetria indireta (GER_{CI}) para os 19 pacientes do grupo I nos tempos T_1 a T_4 , bem como os valores médios do gasto energético dos 09 pacientes do grupo II com apenas uma medida (T_1), são mostrados na **Tabela 4**. O valor médio do gasto energético basal

Tabela 4: Valores médios das medidas do gasto energético real obtidas por calorimetria indireta (GER_{CI}), nos tempos T1 a T4, para os pacientes do grupo I e média das medidas do GER_{CI} dos pacientes do grupo II (DP = desvio padrão).

	19 pacientes (grupo I)				09 pacientes (grupo II)
	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Única medida
Média	1625,32*	1660,05	1685,32	1705,37	1351,21
DP	272,38	279,93	279,13	254,73	275,30

* Resultados expressos em kcal.d⁻¹.

(GEB_{H-B}) foi de $1507,5 \pm 208,1$ kcal.d⁻¹ para os pacientes avaliados no grupo I e $1317,1 \pm 240,7$ kcal.d⁻¹ para os do grupo II; valores obtidos através da equação de Harris-Benedict. Quando utilizados os fatores de correção para injúria e atividade (GET_{CALC}), os valores do gasto energético total calculado representaram $2894,5 \pm 399,6$ kcal.d⁻¹ e $2528,82 \pm 462,15$ kcal.d⁻¹, para os grupos I e II, respectivamente (**Tabela 5**).

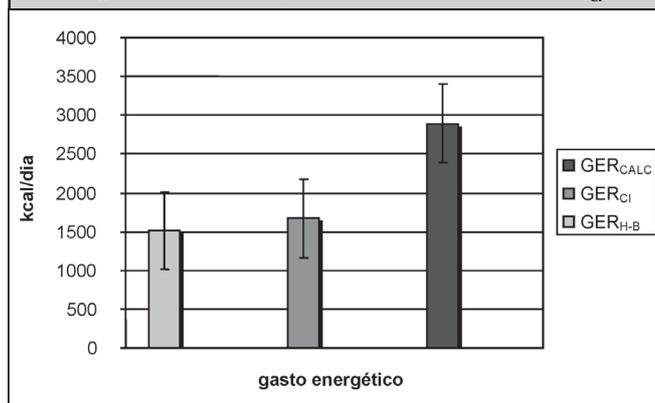
Tabela 5: Valores médios e desvios-padrão dos gastos energéticos obtidos pela equação de Harris-Benedict (GER_{H-B}) e pela utilização dos fatores de correção específicos para injúria e atividade (GER_{CALC}) e calorimetria indireta (GER_{CI}), em kcal.d⁻¹, dos dois grupos de pacientes.

Procedimento	Grupos	
	I (n = 19)	II (n = 09)
GER_{CI}	1669,00 ± 266,00*	1351,22 ± 275,34
GER_{H-B}	1507,50 ± 208,10	1317,10 ± 240,70
GER_{CALC}	2894,50 ± 399,60	2528,82 ± 462,15

*média ± desvio padrão.

O valor médio do gasto energético real (GER) obtido através da calorimetria indireta foi de $1669,0 \pm 266,0$ kcal.d⁻¹ para o grupo I (19 pacientes) e de $1351,22 \pm 275,34$ kcal.d⁻¹ para os demais (grupo II - 09 pacientes). A **Figura 1** ilustra os valores médios correspondentes a toda a casuística, segundo os procedimentos GEB_{H-B} , GER e GET_{CALC} . Os resultados

Figura 1: Comparação entre o gasto energético calculado pela equação de Harris-Benedict (GER_{HB}), com os fatores de correção para injúria e atividade (GER_{CALC}) e com o gasto energético real obtido por calorimetria indireta (GER_{CI}).



