

Gasto Energético Avaliado pela Calorimetria Indireta

*Autoria: Associação Brasileira de Nutrologia
Sociedade Brasileira de Nutrição Parenteral e Enteral
Sociedade Brasileira de Clínica Médica*

Elaboração Final: 30 de janeiro de 2009

Participantes: Dias ACF, Silva Filho AA, Cômodo ARO, Tomaz BA,
Ribas DF, Spolidoro J, Lopes AC, Marchini JS

O Projeto Diretrizes, iniciativa conjunta da Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina, tem por objetivo conciliar informações da área médica a fim de padronizar condutas que auxiliem o raciocínio e a tomada de decisão do médico. As informações contidas neste projeto devem ser submetidas à avaliação e à crítica do médico, responsável pela conduta a ser seguida, frente à realidade e ao estado clínico de cada paciente.

DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE COLETA DE EVIDÊNCIA:

Foi realizada pesquisa sobre Calorimetria Indireta em artigos atuais indexados no MEDLINE, seguida de avaliação crítica de seu conteúdo. Foram consultados livros e diretrizes internacionais, com o intuito de padronizar as orientações com os preceitos seguidos atualmente no mundo.

GRAU DE RECOMENDAÇÃO E FORÇA DE EVIDÊNCIA:

- A:** Estudos experimentais ou observacionais de melhor consistência.
- B:** Estudos experimentais ou observacionais de menor consistência.
- C:** Relatos de casos (estudos não controlados).
- D:** Opinião desprovida de avaliação crítica, baseada em consensos, estudos fisiológicos ou modelos animais.

OBJETIVOS:

Fornecer embasamento científico quanto ao uso da calorimetria indireta, indicando em que situações a mesma pode e deve ser utilizada. Esclarecer as contraindicações e riscos do uso da calorimetria indireta, bem como fornecer informações sobre modo correto de utilização.

CONFLITO DE INTERESSE:

Nenhum conflito de interesse declarado.

INTRODUÇÃO

O gasto energético diário compreende o dispêndio energético basal (DEB), o efeito térmico dos alimentos e o dispêndio da atividade física¹(B). O dispêndio basal relaciona-se ao gasto energético referente ao metabolismo de repouso, que representa 60% a 75% do total e inclui a energia gasta pelo organismo para manter suas funções vitais, entre elas o funcionamento dos sistemas cardiovascular e respiratório, e pelos mecanismos termorregulatórios responsáveis pela regulação da temperatura corporal²(D). Hipermetabolismo é definido quando o gasto energético é maior do que 30% do metabolismo basal, e quando 10%, ou mais, abaixo do metabolismo basal é considerado como hipometabolismo³(D).

A energia correspondente ao efeito térmico dos alimentos refere-se ao gasto provocado pela digestão, absorção, transporte, transformação, assimilação e/ou armazenamento dos nutrientes, que varia de acordo com o substrato consumido. Em jovens eutróficos⁴(D), com peso constante, a ingestão de hidratos de carbono aumenta o gasto energético em 5% a 10%, a ingestão de lipídios aumenta de 3% a 5% e a de proteínas aumenta aproximadamente 20%. Assim, considera-se que, em uma dieta mista habitual, o efeito térmico do alimento em teoria é de aproximadamente 5% a 7% do seu conteúdo energético^{5,6}(D).

Por fim, define-se como efeito térmico do exercício o dispêndio de energia referente à realização do trabalho mecânico externo; este representa 15% a 30% do dispêndio energético diário, e varia com o nível de atividade física, levando-se em conta a intensidade e a duração do esforço físico realizado⁷(D).

O dispêndio energético pode ser estimado por meio de fórmulas padronizadas, ou medido por meio de calorimetria indireta. A calorimetria indireta é um método não-invasivo que mede o gasto energético diário, por meio da determinação das trocas gasosas pulmonares, ou seja, do volume do oxigênio consumido (VO_2) e do volume do gás carbônico produzido (VCO_2) durante o ciclo respiratório⁵(D). A partir da determinação dos volumes expiratórios, do oxigênio e do gás carbônico, também é possível

calcular a taxa de oxidação dos substratos energéticos glicídicos e lipídicos^{8(C)9,10(D)}. Essa energia medida refere-se à conversão da energia química dos nutrientes em energia química armazenada na forma de ligações de fósforo pelo ATP (adenosina trifosfato) e a energia liberada na forma de calor durante o processo de oxidação^{5(D)}.

