



Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar - Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Medicina. Ano Letivo 2013/2014

Artigo de Investigação Científica

CALORIMETRIA INDIRECTA NO DOENTE CRÍTICO. SERÁ QUE SE JUSTIFICA?

Carina Alexandra Vaz de Freitas

Orientador: Dr. Aníbal Defensor Moura Sousa Marinho

Porto, 2014.

CALORIMETRIA INDIRECTA NO DOENTE CRÍTICO. SERÁ QUE SE JUSTIFICA?

Carina Alexandra Vaz de Freitas, aluna do 6.º ano do Mestrado Integrado em Medicina do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar - Universidade do Porto.

Orientador: Dr. Aníbal Defensor Moura Sousa Marinho

(Médico, Diretor de Serviço de Cuidados Intensivos do Centro Hospitalar do Porto e Professor Auxiliar Convidado do ICBAS/UP)

Dissertação de candidatura ao grau de Mestre em Medicina, submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto, Rua de Jorge Vitebro Ferreira N°228, 4050-313 Porto, Portugal.

Este trabalho segue as normas de publicação da Revista da Associação Portuguesa de Nutrição Entérica e Parentérica (APNEP) onde se perspetiva ser publicado.

ÍNDICE

Página do título.....	1
Resumo	2
Abstract	3
Introdução.....	4
Material e Métodos	7
Resultados.....	9
Discussão	11
Agradecimentos.....	14
Referências bibliográficas.....	15
Tabelas.....	19
Figuras.....	25

Calorimetria indireta no doente crítico. Será que se justifica?

C Freitas¹, A Marinho², M Santos³, B Oliveira⁴, F Correia⁵

1. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS).
2. Centro Hospitalar do Porto ▪ Hospital de Santo António ▪ Serviço de Cuidados Intensivos 1.
3. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto (FCNAUP).
4. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto (FCNAUP).
5. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto (FCNAUP).

Correspondência: Carina Freitas. Rua da Lamela 147 Sanfins, 4595-373 Paços de Ferreira. Telemóvel: 91 2676817. carinavdfreitas@gmail.com

Não foi fornecido qualquer tipo de suporte financeiro para a realização deste trabalho.

RESUMO

Introdução: Os doentes críticos são um grupo de doentes francamente hipercatabólicos e hipermetabólicos que necessitam de um suporte nutricional adequado às suas necessidades energéticas.

Objetivos: Avaliar se a equação preditiva de Harris-Benedict consegue prever adequadamente o consumo energético do doente crítico nos primeiros dias de internamento, quando comparada pela avaliação por calorimetria indireta.

Material e Métodos: Estudo retrospectivo realizado no Serviço de Cuidados Intensivos 1 do Centro Hospitalar do Porto, no qual foram recolhidos dados demográficos e determinado o consumo energético quer por calorimetria indireta, quer pela fórmula de Harris-Benedict de doentes internados entre Janeiro de 2003 e Abril 2014.

Resultados: Incluíram-se neste estudo 73 doentes (34,2% feminino, 65,8% masculino). Foi efetuada uma medição de calorimetria indireta a cada doente, sendo que 72,6% decorreram nas primeiras 48 horas de internamento. Não se encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos pelos dois métodos ($p=0,098$). O consumo energético avaliado por calorimetria indireta foi, em média, de $21,33 \pm 6,69$ Kcal/Kg/dia (mediana=19,8) e, quando comparado à equação de Harris-Benedict, evidenciou-se um valor subestimado de, em média, 1,3 Kcal/Kg/dia.

Discussão e Conclusão: Os fatores positivos que levam à sobrestimação das necessidades calóricas dos doentes, são, frequentemente, anulados por fatores negativos que induzem uma subestimação dessas mesmas necessidades energéticas. Assim, ao contrário do que vem descrito na última *guideline* da ESPEN, consideramos que deve ser fornecido um aporte calórico entre 15-20 Kcal/Kg/dia ao doente crítico, nos primeiros dias de internamento. A calorimetria indireta continua a ser o *Gold standard* na avaliação das necessidades energéticas dos doentes críticos, nomeadamente numa fase aguda, sendo o seu papel importante para a elaboração de um esquema calórico personalizado a cada doente.

ABSTRACT

Indirect calorimetry in critically ill patients. Is it justified?

Introduction: Critical patients are a group of patients that are frankly hypercatabolic and hypermetabolic, requiring nutritional support suitable for their energy needs.

Objectives: To evaluate whether the Harris-Benedict equation can adequately predict the energy consumption of critically ill patients during the first days of hospitalization when compared with evaluation by means of indirect calorimetry.

Methods and Materials: A retrospective study performed of patients admitted between January 2003 and April 2014 in the Intensive Care Unit 1 of the Oporto Hospital Centre, in which demographic data was collected and energy consumption was determined by both indirect calorimetry and by the Harris-Benedict formula.

Results: The study included 73 patients (of which 34.2% were female, and 65.8% were male). An indirect calorimetric measurement was taken of each patient, most of which were recorded within the first 48 hours of admission. No statistically significant difference was found between the results obtained by both procedures ($p=0.098$). Average energy consumption assessed by indirect calorimetry was of 21.33 ± 6.69 Kcal/Kg/day (median = 19.8) and when compared to the method using the Harris-Benedict equation, the result revealed was an underestimate, on average, of 1.3 Kcal/Kg/day.