evidenciaram diferença estatisticamente significativa entre o gasto energético médio resultante da equação de Harris-Benedict ($GEB_{HB} = 1507,5 \pm 208 \text{ kcal.d}^{-1}$) e o valor médio obtido pela calorimetria indireta ($GER = 1669,0 \pm 266,0 \text{ kcal.d}^{-1}$) no grupo I ($p = 0,02$). No grupo II, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre o GEB_{HB} ($1317,1 \pm 240,70 \text{ kcal.d}^{-1}$) e o GER ($1351,22 \pm 275,34 \text{ kcal.d}^{-1}$) ($p = 0,41$). Para ambos os grupos, quando aplicados os fatores específicos de correção propostos, houve diferença estatística. Para toda a casuística, houve uma variação global de 7,6 %, em média, entre o GER e o GEB_{HB} , bem como diferença estatisticamente significativa entre eles, com $p = 0,007$.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi comparar o uso da equação de Harris-Benedict, com os fatores de correção específicos para injúria e atividade propostos por Long e com os valores obtidos através da calorimetria indireta para o cálculo do gasto energético em pacientes adultos vítimas de sepse, sob ventilação mecânica.

Classicamente, os pacientes em estado crítico são caracterizados pelo aumento do gasto energético basal e pelo balanço nitrogenado negativo, ambos correlacionados com a gravidade da doença ou a extensão do trauma^(1,2). A maneira mais rotineira de se medir o gasto energético, nessa população de pacientes, é através da equação de Harris-Benedict, acrescentando-se fatores de correção para cada estado patológico. No entanto, esta prática tem sido muito questionada por vários autores, há algum tempo, pelo fato do emprego desta metodologia sub ou superestimar as reais necessidades energéticas de cada paciente em até 50%^(22,23,24,25). Uma observação muito interessante foi efetuada, recentemente,

por Zauner et al.⁽²⁵⁾. Estes autores estudaram 25 pacientes submetidos à terapia nutricional parenteral, admitidos numa unidade de terapia intensiva, cuja objetivo foi comparar o gasto energético total de pacientes sépticos ($n=14$) e não sépticos ($n=11$), no primeiro (D1), no 2º (D2) e 7º (D7) dia de admissão. Curiosamente, estes autores não observaram diferenças significativas entre o grupo de pacientes sépticos e não sépticos em D1, D2 e D7 ($2,65 \pm 0,49$ e $2,36 \pm 0,56 \text{ kJ.min}^{-1}.\text{m}^2$; $0,68 \pm 0,4$ e $0,74 \pm 0,6 \text{ kJ.min}^{-1}.\text{m}^2$; $0,65 \pm 0,3$ e $0,78 \pm 0,5 \text{ kJ.min}^{-1}.\text{m}^2$, respectivamente). É muito razoável supor que o paciente criticamente enfermo apresenta uma série enorme de nuances que prejudicam a aplicação destas equações teóricas, em virtude, sobretudo, de sua labilidade e inconstância fisiológica. Dentre os principais aspectos observados, pode-se incluir: - sedação e/ou bloqueadores neuromusculares, catecolaminas vasoativas, instabilidade hemodinâmica, terapia nutricional (efeito termogênico), episódios de bacteremias, temperatura corpórea (hipo ou hipertermia), procedimentos terapêuticos. Estas razões são suficientes para explicar por que as predições do gasto energético diários são de difícil precisão nesses pacientes, ocorrendo, às vezes, o mesmo com o uso da calorimetria indireta. Em outras palavras, é muito difícil atingir um *steady state* no paciente em estado crítico, conseguindo-se medidas repetidas e constantes, em função do tempo⁽²⁶⁾. No presente estudo, nós observamos um valor diferença de RQ constante durante o protocolo, refletindo a obtenção de um verdadeiro *steady state* para os nossos pacientes.