A relação entre o VCO_2 e o VO_2 é conhecida como quociente respiratório (QR) e pode ser utilizada para indicar o tipo de substrato que está sendo preferencialmente oxidado por uma pessoa em um dado momento^{10(D)}.

Os diferentes substratos energéticos, glicídios e lipídios, além da proteína, consomem diferentes quantidades de oxigênio e produzem diferentes quantidades de gás carbônico no seu metabolismo, como pode ser observado no Quadro 1^{11(D)}. Os carboidratos e lipídios são oxidados completamente até CO_2 e H_2O . Por sua vez, as proteínas também produzem CO_2 e

H_2O , porém liberam N_2 (nitrogênio), que é excretado na urina na forma de uréia (CON_2H_4). Assim, a estimativa da oxidação protéica pode ser obtida medindo-se a excreção do nitrogênio urinário. Porém, a determinação do nitrogênio na urina não é necessária em decorrência de sua baixa contribuição energética no indivíduo em repouso^{8(C)}.

FÓRMULAS E ANÁLISES DE RESULTADOS

O DEB pode ser estimado por meio da fórmula de Harris-Benedict, na qual considera-se o peso, a altura e a idade do indivíduo. Porém, esta é uma estimativa que muitas vezes não corresponde à realidade. Assim como proposto nessa diretriz, a forma mais adequada de quantificar o DEB é pela determinação dos gases pulmonares, ou seja, VO_2 e VCO_2 . Para tanto, e por meio da calorimetria indireta, os valores de VO_2 e VCO_2 são transformados pela fórmula de Weir simplificada, obtendo-se, assim, o DEB:

Quadro 1

Equivalentes calóricos obtidos pela oxidação dos substratos *in vivo*

| Substrato | CO_2 produzido por grama de substrato (l/g) | O_2 consumido por grama de substrato (l/g) | QR | Calor produzido por grama de substrato (kcal/g) | Calor produzido por litro de O_2 consumido (kcal/l) |
|------------|---|--|------|---|---|
| Glicogênio | 0,829 | 0,829 | 1,00 | 4,18 | 5,05 |
| Sacarose | 0,786 | 0,786 | 1,00 | 3,96 | 5,04 |
| Glicose | 0,746 | 0,746 | 1,00 | 3,74 | 5,01 |
| Lipídio | 1,427 | 2,019 | 0,70 | 9,46 | 4,69 |
| Proteína | 0,774 | 0,966 | 0,80 | 4,32 | 4,48 |

QR = quociente respiratório; l = litro; g = grama; kcal = quilocalorias. Tabela adaptada de Diener^{9(D)}.

$$\text{DEB} = [3,941(\text{VO}_2) + 1,106 (\text{VCO}_2)] \times 1440$$

Nessa fórmula, as unidades dos volumes respiratórios são em l/min, e o fator de 1440 representa o número de minutos em 24 horas utilizado para estimativa diária do DEB, neste caso expresso em kcal/dia.

A partir do VO_2 e do VCO_2 também se podem ser calculados o quociente de respiração (QR), a taxa de oxidação de hidratos de carbono e a taxa de oxidação de lipídios em g/min, ou seja:

$$\text{QR} = (\text{VCO}_2/\text{VO}_2)$$

$$\text{Glicose oxidada} = \text{g/min} = 4,585 \times \text{VCO}_2 - 3,226 \times \text{VO}_2$$

$$\text{Lipídios oxidados} = \text{g/min} = 1,695 \times \text{VCO}_2 - 1,701 \times \text{VO}_2$$

A unidade de VO_2 e VCO_2 é l/min.

O QR diminui quando a gordura é o substrato predominante para o metabolismo, como, por exemplo, na inanição. Nesses casos, o valor se encontra entre 0,65 e 0,70. Em indivíduos com alimentação saudável, o QR normalmente se encontra entre 0,8 e 0,9. Quando ocorre a liponeogênese verdadeira ou a conversão de carboidratos em gordura, como nos casos de supra-alimentação, normalmente observa-se QR maior do que 1,0. Valores abaixo de 0,65 e acima de 1,25 sugerem erro na técnica de medição¹²(D). Valores negativos de taxa de oxidação de lipídios indicam que está ocorrendo lipogênese e valores negativos de taxa de oxidação de hidratos de carbono indicam que está ocorrendo neoglicogênese. O Quadro 2 apresenta exemplos práticos de VO_2 , VCO_2 e os respectivos valores de quociente respiratório, taxas de oxidação e dispêndio energético.