Discussion and Conclusion: The positive factors that lead to an overestimation of caloric needs of patients are often outweighed by negative factors that induce an underestimation of those energy requirements. Therefore, as opposed to the description of ESPEN's latest guidelines, we believe that caloric intake should be 15-20 Kcal/Kg/day for critical patients during the first days of hospitalization. Indirect calorimetry remains the gold standard method for the assessment of the energy requirements of critically ill patients, particularly in the acute phase, demonstrating its major role in the development of a personalized calorie regimen for each patient.

INTRODUÇÃO

O doente crítico é aquele que, devido a uma agressão aguda necessita de cuidados complexos e de monitorização constante sendo, para isso, internado numa Unidade de Cuidados Intensivos (UCI). (1) Uma cascata de alterações metabólicas aumenta o risco de desnutrição (2, 3) que, de facto, é prevalente nestes doentes (4, 5) sendo uma causa importante de desenvolvimento de falência orgânica. (6-8) Estes dois fatores - *stress* metabólico (associado à doença aguda) sobreposto à desnutrição – podem agravar o prognóstico destes doentes e condicionar um aumento dos custos económicos dos mesmos. (9, 10)

O estado nutricional tem um impacto significativo na evolução clínica dos doentes. (11, 12) A hiponutrição pode acarretar um aumento de infeções nosocomiais, debilitação do sistema imunitário, alteração da cicatrização, perda de massa muscular, disfunção dos músculos respiratórios, ventilação mecânica prolongada e insuficiência respiratória. (11, 13, 14) Por outro lado, a hipernutrição também pode prolongar a ventilação mecânica ao causar um aumento de produção de dióxido de carbono, o que aumenta a necessidade de ventilação para manter o equilíbrio dos gases no sangue arterial. (6, 15) Pode ainda ampliar o *stress* fisiológico resultando em lipogénese, azotemia, hiperglicemia, sobrecarga de líquidos, disfunção hepática, produção excessiva de dióxido de carbono (CO₂), aumento do consumo de oxigénio e comprometimento respiratório. (11, 13, 14,16)

Um suporte nutricional adequado leva a uma redução das taxas de complicações e dos custos pelo que a hipo como a hipernutrição devem ser minimizadas. (17)

O consumo energético (CE) do doente varia em função das patologias subjacentes, das suas próprias necessidades metabólicas, além de que cada doente pode ter uma resposta metabólica única perante um dado estado patológico. Além do mais, os sinais de nutrição inadequada podem ser mascarados por um quadro de hiperhidratação que muitas vezes estes doentes apresentam. Assim, os indicadores de nutrição inadequada podem nem sempre ser facilmente evidentes para o clínico. (11)

Por outro lado, constata-se, na atualidade, que a maior parte dos doentes internados nas UCI são doentes que apresentam uma idade média mais elevada, encontram-se, com frequência, mais sedados (não só pelo facto dos sedativos serem de curta ação mas também pela necessidade de manter estes doentes o mais adaptados

possível ao modo ventilatório selecionado), para além de se encontrarem, frequentemente, medicados com bloqueadores beta adrenérgicos.

Assim, de forma a assegurar as necessidades energéticas destes doentes e a evitar as múltiplas consequências deletérias associadas à hiper ou hiponutrição, a determinação precisa do CE seria o ideal. (18-23)

A calorimetria indireta (CI) é um método não invasivo, que determina as necessidades energéticas e a taxa de utilização dos substratos a partir do volume de oxigénio consumido (VO_2) e da produção de CO_2 (VCO_2), obtidos por análise do ar inspirado e expirado. (24)

Atualmente, é considerada o método *Gold standard* para a determinação do CE total. (25-27) Regimes de nutrição baseados nos CE calculados por CI evitam as consequências negativas associadas com a hipo e hipernutrição. (13) No entanto, possui limitações técnicas como a exigência de pessoal treinado com disponibilidade, a necessidade de fração de oxigénio inspirado menor do que 0,6 e o custo elevado do equipamento (24, 27) pelo que, apesar de seus benefícios, a CI é subutilizada na prática clínica. (28)

Existem outros métodos preditivos, de mais fácil aplicabilidade, que têm sido usados com maior frequência para otimizar o aporte nutricional. (29) Contudo, esses métodos são, muitas vezes, considerados imprecisos, pelo que a sua aplicabilidade clínica não é universalmente aceite. (11, 30-33)

O uso de equações para estimar o CE é um destes métodos (29), sendo que o CE pode ser estimado por uma ampla variedade de fórmulas publicadas. (34) Uma das mais comumente usadas para nutrição inclui a equação de Harris-Benedict (HB). (29, 35-39) A equação HB tem sido referida em diversos estudos publicados como subestimando as necessidades energéticas dos doentes críticos. Por outro lado, sempre que se associam fatores de *stress* presentes num doente crítico à fórmula basal, a maioria dos estudos conclui que esta fórmula hipervaloriza as necessidades energéticas do doente crítico.