É importante, contudo, salientar que quando estas equações teóricas são utilizadas, pode ocorrer uma administração de nutrientes inadequada conduzindo-se à sub ou superalimentação, cujos efeitos deletérios já foram bem documentados, dependentes ainda da via de administração desses nutrientes (parenteral ou enteral)⁽²⁷⁾. A inacurácia das equações teóricas torna-se, particularmente, importante nos pacientes graves de longa duração de doença. Estes pacientes são mais susceptíveis de evoluir para a síndrome de disfunção de múltiplos órgãos e, conseqüentemente, de apresentar uma deterioração do estado nutricional em virtude da persistência do estado hipermetabólico. Neste grupo de pacientes, a calorimetria indireta oferece a possibilidade de se observar a variabilidade do gasto energético diário e proceder às correções necessárias, a fim de se manter o balanço energético, durante todo o período de internação. Nesse contexto, Vermeij et al.⁽²⁸⁾, utilizando a calorimetria indireta em pacientes graves, investigaram se apenas uma medida diária do gasto energético poderia ser extrapolada para todo o tempo de perma-

nência na unidade de terapia intensiva. Estes autores observaram que apesar da média diária ser próxima da média de 7 dias de estudo, ocorreram variações de até 31% para o mesmo paciente. No presente estudo, a média do gasto energético medido pela calorimetria indireta (GER_{CI}) para toda a casuística foi de $1566,9 \pm 304,1$ kcal.d⁻¹ e através da equação de Harris-Benedict (GER_{H-B}) de $1446,3 \pm 232,9$ kcal.d⁻¹; 7,6% abaixo das medidas obtidas pelo calorímetro (média de 120 kcal.d⁻¹), enquanto que as correções efetuadas sobre os valores do GER_{H-B} superestimam o gasto energético em mais de 50%.

De acordo com as considerações tecidas acima, quais as conseqüências para o paciente criticamente enfermo de uma sub ou superalimentação?

Sabe-se que a administração insuficiente de energia, no paciente grave, é caracterizada por perda da massa muscular magra e eliminação importante de nitrogênio, via urina, conduzindo-o rapidamente a um estado de deterioração e desnutrição. Sob estas circunstâncias, os efeitos da desnutrição estão associados à redução da força da musculatura envolvida na respiração, levando a dependência do paciente ao respirador, além de aumentar a sua predisposição às infecções, cujas conseqüências incluem, de maneira direta, o aumento da morbimortalidade do mesmo. Por outro lado, a administração excessiva de nutrientes causa um estresse adicional, tendo como conseqüências as complicações cardiopulmonares (hipercapnia e dificuldades no desmame do respirador), hepáticas e metabólicas^(29,30,31,32,33).

Qual o papel da calorimetria indireta sobre a individualização da oferta de nutrientes nestes pacientes? O uso da calorimetria pode evitar esses erros de oferta?

Embora exista uma vasta literatura sobre o assunto, poucos estudos bem controlados, no entanto, foram conduzidos para responder a estas perguntas. Por exemplo, Vo et al.⁽⁴⁾ analisaram o impacto de infusões de altas concentrações de glicose parenteral (61 a 77% da proporção calórica diária) sobre a morbi-mortalidade de pacientes nas primeiras 24 horas de pós-operatório. Estes autores observaram o comportamento do coeficiente respiratório (QR) de um grupo de pacientes que recebeu 1,5 vezes o gasto energético basal ($RQ > 0,95$) e outro que recebeu 1,0 vez o gasto energético basal ($RQ < 0,95$). Foram observadas, no grupo que recebeu a maior oferta glucídica, episódios sépticos com maior frequência e uma mortalidade maior quando comparados ao outro grupo que recebia os nutrientes apenas para cobrir o gasto energético basal. Em um outro estudo clínico prospectivo e randomizado, foi comparado o uso da calorimetria indireta e o uso de equações teóricas, durante a terapia nutricional enteral (21 dias) em

um grupo de pacientes jovens (média de idade de 33 anos) com queimaduras graves. Os autores concluíram que havia uma diferença de apenas 20% entre os dois métodos⁽³⁴⁾. A exata extensão pela qual a sub ou superalimentação podem ser prejudiciais para o paciente em estado crítico permanece obscura, uma vez que por razões éticas é muito pouco provável que estudos controlados provocando essas condições, nessa população de pacientes, sejam conduzidos. Contudo, o consenso atual é o de que a energia fornecida esteja em equilíbrio com o gasto energético medido.