Quadro 2

Exemplos de cálculo do dispêndio energético, e taxa de oxidação de diferentes substratos a partir da medida de volume consumido de oxigênio e volume produzido de gás-carbônico (calorimetria indireta)

| Paciente | VO_2 l/min | VCO_2 l/min | RQ* | Glicose oxidada g/dia | Glicose oxidada g/min | Lipídio oxidado g/dia | Lipídio oxidado g/min | DE* kcal/dia |
|----------|------------------------|-------------------------|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1 | 0,198 | 0,198 | 1,00 | 384 | 0,267 | 0 | 0,000 | 1438 |
| 2 | 0,290 | 0,204 | 0,70 | 0 | 0,000 | 208 | 0,145 | 1971 |
| 3 | 0,285 | 0,234 | 0,82 | 221 | 0,153 | 122 | 0,085 | 1990 |
| 4 | 0,342 | 0,261 | 0,76 | 134 | 0,093 | 195 | 0,136 | 2357 |
| 5 | 0,420 | 0,396 | 0,94 | 663 | 0,461 | 55 | 0,038 | 3014 |
| 6 | 0,313 | 0,269 | 0,86 | 322 | 0,224 | 105 | 0,073 | 2205 |
| 7 | 0,210 | 0,191 | 0,91 | 286 | 0,198 | 45 | 0,031 | 1496 |
| 8 | 0,251 | 0,216 | 0,86 | 260 | 0,181 | 84 | 0,058 | 1768 |

* Quociente respiratório; l = litro; min = minuto; g = grama; DE = dispêndio energético.

INDICAÇÕES

Os benefícios da otimização da nutrição para a recuperação de doenças e na gestão da saúde têm sido documentados. Tanto uma supra-alimentação quanto uma subalimentação têm impacto negativo na recuperação e na cura do paciente. Diminuir um balanço energético negativo tem efeito positivo na sobrevivência e pode reduzir complicações em pacientes hospitalizados. Bartlett et al.¹³(C) reportaram uma mortalidade três vezes maior em pacientes cirúrgicos de UTI com risco de falência múltipla dos órgãos que apresentaram balanço energético negativo. Já em pacientes com supra-alimentação, foram observados controle glicêmico difícil, respostas neuroendócrinas alteradas, aumento do risco de complicações por infecção, demora para desmame da ventilação mecânica e, até mesmo, aumento de mortalidade¹³(C)¹⁴(B)¹⁵(D).

Adicionalmente, as complicações associadas a sub ou supra-alimentação muitas vezes são prejudiciais. Para atingir a melhor qualidade de assistência ao paciente, devem ser oferecidas dietas específicas quanto ao teor de macronutrientes energéticos individualizados. Para tanto, a calorimetria indireta é uma base científica e prática para a abordagem personalizada das necessidades energéticas do paciente e de nutrientes para maximizar os benefícios da terapia nutricional. Esta abordagem personalizada já está bem estabelecida na prática clínica em geral, como, por exemplo, no ajuste da medicação por meio de farmacovigilância, ou otimizando a oxigenação do sangue. Tradicionalmente, a calorimetria indireta tem sido subutilizada, principalmente devido aos custos, escassez de pessoal treinado, e falta de conhecimento pelo médico de como utilizar e manipular os dados de VO_2 e VCO_2 para medir

o dispêndio energético e as taxas de oxidação de gorduras e hidratos de carbono em diferentes situações clínicas. Atualmente e com o avanço tecnológico, calorímetros indiretos estão mais fáceis de operar, tornaram-se portáteis e têm preço acessível. O aumento da utilização da calorimetria indireta facilita assistência individualizada ao paciente, resultando em maior eficácia terapêutica¹⁶(D).