O principal objetivo do trabalho consistiu em avaliar se a equação preditiva de HB consegue prever adequadamente qual o CE do doente crítico nos primeiros dias de internamento, período em que o doente se encontra com maior instabilidade hemodinâmica, numa fase predominantemente pró-inflamatória e, ao mesmo tempo, francamente mais sedado para permitir uma maior adaptação a um suporte ventilatório artificial. Como estes fatores são considerados *per si* como potenciais

modificadores do CE do doente crítico, iremos procurar avaliar qual o seu impacto para a alteração no CE destes doentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudo retrospectivo realizado no Serviço de Cuidados Intensivos 1 do Centro Hospitalar do Porto, para o qual foi obtida aprovação pelo Conselho de Administração, Direção Clínica e Comissão de Ética para a Saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP).

Foram incluídos os doentes críticos com internamento mínimo de 3 dias, submetidos a CI entre Janeiro de 2003 e Abril 2014 e cujos dados antropométricos (peso e altura) foram registados. Foram excluídos todos os doentes com idade inferior a 18 anos, não ventilados, com fração de oxigénio inspirado superior a 0,6, medições de CI com valores de quociente respiratório (QR) inferior a 0,67 e os doentes dos quais não foi possível obter os registos clínicos necessários ao estudo.

Em todos os doentes, procedeu-se à colheita dos seguintes dados: a idade, os dados antropométricos, índice de massa corporal (IMC), o diagnóstico à admissão estratificado em cinco grupos (patologia médica, cirúrgica programada, cirúrgica urgente, neurocirúrgica ou transplantação). Juntamente com o registo da CI, procedeu-se ao registo dos valores de aminas vasopressoras em curso, qual a sedação efetuada, avaliação do score SOFA (Sequential Organ Failure Assessment score) e do estado inflamatório/ infeccioso do doente, tendo em conta os valores de Proteína C Reativa (PCR) e de leucócitos no sangue periférico.

O CE basal estimado (Kcal/dia) foi calculado pela equação de HB – género masculino: $66,47 + 13,75.P + 5,003.A - 6,755.I$; género feminino: $655,09 + 9,563.P + 1,85.A - 4,676.I$, onde P, A e I correspondem, respetivamente, ao peso (Kg), à altura (cm) e à idade (anos). Não foram aplicados fatores de *stress*/ atividade à equação.

O CE real foi avaliado por um aparelho de CI respiratória, monitor Deltatract™ II, calibrado antes de cada medição conforme as recomendações do fabricante. (40) Apenas uma medição por doente foi realizada, sem período específico estabelecido para a realização da mesma. Em cada medição foram recolhidos os valores de VO_2 , VCO_2 e QR.

A análise estatística foi efetuada com o auxílio dos *softwares* Excel 2010 (Microsoft Corp., EUA) e Statistical Package for the Social Sciences versão 21.0 (SPSS Inc., EUA).

Para a caracterização da amostra foi aplicada estatística descritiva para as variáveis contínuas, com resultados apresentados em valores médios, com desvio padrão e mediana. As variáveis categóricas são apresentadas em percentual.

Na análise dos dados foi aplicado um Teste T para amostras emparelhadas para avaliar os CE obtidos pelos diferentes métodos. A comparação do CE tendo em conta as variáveis consideradas foi realizada pelo Teste T para amostras independentes e quocientes de correlação de Pearson e de Spearman. Em todos os testes foi considerado um nível de significância estatística de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Foram avaliados 73 doentes com uma idade mediana de 68 anos, predominantemente do foro neurocirúrgico e que apresentavam um valor mediano de *score* SOFA de 6. (ver restantes características da amostra na Tabela 1)

Relativamente à idade dos doentes selecionados, verificou-se que 43,8% apresentavam uma idade superior a 70 anos.

O IMC médio da população em estudo foi de $26,57 \pm 5,24$ Kg/m², sendo que 60,27% dos doentes apresentavam um IMC igual ou superior a 25 Kg/m².

O tempo médio de internamento foi de $16,75 \pm 15,22$ dias com um valor mínimo de 3 dias e máximo de 76 dias.

Consumos energéticos obtidos pelos diferentes métodos:

As avaliações efetuadas por CI decorreram predominantemente nas primeiras 48 horas de internamento (72,6% (n=53)).

Em relação ao CE avaliado por CI e ao calculado através da equação HB, sabe-se que ambas as variáveis seguem uma distribuição normal e apresentam uma correlação moderada, não se tendo verificado, com 95% de confiança, diferenças estatisticamente significativas entre estes dois métodos ($p=0,098$). (Tabela 2)

Assim, numa análise global, os resultados obtidos pela equação de HB quase que avaliam corretamente as necessidades energéticas dos doentes estudados verificando-se um défice médio de 1,3 Kcal/Kg/dia. (Tabela 2)

No entanto, se de uma forma global não parece haver diferenças estatisticamente significativas, há que ter em atenção que o desvio padrão obtido é elevado, verificando-se que a equação HB apenas consegue prever, de forma precisa - dados compreendidos em $\pm 10\%$ dos obtidos pela CI (30), o consumo energético em 38,35% dos doentes. (Figura 1)