Além do que se verifica nos estados hipercatabólicos, um gasto energético medido abaixo do calculado, através da equação de Harris-Benedict, pode sugerir uma resposta hipometabólica. Realmente, diferentes estudos demonstraram que 15 a 20% dos pacientes em estado críticos são hipometabólicos^(22,24,35). No entanto, antes do paciente ser classificado como tal, devem ser verificados inúmeros erros técnicos durante a medição do gasto energético pelo calorímetro, a saber: - a simples colocação do paciente sob ventilação mecânica reduz o gasto energético em 15 a 20%⁽³⁶⁾; - erro de calibração do aparelho; - vazamentos nas conexões com o respirador e/ou tubo endotraqueal ou torácico, que podem causar perdas de volume expiratório (VE), importantíssimo nos cálculos do gasto energético, efetuados pelo microprocessador do calorímetro; - uso do peso do paciente utilizado na equação de Harris-Benedict, pois o peso medido pode ser diferente do peso habitual (ou pré-hospitalar), por influência da intensa mobilização do compartimento hídrico⁽³⁷⁾. Além disso, a formulação da dieta deve ser levada em consideração, por ocasião da interpretação dos dados fornecidos pelo calorímetro. Em outras palavras, um regime misto (carboidratos e lipídeos) está associado a um gasto energético menor do que um regime apenas rico em carboidratos. Foi demonstrado que quando a oferta está em equilíbrio com a necessidade energética, os pacientes apresentam um gasto energético muito menor do que aqueles que são hiperalimentados⁽³⁸⁾.

Os fatores mais importantes que podem causar o hipometabolismo são a sepse e a síndrome de disfunção de múltiplos órgãos. Nesses casos, existe uma perturbação do metabolismo oxidativo celular, cuja tendência é a diminuição do gasto energético. Nesse particular, Kreymann et al.⁽³⁹⁾ observaram a evolução temporal do gasto energético em um grupo de pacientes em estado crítico dividindo-os em 3 subgrupos: sepse, síndrome séptica e choque séptico. Foi demonstrado que quanto maior a gravidade do quadro infeccioso (choque séptico) menor é o gasto energético, porém maior é a mortalidade. Estes autores notaram, também, que na fase de

convalescença estes valores retornam rapidamente a normalidade. Estes achados sugerem que um certo grau de hipermetabolismo deve fazer parte da defesa orgânica contra uma agressão e que a identificação do hipometabolismo pode ser um fator prognóstico importante para indicar o resultado final da doença.

Existem evidências de que as complicações das doenças de base (pós-operatório complicado, sepse/choque séptico, trauma, queimaduras), como a síndrome do desconforto respiratório agudo (SARA), acentuam ainda mais o quadro clínico inicial de desnutrição e perda nitrogenada urinária. Conforme foi salientado anteriormente, vários estudos mostraram claramente que as equações teóricas não são precisas e nem acuradas, quando utilizadas neste tipo de complicação. Em um estudo conduzido com 112 pacientes em estado crítico sob ventilação mecânica, a energia medida foi 34% maior do que o gasto energético basal com uma enorme variação de 11% abaixo a 82% acima dos valores teóricos⁽²²⁾. Além do mais, é importante notar que o hipermetabolismo é um fator denominador comum dos pacientes graves com SARA, onde este tipo de paciente apresenta um grau interindividual muito variado de gasto energético e variações intraindividuais diárias^(40,41), cujo objetivo da terapia nutricional é evitar ao mesmo tempo a superalimentação e uma desnutrição profunda, reduzindo as chances de fadiga muscular e o desmame do respirador⁽⁴²⁾.