Existe comprovação científica de que a calorimetria indireta pode ser usada nos pacientes com déficits ou riscos nutricionais, fatores de estresse físico ou situações em que o uso da equação de Harris-Benedict esteja prejudicado, como, por exemplo:

- Trauma neurológico¹⁷(B)¹⁸(D);
- Paralisia¹⁹(D);
- Doença pulmonar obstrutiva crônica^{20,21}(B)²²(D);
- Pancreatite aguda²³(B)²⁴(D);
- Câncer com tumor residual²⁵(B);
- Trauma múltiplo²⁶(B)²⁷(D);
- Amputações²⁶(B);
- Pacientes nos quais peso e altura não podem ser medidos com acurácia²⁸(D);
- Pacientes que não responderam ao previamente estimado²⁹(C);
- Paciente que requerem uso prolongado de cuidado intensivo³⁰(C);

- Sepses grave²³(B);
- Pacientes extremamente obesos³¹(C);
- Pacientes com hiper ou hipometabolismo grave²⁸(D);
- Pacientes em ventilação mecânica²⁸(D);
- Doença de Chron³²(D);
- Sobrepeso³³(B).

VENTILAÇÃO MECÂNICA

A medida do DEB ajuda a reduzir a incidência de sub ou supra-alimentação³⁴(C), além de diminuir os custos com a alimentação parenteral total²⁸(D). Nutrição inapropriada, como a subalimentação ou excesso de ingestão de comida, pode causar importantes complicações que afetam a evolução de pacientes internados, especialmente aqueles em situações críticas e recebendo ventilação mecânica³⁵(B). Exemplos destas complicações são, por exemplo: maior tempo de internação, maior incidência de infecções, maior resistência a antibioticoterapia, esteatose hepática, hiperglicemia, maior tempo de ventilação mecânica, maior taxa de morbidade e mortalidade³⁵⁻³⁷(B)³⁸(D).

A subnutrição está associada a piores prognósticos, ventilação mecânica prolongada, maior risco de infecção e aumento da taxa de mortalidade³⁵(B). Já a supra-alimentação em pacientes críticos deve ser evitada, pois o hipermetabolismo e o aumento das catecolaminas aumentam a demanda cardiorrespiratória, o tempo

de ventilação mecânica e o gasto energético^{36,37}(B)³⁸(D).

OBJETIVOS DA CALORIMETRIA INDIRETA

Os objetivos da medida do dispêndio energético pela calorimetria indireta são³⁴(C):

- Medir o VO_2 e o VCO_2 ;
- Calcular o DEB;
- Calcular a taxa de oxidação de lipídios e hidratos de carbono;
- Determinar com acurácia o DEB dos pacientes com ventilação mecânica, para guiar a terapia nutricional parenteral adequada;
- Determinar com acurácia o QR, para permitir regimes nutricionais moldados para cada paciente;
- Determinar com acurácia o DEB e o QR, para monitorar a adequação e a apropriação da terapia nutricional utilizada;
- Determinar o O_2 usado durante a respiração como um guia para selecionar o tipo de ventilação mecânica a ser utilizada, configurações específicas de cada paciente, e estratégias de desmame;
- Monitorar o VO_2 como um guia para atingir a quantidade certa de oxigênio que deve ser oferecida;
- Avaliar a contribuição do metabolismo para a ventilação.

CONTRAINDICAÇÕES

Quando uma indicação específica está presente, não há contra-indicações para realização da medida metabólica por calorimetria indireta, exceto em pacientes em que a retirada da ventilação mecânica para a avaliação resulte em hipoxia, bradicardia ou outro efeito adverso. O uso de drogas sedativas acaba por diminuir o $\dot{V}O_2$, em decorrência da diminuição da frequência respiratória pelo efeito sedativo^{18(D)}, o que pode falsear os resultados de oxidação de lipídios e/ou hidratos de carbono, bem como o cálculo do DEB.

Em pacientes em hemodiálise, a calorimetria indireta deve ser usada com cautela, pois os

resultados do $\dot{V}CO_2$ são subestimados devido à retirada deste pelo processo da hemodiálise^{18(D)}.