Fatores que podem interferir com o consumo energético:

Género

O CE calculado por CI revelou-se significativamente superior nos indivíduos do sexo masculino ($p=0.005$), com valores médios de $1663,1 \pm 400,2$ Kcal/dia quando comparado com os CE médios de $1369,6 \pm 428,4$ Kcal/dia verificados nos indivíduos de sexo feminino. (Tabela 3)

Aminas vasopressoras

A análise efetuada indicou que a administração de aminas vasopressoras não influenciou significativamente o CE médio por dia ($p=0,212$). (Tabela 4)

Sedação

A análise efetuada indicou que, de uma forma global, a administração de sedação não influenciou significativamente o CE médio por dia ($p=0,058$), parecendo ocorrer um maior CE nos doentes sedados. No entanto, quando se procedeu à correção do CE obtido em função do peso do doente, verificou-se que os doentes sedados apresentavam um CE menor. (Tabela 5)

Proteína C Reativa (PCR)

Pelo quociente de correlação de Pearson obteve-se uma correlação positiva e estatisticamente significativa ($p=0,032$) entre o CE obtido por CI e o valor de PCR. Assim valores mais elevados de PCR (nível agravado de inflamação) corresponderam a necessidades energéticas mais acentuadas.

Leucócitos

Pelo quociente de correlação de Spearman os níveis de leucócitos não mostraram influenciar de forma significativa o CE dos doentes ($p=0,578$).

IMC

O quociente de correlação de Pearson demonstrou uma correlação positiva mas não significativa ($p=0,188$) entre o CE medido por CI e o IMC dos doentes.

No entanto, revelou uma correlação estatisticamente significativa ($p=0,044$) entre o IMC dos doentes e a diferença entre o CE medido por CI e o calculado pela equação de HB. Na Figura 2 é possível observar a relação obtida entre o IMC e a diferença entre o CE medido por CI e o calculado pela equação de HB.

DISCUSSÃO

O primeiro passo para o planejamento da terapêutica nutricional é o de avaliar as necessidades nutricionais para cada doente. O doente crítico apresenta necessidades energéticas muito variáveis, sendo muitas vezes considerado um doente em estado francamente hipercatabólico e hipermetabólico (41-43), com vários fatores que podem potencializar ainda mais as necessidades energéticas (tais como a necessidade de aminas vasopressoras, a presença de hipertermia e a presença de um estado de hiperinflamação). Isto leva a que, na atualidade, *guidelines* como da ESPEN (44) aconselhe que a estes doentes seja fornecida uma carga calórica de 25 Kcal/Kg/peso.

Discute-se muito, também, se o fornecimento calórico inadequado na primeira semana de internamento pode traduzir uma prestação de cuidados subótima ao doente. (41) Esta preocupação levou esta *guideline* (44) preconizar a utilização de nutrição parentérica precoce.

No entanto, estas necessidades poderão não ser assim tão elevadas, tendo em conta que estes doentes se encontram, numa fase inicial, francamente sedados, imobilizados, com suporte ventilatório e com um controlo rigoroso da hipertermia (45), fatores estes que podem reduzir de forma significativa o CE colocando-o perto dos valores obtidos quando se procede ao cálculo do CE basal.

No nosso estudo verificámos que, na globalidade, o CE médio avaliado por CI era idêntico ao CE basal médio calculado pela equação de HB sem fatores de *stress*.

Verificámos ainda que o género é um fator com impacto significativo no CE, fator este já de si sobreavaliado na equação de HB. Os fatores que são, habitualmente, considerados como potenciadores do CE, tais como a administração de aminas vasopressoras e a presença de marcadores inflamatórios (PCR) elevados, embora estivessem associados a um maior CE diário, este aumento apenas se verificou estatisticamente significativo com a variável PCR. Por outro lado, os doentes sedados apresentaram um CE por quilograma de peso mais baixo, embora de uma forma não significativa.

Estes resultados vão de encontro à ideia de Zauner *et al* (45) de que apesar de estes doentes apresentarem, nos primeiros dias de internamento, vários fatores positivos que podem levar à sobrestimação das necessidades energéticas, coexistem fatores negativos que levam, por sua vez, à subestimação dessas

mesmas necessidades e que amenizam o efeito do estado de hipercatabolismo e hipermetabolismo sobre o CE.

Este facto é extremamente importante dado que um estado de hipernutrição num doente com instabilidade hemodinâmica, insuficiência respiratória e, portanto, com uma incapacidade de proceder a um fornecimento adequado de oxigénio aos tecidos pode ter um impacto negativo na morbilidade e no prognóstico do doente. (11, 13, 14,16)

Estudos recentes vieram introduzir o conceito de “subnutrição permissiva” nos primeiros dias de internamento e demonstrado o seu possível efeito benéfico numa fase aguda do doente crítico. (46-48) Stucky *et al* (49) verificaram um CE médio inferior ao preconizado pelas diretrizes atuais e recomendam, inclusivamente, a utilização de regimes nutricionais hipocalóricos na generalidade dos internados em UCI. De modo semelhante, observámos no nosso estudo que os doentes apresentaram um CE médio (21,33 Kcal/Kg/dia) inferior ao atualmente recomendado pela ESPEN. (44)

Entretanto, há que salientar que, se de forma global a equação preditiva de HB pereceu avaliar corretamente as necessidades energéticas dos doentes, individualmente esta apenas conseguiu prever, de forma precisa, o CE de cerca de 38% dos doentes. No entanto, e tal como Pirat *et al* (30) concluíram, consideramos a equação de HB sem fatores de *stress* uma ferramenta útil na avaliação do CE nos primeiros dias de internamento, quando a CI não se encontra disponível.