O hipermetabolismo observado nos pacientes com SARA aumenta a produção de gás carbônico (VCO_2), agravando uma condição pré-existente de remoção de gás carbônico (CO_2)⁽³⁸⁾. A taxa de VCO_2 depende do grau de hipermetabolismo e do tipo e da quantidade de nutrientes administrado⁽⁴³⁾. Assim, a quantidade de CO_2 produzida por unidade de energia (kcal) é significativamente menor durante a oxidação dos lipídeos (0,15 L.kcal⁻¹) do que para os carboidratos (0,20 L.kcal⁻¹). Mais uma vez, deve ser enfatizado que quando a terapia nutricional é isoenergética (energia administrada é equivalente à energia gasta), com teores de carboidratos abaixo de 60%, o impacto sobre a VCO_2 é muito pequeno. Por outro lado, existem evidências de que a administração de quantidades crescentes de calorias, mesmo com o teor de carboidratos abaixo de 60%, existe um aumento proporcional da VCO_2 , da ordem de 20 (1,5 vezes o gasto energético real) a 50% (2 vezes o gasto energético real)⁽³³⁾. Achados similares concuriram que o hipermetabolismo que acompanha a SARA é o principal determinante do aumento da demanda ventilatória (VE demand)⁽⁴⁴⁾. No entanto, um aumento na demanda ventilatória não prejudica a interpretação dos dados calorimétricos obtidos à beira do leito,

sobretudo se esses resultados forem expressos como a média de diversos tempos, pois existem dados na literatura que mostram que mudanças no VE somente produzirão alterações na leitura do aparelho depois de, ao menos, 120 minutos⁽⁴⁵⁾. Finalmente, face ao exposto, o risco de um aumento adicional da VCO_2 provocado pela terapia nutricional no paciente grave com SARA é melhor controlado através da medição da energia gasta, da VCO_2 e da manutenção do RQ entre 0,8 e 0,95 com a calorimetria indireta e não através do uso de equações teóricas acrescidas dos fatores de injúria, onde o risco de superestimação desse gasto, com conseqüente superalimentação, é quase certo.

Em conclusão, estes resultados sugerem que a equação de Harris-Benedict, sem os fatores de correção para injúria e atividade, aproximou-se mais do gasto energético medido por calorimetria indireta nos pacientes em estado grave. Além disso, o uso rotineiro da calorimetria indireta para guiar a suplementação calórica nos pacientes sépticos parece ser a técnica mais adequada na avaliação do gasto energético real neste grupo de pacientes. Além disso, o desenvolvimento de estratégias portáteis, não invasivas e exatas para a medida do VO_2 , à beira do leito, permite individualizar o planejamento nutricional de qualquer paciente grave. Nesse particular, o uso da calorimetria indireta a fim de se estimar o gasto energético pode permitir uma monitorização mais acurada das necessidades energéticas dos pacientes e diminuir os riscos relacionados com hiper ou hipo alimentação.

RESUMO

A determinação precisa das necessidades energéticas está incluída nos cuidados ao paciente em estado grave. O objetivo deste estudo foi comparar o gasto energético (GER) entre as equações de Harris-Benedict (H-B), os fatores de correção específicos para injúria de Long (CALC) e o a calorimetria indireta (CI), em pacientes sépticos.

Foram estudados 28 pacientes com sepse (15 homens e 13 mulheres), com idade de $46,6 \pm 19,5$ anos. O APACHE II foi de $23,7 \pm 7,8$ e o risco de óbito de $48,5 \pm 27,5$. O escore de sepse foi de $22 \pm 7,7$. Os pacientes foram divididos em dois grupos (I – n=19 – com quatro séries de medidas de CI durante 30 minutos e II – n=9 – uma medida com período de 30 a 60 minutos). Os valores médios do GER_{CI} no grupo I, nos tempos T_1 a T_4 , foram de 1625 kcal.d^{-1} (T_1), 1660 kcal.d^{-1} (T_2), 1685 kcal.d^{-1} (T_3) e 1705 kcal.d^{-1} (T_4), respectivamente. No grupo II, com apenas única medida (T_1), de 1351 kcal.d^{-1} . O valor médio GER_{H-B} foi de $1507,5 \pm 208,1 \text{ kcal.d}^{-1}$