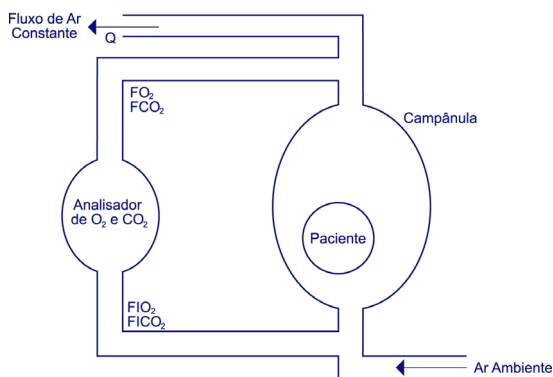
APARELHOS (CALORÍMETRO)

O funcionamento de um aparelho de calorimetria indireta se dá por meio da medição do $\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$, analisando o ar inspirado e expirado pelo paciente em um determinado período de tempo. Esses equipamentos podem ser classificados como de circuito fechado e circuito aberto^{9(D)}.

Circuito fechado: nesses equipamentos, o $\dot{V}O_2$ e o $\dot{V}CO_2$ são medidos por alterações no volume dentro de um reservatório fechado contendo oxigênio^{39(D)}; embora sendo

Figura 1

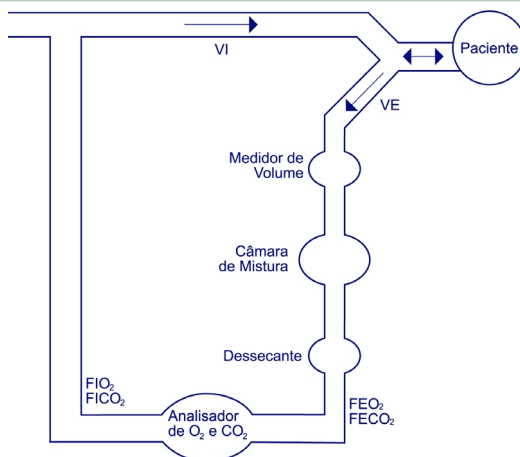
Esquema de calorímetro de circuito aberto



FIO_2 = Fração de oxigênio no ar inspirado; $FICO_2$ = Fração de gás carbônico no ar inspirado; FEO_2 = Fração de oxigênio no ar expirado; $FECO_2$ = Fração de gás carbônico no ar expirado; Q: Fluxo total de ar. Figura adaptada de Diener^{9(D)}.

Figura 2

Esquema de calorímetro de circuito fechado



FIO_2 = Fração de oxigênio no ar inspirado; $FICO_2$ = Fração de gás carbônico no ar inspirado; FEO_2 = Fração de oxigênio no ar expirado; $FECO_2$ = Fração de gás carbônico no ar expirado; VI = Volume minuto inspiratório; VE = Volume minuto expiratório. Figura adaptada de Diener⁹(D).

considerados padrão-ouro, hoje em dia não são muito utilizados.

Circuito aberto: ambos os extremos do equipamento se comunicam com o ambiente. A análise dos gases é realizada por meio de sensores ligados a um computador⁹(D).

COMO FAZER

Para a realização desse exame, o paciente deve estar em um ambiente silencioso, com pouca iluminação e numa temperatura em torno de 20°C, para evitar alterações causadas por frio ou ansiedade. Além disso, o paciente deve estar em repouso há pelo menos 30 minutos e observar um jejum prévio de 2 a 3 horas¹³(C).

Em pacientes que estejam recebendo terapia nutricional ou mesmo solução glicosada endovenosa, a taxa de infusão das soluções deve ser mantida constante²⁵(B)²⁸(D). Pacientes com dor devem receber analgésicos uma hora antes do exame³³(B).

O monitor deve ser ligado, no mínimo, 30 minutos antes do exame, para aquecimento e estabilização adequados. Os analisadores de O_2 e de CO_2 devem ser calibrados com gás de concentração conhecida antes de cada determinação e, periodicamente, validados conforme as especificações do fabricante.

Pacientes em assistência ventilatória

mecânica necessitam cuidados adicionais para assegurar a validade do exame. Esses pacientes estão expostos a altas concentrações inspiratórias de O_2 e de umidade do ar, com pressão elevada nas vias aéreas e com taxas de O_2 que podem flutuar bastante em curto período de tempo. Recomenda-se não modificar o regime ventilatório por 90 minutos antes da medição, para um regime cujo teor de umidade do ar e de oxigênio ofertados ao paciente sejam constantes.