Um outro fator que poderá ter influência nas necessidades energéticas destes doentes é o IMC do doente. Para IMC <30Kg/m² verificou-se que existe uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre IMC e a diferença entre o CE medido por CI e o calculado pela equação de HB, e que esta relação passa a negativa quando o IMC é ≥30Kg/m². Com isto, conclui-se que para IMC <30 Kg/m², a equação HB subestima as necessidades energéticas avaliadas por CI e, opostamente, aproximadamente a partir deste valor de IMC, a mesma equação preditiva sobrestima as necessidades do doente, em relação à CI.

Em conclusão, ao contrário do que vem descrito nas últimas *guidelines* da ESPEN (44), poderá ser adequado um aporte energético compreendido entre as 15 e 20 Kcal/Kg/dia nos primeiros dias de internamento. Atendendo a que a maior parte destes doentes se encontram instáveis e com fornecimento inadequado de oxigénio

aos tecidos, não fará sentido que se proceda a um reforço calórico por via parentérica para se atingir um valor de 25 Kcal/Kg/dia.

A CI continua a ser o método *Gold standard* na avaliação das necessidades energéticas destes doentes, nomeadamente, numa fase aguda em que existem vários fatores que, de uma maneira positiva ou negativa, podem interferir no CE destes doentes, sendo o seu papel importante para a elaboração de um esquema calórico personalizado a cada doente. Perante a indisponibilidade de CI, a equação de HB sem fatores de stress parece ser uma ferramenta útil na avaliação do CE destes doentes nos primeiros dias de internamento.

Não podemos deixar de referir as limitações deste estudo que incluem uma pequena população, bem como o facto dos procedimentos e dados recolhidos do calorímetro serem operador-dependentes.

AGRADECIMENTOS

Ao *Doutor Aníbal Marinho*, o meu sincero agradecimento pela orientação neste trabalho. Muito obrigada pelo profissionalismo, entusiasmo, motivação, disponibilidade e boa disposição em todos os momentos. O seu apoio foi determinante na elaboração desta dissertação.

À *Mariana Santos*, um muito obrigada pela ajuda e o apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moreno R, Vincent JL, Matos R, Mendonça A, Cantraine F, Thijs L. The use of maximum SOFA score to quantify organ dysfunction in intensive care. *Intensive Care Med.* 1999; 25:686-696.
2. Chioléro R, Revely JP, Tappy L. Energy metabolism in Sepsis and Injury. *Nutrition* 1997; 13(9): 45-51.
3. Smith MK, Lowry SF. The Hypercatabolic State. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC, editores. *Modern Nutrition in Health and Disease.* 9ªed. Baltimore: Williams&Wilkins; 1999. Cap.96, 1555-1568.
4. Reid CL. Nutritional requirements of surgical and critically-ill patients: do we really know what they need? *Proc Nutr Soc.* 2004; 63:467-472.
5. Cerra FB, Benitez MR, Blackburn GL, et al. Applied nutrition in ICU patients. A consensus statement of the American College of Chest Physicians. *Chest.* 1997; 111:769-778.
6. McMahan MM, Farnell MB, Murray MJ. Nutritional support of critically ill patients. *Mayo Clin Proc.* 1993; 68:911-920.
7. Bower RH. Nutritional and metabolic support of critically ill patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1990; 14:257-259.
8. Cerra FB. How nutrition intervention changes what getting sick means. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1990; 14:164-168.
9. Reilly JJ, Hull SF, Albert N, Waller A, Bringardener S. Economic impact of malnutrition: a model system for hospitalized patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1988; 12:371-376.
10. Foster GD, Knox LS, Dempsey DT, Mullen JL. Caloric requirements in total parenteral nutrition. *J Am Coll Nutr.* 1987; 6:231-253.
11. McClave SA, Lowen CC, Kleber MJ, et al. Are patients fed appropriately according to their caloric requirements? *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1998; 22:375-381.
12. Fontoura CS, Cruz DO, Londero LG, Vieira RM. Avaliação nutricional de paciente crítico. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2006; 18(3):298-306.
13. McClave SA. The consequences of overfeeding and underfeeding. *J Resp Care Pract.* 1997; 10:57-8,60,62- 64.