no grupo I e $1317,1 \pm 240,7 \text{ kcal.d}^{-1}$ no grupo II. Quando utilizados os fatores de correção de Long (GER_{CALC}), esses valores aumentaram nos dois grupos (I = $2894,5 \pm 399,6 \text{ kcal.d}^{-1}$ e II = $2528,8 \pm 462,1 \text{ kcal.d}^{-1}$). Em média, o $\text{GER}_{\text{H-B}}$ foi estatisticamente diferente ($p=0,02$) dos valores obtidos pela CI, apenas no grupo I. No entanto, quando aplicados os fatores específicos de correção, foram observadas diferenças nos dois grupos. Para toda a casuística, houve uma variação de 7,6% entre o GER_{CI} e o $\text{GER}_{\text{H-B}}$ ($p=0,007$). Em conclusão, nossos dados demonstraram pequenas diferenças entre o GER medido através da CI e o calculado pela equação de H-B, com pouca importância clínica. No entanto, os valores obtidos quando a equação é corrigida pelos fatores de injúria, superestima o GER em mais que 50%.

Unitermos: Sepsis, gasto energético, calorimetria indireta.

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

- Hwang TL, Huang SL, Chen MF. The use of indirect calorimetry in critically ill patients. The relationship of measured energy expenditure to injury severity score, septic severity score, and APACHE II score. *J Trauma* 1993; 34:247.
- Frankenfield DC, Wiles CE, Bagley S, Siegel JH. Relationship between resting and total energy expenditure in injured and septic patients. *Crit Care Med* 1994; 22:1796.
- Giovannini I, Chiarla C, Boldrini G, et al. Bases Fisiológicas da Monitorização Cardiorespiratória. In: Terzi RGG & Araújo S. Monitorização hemodinâmica e suporte cardiocirculatório do paciente crítico, 2.ed. São Paulo: Atheneu; 1995. p. 157-169.
- Vo NM, Waycaster M, Acuff RV, et al. Effect of postoperative carbohydrate overfeeding. *Am Surg* 1987; 53:632.
- Freund HR. Abnormalities of liver function and hepatic damage associated with total parenteral nutrition. *Nutrition* 1991; 7: 1-5.
- Payne-James JJ, Silk DB. Hepatobiliary dysfunction associated with total parenteral nutrition. *Dig Dis* 1991; 9: 106-124.
- Pollack MM, Ruttimann UE, Wiley JS. Nutritional depletions in critically ill children: associations with physiologic instability and increased quantity of care. *J Parent Enteral Nutr* 1985; 9: 309-313.
- Border JR, Hassett J, LaDuca J. The gut origin septic states in blunt multiple trauma (ISS=40) in ICU. *Ann Surg* 1987; 206: 427-448.
- Harris JA, Benedict FG. A biometric study on basal metabolism in men. Washington, DC, Carnegie Institute of Washington, 1919, Public No 279.
- 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.
- Phillips R, Ott L, Young B. Nutritional support and measured energy expenditure of the child and adolescent with head injury. *J Neurosurg* 1987; 67: 846-851.
- Tilden SJ, Watkins S, Tong TK. Measured energy expenditure in pediatric intensive care patients. *Am J Dis Child* 1989; 2: 143-150.
- Talbot FB. Basal metabolism standards for children. *Am J Dis Child* 1938; 55: 455-459.
- Grant JP. Handbook of total parenteral nutrition. Philadelphia: WB Saunders, 1980: 12-16.
- Elwyn DH, Kinney JM, Askanazi J. Energy expenditure in surgical patients. *Surg Clin North Am* 1981; 61: 545-546.
- Long CL, Schaffel BS, Geiger BA, et al. Metabolic response to injury and illness: estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *J Parenter Enteral Nutr* 1979; 3: 452-456.
- 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; 101:1644-1655.
- Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, et al. Apache II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med* 1985; 13: 818-829.
- Elebute EA, Stoner HB. The grading of sepsis. *Br J Surg* 1983; 70: 29-31.
- 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.
- 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.