Deve-se colocar o tubo coletor de amostra de gás inspirado o mais próximo possível do paciente e assegurar que não haja vazamentos nas conexões do circuito respiratório e, também, que o tubo traqueal esteja perfeitamente adaptado e sem vazamentos²⁵(B). A concentração do O_2 no gás inspirado deve ser mantida constante, abaixo de 60%, pois acima desse valor a estimativa do volume inspirado pela transformação de Haldane se torna imprecisa²⁵(B). A umidade dos gases amostrados também deve ser corrigida por meio de um sistema dessecante, antes que eles sejam analisados^{25,33}(B).

CONCLUSÃO

O método não-invasivo de calorimetria indireta é utilizado no cálculo energético real do paciente, sendo seguro e eficaz para determinar as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigênio e da produção

de gás carbônico, obtidos por análise do ar inspirado e expirado pelos pulmões.

A calorimetria indireta tem sido empregada no planejamento e na monitoração da terapia nutricional, evitando-se desperdícios e efeitos colaterais em decorrência da superoferta calórica, como nas condições de hiperglicemia e esteatose hepática. Também é útil na avaliação de pacientes com dificuldades para serem retirados da assistência ventilatória mecânica e na monitoração da perfusão tecidual em pacientes com instabilidade hemodinâmica.

A calorimetria indireta fornece importantes informações sobre o comportamento dietético e de atividade física em diferentes grupos de indivíduos com interesses distintos. Pode auxiliar na determinação do aporte calórico de obesos engajados em programas de redução de peso, bem como, nestes casos, acompanhar a evolução da doença por meio das alterações metabólicas e calorimétricas envolvidas no processo.

Para o cálculo do dispêndio energético de 24 horas foi utilizada a seguinte fórmula: kcal/dia = $(3,941 \times VO_2 + 1,106 \times VCO_2) \times 1440$; para a taxa de oxidação de glicose = g/min = $4,585 \times VCO_2 - 3,226 \times VO_2$ e, finalmente, para a taxa de oxidação de lipídios = g/min = $1,695 \times VO_2 - 1,701 \times VCO_2$. Os valores de VO_2 e VCO_2 são expressos em l/min. O valor de 1440 refere-se ao número de minutos em um dia.

REFERÊNCIAS

1. Suen VM, Silva GA, Tannus AF, Unamuno MR, Marchini JS. Effect of hypocaloric meals with different macronutrient compositions on energy metabolism and lung function in obese women. *Nutrition* 2003;19:703-7.
2. Elwyn DH, Kinney JM, Askanazi J. Energy expenditure in surgical patients. *Surg Clin North Am* 1981;61:545-56.
3. Long CL, Schaffel N, Geiger JW, Schiller WR, Blakemore WS. Metabolic response to injury and illness: estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1979;3:452-6.
4. Danforth E Jr. Diet and obesity. *Am J Clin Nutr* 1985;41(5 suppl):1132-45.
5. Simonson DC, DeFronzo RA. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. *Am J Physiol* 1990;258: E399-E412.
6. Molina P, Bursztein S, Abumrad NN. Theories and assumptions on energy expenditure. Determinations in the clinical setting. *Crit Care Clin* 1995; 11:587-601.
7. Van Zant RS. Influence of diet and exercise on energy expenditure: a review. *Int J Sport Nutr* 1992;2:1-19.
8. Suen VM, Unamuno MR, Marchini JS. Breath ¹³CO₂ enrichment in obese women during the fast and fed states. *Nutr Res* 2003;23:1153-63.
9. Diener JR. Indirect calorimetry. *Rev Assoc Med Bras* 1997;43:245-53.
10. Ferrannini E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism* 1988;37:287-301.
11. Lusk G. The calorimeter as the interpreter of the life processes. *Science* 1915;42: 816-9.
12. Fauci AS, Braunwald E, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, et al. *Harrison's Principles of internal medicine*. 16th ed. New York:McGraw-Hill;2005. p.414-5.
13. Bartlett RH, Dechert RE, Mault JR, Ferguson SK, Kaiser AM, Erlandson EE. Measurement of metabolism in multiple organ failure. *Surg* 1982;92:771-9.
14. Vo NM, Waycaster M, Acuff RV, Lefemine AA. Effects of postoperative carbohydrate overfeeding. *Am Surg* 1987;53:632-5.
15. Tappy L. Metabolic consequences of overfeeding in humans. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2004;7:623-8.
16. Foster GD, McGuckin BG. Estimating resting energy expenditure in obesity. *Obes Res* 2001;9:367S-72S.
17. Clifton GL, Robertson CS, Choi SC. Assessment of nutritional requirements of head-injured patients. *J Neurosurg* 1986; 64:895-901.

18. Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract* 2007;22:377-88.
19. Moore JA, Angelillo VA. Equations for the prediction of resting energy expenditure in chronic obstructive lung disease. *Chest* 1988;94:1260-3.
20. Weissman C, Kemper M, Askanazi J, Hyman AI, Kinney JM. Resting metabolic rate of the critically ill patient: measured versus predicted. *Anesthesiology* 1986; 64:673-9.
21. Hunter DC, Jaksic T, Lewis D, Benotti PN, Blackburn GL, Bistran BR. Resting energy expenditure in the critically ill: estimations versus measurement. *Br J Surg* 1988; 75:875-8.
22. Wilson DO, Rogers RM, Openbrier D. Nutritional aspects of chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 1986;7:643-56.
23. Angelillo VA, Bedi S, Durfee D, Dahl J, Patterson AJ, O'Donohue WJ Jr. Effects of low and high carbohydrate feedings in ambulatory patients with chronic obstructive pulmonary disease and chronic hypercapnia. *Ann Intern Med* 1985;103(6 Pt 1):883-5.
24. Long CL. Energy balance and carbohydrate metabolism in infection and sepsis. *Am J Clin Nutr* 1977;30:1301-10.
25. Nixon DW, Kutner M, Heymsfield S, Foltz AT, Carty C, Seitz S, et al. Resting energy expenditure in lung and colon cancer. *Metabolism* 1988;37:1059-64.
26. Schane J, Goede M, Silverstein P. Comparison of energy expenditure measurement techniques in severely burned patients. *J Burn Care Rehabil* 1987;8:366-70.
27. Mullen JL. Indirect calorimetry in critical care. *Proc Nutr Soc* 1991;50:239-44.
28. American Association for Respiratory Care. AARC clinical practice guideline. Metabolic measurement using indirect calorimetry during mechanical ventilation. *Respir Care* 1994;39:1170-5.
29. Clifton GL, Robertson CS, Grossman RG, Hodge S, Foltz R, Garza C. The metabolic response to severe head injury. *J Neurosurg* 1984;60:687-96.
30. Bouffard YH, Delafosse BX, Annat GJ, Viale JP, Bertrand OM, Motin JP. Energy expenditure during severe acute pancreatitis. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1989;13:26-9.
31. McClave SA, Lowen CC, Kleber MJ, Nicholson JF, Jimmerson SC, McConnell JW, et al. Are patients fed appropriately according to their caloric requirements? *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1998; 22:375-81.
32. Foster GD, Knox LS, Dempsey DT, Mullen JL. Caloric requirements in total parenteral nutrition. *J Am Coll Nutr* 1987;6:231-53.

33. Al-Jaouni AR, Hébuterne X, Pouget I, Rampal P. Energy metabolism and substrate oxidation in patients with Crohn's disease. *Nutrition* 2000;16:173-8.
34. Cunningham KF, Aeberhardt LE, Wiggs BR, Phang PT. Appropriate interpretation of indirect calorimetry for determining energy expenditure of patients in intensive care units. *Am J Surg* 1994;167:547-9.
35. Hoher JA, Zimmermann Teixeira PJ, Hertz F, Moreira JS. A comparison between ventilation modes: how does activity level affect energy expenditure estimates? *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2008;32:176-83.
36. Krishnan JA, Parce PB, Martinez A, Diette GB, Brower RG. Caloric intake in medical ICU patients: consistency of care with guidelines and relationship to clinical outcomes. *Chest* 2003;124:297-305.
37. Hernandez-Chávez A, Corona-Jiménez F, Gutiérrez-de-La-Rosa JL, Hernandez-Jiménez A, Cumplido-Hernandez G, López-Guillén P. El gasto energético en reposo, medido contra estimado, em pacientes críticamente enfermos. *Gac Méd Méx* 1995;131:283-8.
38. Mullen JL. Consequences of malnutrition in the surgical patient. *Surg Clin North Am* 1981;61:465-87.
39. Houssay BA, Caldeyro-Barcia R, Covian MR, et al. El intercambio material y energético del organismo. In: *Fisiología humana*. Buenos Aires: Librería El Ateneo Editorial;1969. p.487-502.