14. Branson RD. Indirect calorimetry and its application in the critical care setting. *Pathways in Critical Care* 1994; 1(3):1-5.
15. Covelli HD, Black JW, Olsen MS, Beekman JF. Respiratory failure predicted by high carbohydrate loads. *Ann Intern Med.* 1981; 95:579-581.
16. Klein CJ, Stanek GS, Wiles CE. Overfeeding macronutrients to critically ill adults: Metabolic complications. *J Am Diet Assoc.* 1998; 98:795-806.
17. Alberda C, Snowden L, McCargar L, Gramlich L. Energy Requirements in Critically Ill Patients: How Close Are Our Estimates? *NutrClinPract.* 2002; 17:38.
18. Hill AG, Hill GL. Metabolic response to severe injury. *Brit J Surg.* 1998; 85(7):884-90.
19. Rubinson L, Diette GB, Song X, Brower RG, Krishnan JA. Low caloric intake is associated with nosocomial bloodstream infections in patients in the medical intensive care unit. *Crit Care Med.* 2004; 32(2):350-7.
20. Klein S, Kinney J, Jeejeebhoy K, Alpers D, Hellerstein M, Murray M, et al. Nutrition support in clinical practice: review of published data and recommendations for future research directions. Summary of a conference sponsored by the National Institutes of Health, American Society for Parenteral and Enteral Nutrition, and American Society for Clinical Nutrition. *Am J Clin Nutr.* 1997; 66(3):683-706.
21. Doekel RC Jr, Zwillich CW, Scoggin CH, Kryger M, Weil JV. Clinical semi starvation: depression of hypoxic ventilatory response. *N Engl J Med.* 1976; 295(7):358-61.
22. Good RA, Lorenz E. Influence of energy levels and trace metals on health and life span. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1990; 14(5):230-6.
23. Mechanik JI, Brett EM. Nutrition and the chronically critically ill patient. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2005; 8(1):33-9.
24. Basile Filho A, Martins MA, Antoniazzi P, Marchini JS. A calorimetria indireta no paciente em estado crítico. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2003; 15(1):29-33.
25. MacDonald A, Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. *Nutrition.* 2003; 19(3):233-9.
26. Flanbaum L, Choban PS, Verducci J, et al. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and predictive equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69:461-466.

27. Frankenfield D, Hise M, Malone A, Russell M, Gradwell E, Compher C. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence. *J Am Diet Assoc.* 2007; 107(9):1552-61.
28. McClave SA, McClain CJ, Snider HL. Should indirect calorimetry be used as part of nutritional assessment? *J Clin Gastroenterol.* 2001; 33:14-19.
29. Reid CL. Poor agreement between continuous measurements of energy expenditure and routinely used prediction equations in intensive care unit patients. *Clin Nutr.* 2007; 26(5):649-57.
30. Pirat A, Tucker AM, Taylor KA, Jinnah R, Finch CG, Canada TD, et al. Comparison of measured versus predicted energy requirements in critically ill cancer patients. *Respir Care.* 2009; 54(4):487-94
31. Kross EK, Sena M, Schmidt K, Stapleton RD. A comparison of predictive equations of energy expenditure and measured energy expenditure in critically ill patients. *J Crit Care* 2012; 27(3):321.e5-12.
32. Hoffer LJ. Protein and energy provision in critical illness. *Am J Clin Nutr.* 2003; 78(5):906-11.
33. Boullata J, Williams J, Cottrell F, Hudson L, Compher C. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. *J Am Diet Assoc.* 2007; 107(3):393-401.
34. Cheng CH, Chen CH, Wong Y, Lee BJ, Kan MN, Huang YC. Measured versus estimated energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Clin Nutr.* 2002; 21(2):165-72.
35. Ahmad A, Duerksen DR, Munroe S, Bistrain BR. An evaluation of resting energy expenditure in hospitalized, severely underweight patients. *Nutrition* 1999; 15:384-388.
36. Matarese L. Indirect calorimetry: Technical aspects. *J Am Diet Assoc.* 1997; 10(2):154-160,
37. Frankenfield DC, Muth ER, Rowe WA. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: History and limitations. *J Am Diet Assoc.* 1998; 4:439–445.
38. Zauner A, Schneeweiss B, Kneidinger N, Lindner G, Zauner C. Weight-adjusted resting energy expenditure is not constant in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2006; 32:428-434.
39. Rocha EEM, Alves VGF, Silva MHN, Chiesa CA, Fonseca RBV. Can measures resting energy expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2005; 8:319-328.

40. Deltatrac II MBM-200 Metabolic Monitor Operator's Manual. Datex. 1994.
41. Villeta S, Chioloro RL, Bollmann MD, Revelly JP, Cayeux RNMC, Delarue J, et al. Negative impact of hypocaloric feeding. *Clin Nutr.* 2005; 24:502-509.
42. Preiser JC, Berré J, Carpentier Y, Jolliet P, Pichard C, Van Gossum A, et al. Management of nutrition in European. *Intensive Care Med,* 1999; 25:95-101.
43. Griffiths RD, Bongers T. Nutrition support for patients in the intensive care unit. *Postgrad Med J.* 2005; 81:629-636.
44. Singer P, Berger MM, Van den Berghe G, Biolo G, Calder P, Forbes A et al. ESPEN guidelines on parenteral nutrition: intensive care. *Clin Nutr.* 2009; 28:387-400.
45. Zauner C; Schuster BI; 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.
46. Casaer MP, Mesotten D, Hermans G, Wouters PJ, Schetz M, Meyfroidt G, et al. Early versus late parenteral nutrition in critically ill adults. *N Engl J Med.* 2011; 365:506-517.
47. Arabi YM, Tamim HM, Dhar GS, Al-Dawood A, Al-Sultran M, Sakkijha MH, et al. Permissive underfeeding and intensive insulin therapy in critically ill patients: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2011; 93:569-577.
48. Jeejeebhoy KN. Permissive Underfeeding of the Critically Ill Patient. *Nutr Clin Pract.* 2004; 19:477-480.
49. Stucky CC, Moncure M, Hise M, Gossage CM, Northrop D. How accurate are resting energy expenditure prediction equations in obese trauma and burn patients? *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2008; 32(4):420-6.