- Swinamer DL, Grace MG, Hamilton SM, et al. Predictive equation for assessing energy metabolism in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care Med* 1990; 18:657.
- Sunderland PM, Heilbrun MP. Estimating energy expenditure in traumatic brain injury: Comparison of indirect calorimetry with predictive formulas. *Neurosurgery* 1992; 31:246-253.
- Weissman C, Kemper M, Askanazi J, et al. Resing metabolic rate in the critically ill surgical patients: measured vs predicted. *Anesthesiology* 1986; 64:673.
- Zauner C, Schuster BI, Schneeweiss B. Similar metabolic response to standardized total parenteral nutrition of septic and non septic critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 2001; 74:265-270.
- Brandi LS, Bertolini R, Calafà M. Indirect calorimetry in critically ill patients: Clinical applications and practical advice. *Nutrition* 1997; 13:349-358.
- Kemper M, Weissman C, Hyman AI. Caloric requirements and supply in critically ill surgical patients. *Crit Care Med* 1992; 20:344.
- Vermeij CG, Feenstra BWA, van Lanschoot JJB, Bruining HA. Day-to-day variability of energy expenditure in critically ill surgical patient. *Crit Care Med* 1989; 17:623.
- Sheldon GF, Petersons SR, Sanders R. Hepatic dysfunction during hyperalimentation. *Arch Surg* 1976; 113:504.
- Askanazi J, Rosenbaum SH, Hyman AL, et al. Respiratory changes induced by the large glucose loads of total parenteral nutrition. *JAMA* 1980; 243:1444.
- Driver AG, Le Brun M. Iatrogenic malnutrition in patients receiving ventilatory support. *JAMA* 1980; 244:2195.
- Kelly S, Rosa A, Field F, Coughlin M, Shizgal HM, Macklem PT. Inspiratory muscle strength and body composition in patients receiving total parenteral nutrition therapy. *Am Rev Resp Dis* 1984; 130:33.
- Talpers SS, Romberger DJ, Gunce SB, Pingelton SK. Nutritionally associated increased carbon dioxide production: excess total calories vs high proportion of carbohydrate calories. *Chest* 1992; 102:551.
- Saffle JR, Larson CM, Sullivan J. A randomized trial of indirect calorimetry-based feedings in thermal injury. *J Trauma* 1990; 30:776.
- Makk LJ, McClave SA, Creech PW, et al. Clinication application of the metabolic cart to the delivery of total parenteral nutrition. *Crit Care Med* 1990; 18:1320.
- Field S, Kelly S, Macklem PT. The oxygen cost of breathing in patients with cardiorespiratory disease. *Am Rev Resp Dis* 1982; 126:9.
- Weissman C, Kemper M. Assessing hypermetabolism and hypometabolism in the postoperative critically ill patient. *Chest* 1992; 102:1566.
- Takala J. Nutrition and metabolism in acute respiratory failure. In: Wilmore DW, Carpenter YA, eds. Metabolic support of the critically ill patient. Berlin: Springer Verlag, 1993:390-9.
- Kreymann G, Grosser S, Buggisch P, et al. Oxygen consumption and resting metabolic rate in sepsis, sepsis syndrome, and septic shock. *Crit Care Med* 1993; 16:1117.
- Carlsson M, Nordenstrom J, Hedersteinra G. Clinical implications of continuous measurement of energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Clin Nutr* 1984; 24:103.
- Weissman C, Kemper M, Elwyn DH, et al. The energy expenditure of mechanically ventilated critically ill patients. An analysis. *Chest* 1986; 89:254.
- Benotti PN, Bistran B. Metabolic and nutritional aspects of weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1989; 17:181.
- Liposky JM, Nelson LD. Ventilatory response to high caloric loads in critically ill patients. *Crit Care Med* 1994; 22:796.
- Kiisky R, Takala J. Hypermetabolism and efficiency of CO_2 removal in acute respiratory failure. *Chest* 1994; 105: 1198.
- Brandi LS, Bertolini R, Santini L, Cavani S. Effects of ventilator resetting on indirect calorimetry measurement in the critically ill surgical patient. *Crit Care Med* 1999; 27:531-39.