TABELAS

Tabela 1 – Descrição da amostra.

	n	Média, DP (mediana)	%
Doentes	73		
Idade (anos)		63,01 ± 17,93 (68)	
Sexo			
Masculino	48		65,8
Feminino	25		34,2
IMC (Kg/m²)	73	26,57 ± 5,24 (26,5)	
<18,5	4		5,48
[18,5; 25[25		34,25
≥ 25	44		60,27
Motivo de internamento			
Neurocirúrgico	32		43,8
Médico	18		24,7
Cirúrgico urgente	12		16,4
Cirúrgico programado	8		11
Transplante	3		4,1
Score SOFA	67	5,81 ± 2,99 (6)	
PCR (mg/L)	59	137,45 ± 108,85 (108,13)	
<100	29		49,2
≥100	30		50,8
Leucócitos (células/mm³)	60	13 085 ± 8 277,62 (12065)	

Aminas vasopressoras	65	
SIM	22	33,8
NÃO	43	66,2
Sedação	62	
SIM	36	58,1
NÃO	26	41,9
Tempo de internamento (dias)	73	16,75 ± 15,22 (11,5)
Medição de CI	73	
Primeiras 24h de internamento	38	52,1
Após as primeiras 24h	35	47,9

DP – Desvio padrão; IMC – Índice de massa corporal; SOFA – Sequential Organ Failure Assessment score; PCR – Proteína C reativa; h - Horas

Tabela 2 – Consumos energéticos obtidos por calorimetria indireta e equação de HB.

	CE médio e DP	
	Kcal/dia	Kcal/Kg/dia
CI	1562,60 ± 430,58 (1530)	21,33 ± 6,69 (19,6)
Equação HB	1489,71 ± 277,92 (1473,11)	20,04 ± 2,45 (19,8)
Diferencial entre CI e HB	72,89 ± 371,78 ⁺	1,3 ± 5,84

Teste T para amostras emparelhadas. ⁺p >0,05.

CE – Consumo energético; DP – Desvio padrão; CI – Calorimetria indireta; HB - Harris-Benedict; Diferencial entre CI e HB – média da diferença entre o consumo energético avaliado por calorimetria indireta e o estimado pela equação de Harris-Benedict

Tabela 3 – Consumo energético avaliado por calorimetria indireta em função do género.

CE médio e DP		
	Kcal/dia[*]	Kcal/Kg/dia[*]
Masculino	1663,1 ± 400,2	22,24 ± 5,84
Feminino	1369,6 ± 428,4	19,59 ± 7,92

Teste T para amostras independentes. * p < 0.05.

CE – Consumo energético; DP – Desvio padrão.

Tabela 4 – Consumo energético avaliado por calorimetria indireta em função da administração de aminas vasopressoras.

	CE médio e DP	
	Kcal/dia ⁺	Kcal/Kg/dia
Aminas vasopressoras		
SIM	1643,18 ± 501,21	21,74 ± 6,02
NÃO	1496,51 ± 412,14	20,99 ± 7,38

Teste T para amostras independentes. ⁺p >0,05.

CE – Consumo energético; DP – Desvio padrão.

Tabela 5 – Consumo energético avaliado por calorimetria indireta em função da administração de sedação.

	CE médio e DP	
	Kcal/dia ⁺	Kcal/Kg/dia ⁺
Sedação		
SIM	1606,39 ± 439,60	20,88 ± 6,23
NÃO	1395,77 ± 398,44	21,20 ± 8,02

Teste T para amostras independentes. ⁺p >0,05.

CE – Consumo energético; DP – Desvio padrão.

FIGURAS

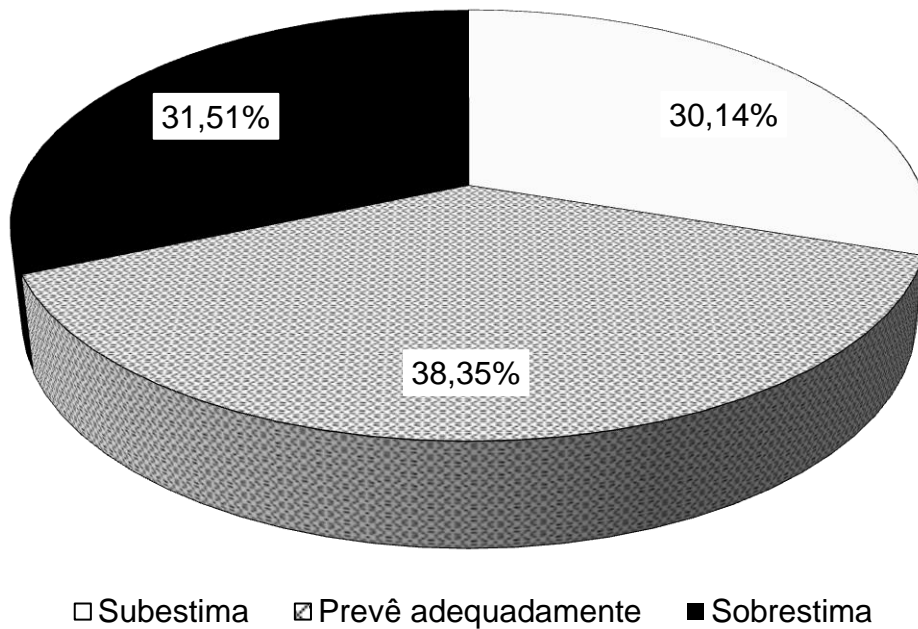


Figura 1 – Distribuição do consumo energético (CE) previsto pela equação HB em relação ao avaliado por calorimetria indireta (CI). Em 30,14% dos doentes a equação preditiva subestima o CE avaliado por CI (valor previsto <90% do medido por CI), em 38,35% prevê adequadamente o CE (valor previsto $\pm 10\%$ do medido por CI) e em 31,51% sobrestima-o (valor previsto >110% do medido por CI).

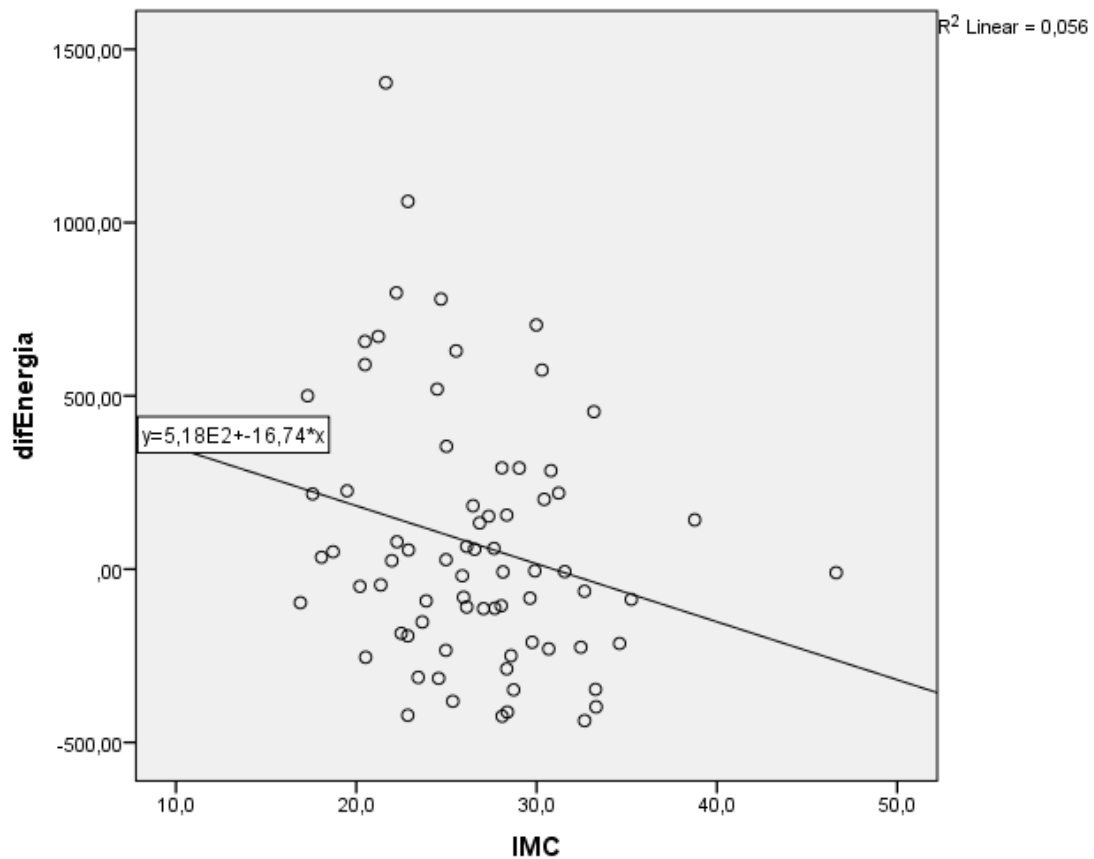


Figura 2 – Relação do IMC com a diferença entre o consumo energético avaliado por calorimetria indireta e o estimado pela equação de Harris-Benedict.

Para $IMC < 30 \text{ Kg/m}^2$ existe uma correlação positiva entre o IMC e a diferença entre os consumos energéticos avaliados pelos dois métodos. Esta relação passa a negativa quando o IMC é $\geq 30 \text{ Kg/m}^2$.

IMC – índice de massa corporal; difEnergia - diferença entre o consumo energético avaliado por calorimetria indireta e o estimado pela equação de Harris-Benedict.