

DETERMINAÇÃO DO METABOLISMO ENERGÉTICO NO HOMEM

Vivian M. Miguel Suen¹; Geruza Alves da Silva² & Júlio Sérgio Marchini³

¹Pós-Graduação em mestrado; ²Docente da Divisão de Pneumologia; ³Docente da Divisão de Nutrição Clínica - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

CORRESPONDÊNCIA: Vivian M. Miguel Suen - Rua Bernardino de Campos, 1236 - apto 82 - Centro - Ribeirão Preto - São Paulo; CEP: 14015-130; Telefone: (016) 635-7968; Fax: (016) 636-7804.

SUEN VMM; SILVA GA da & MARCHINI JS. Determinação do metabolismo energético no homem. Medicina, Ribeirão Preto, 31: 13-21, jan./mar. 1998.

RESUMO: A partir do final do século passado, já se sabia a importância do oxigênio para a sobrevivência do homem, devido a sua participação na oxidação de substratos energéticos e fornecimento de energia ao organismo. Através dessas descobertas, pode-se desenvolver um método que permitiu medir a energia produzida pelo organismo, através da quantificação desses substratos energéticos oxidados. A calorimetria indireta continua sendo aplicada ao estudo de várias doenças, além de permitir a medida do gasto energético de várias atividades do homem, como, por exemplo, o metabolismo basal e a ação dinâmica específica do alimento. Este trabalho mostra um pequeno histórico da calorimetria indireta e um exemplo prático de como ela pode ser realizada para medir o metabolismo basal e a ação dinâmica específica do alimento.

UNITERMOS: Nutrição. Metabolismo Energético

ASPECTOS GERAIS

O homem, para se manter vivo, necessita dos três substratos energéticos básicos, isto é, hidratos de carbono, proteínas e lipídios, provenientes dos alimentos. Esses substratos energéticos são oxidados pela célula, produzindo energia⁽¹⁾. Figura 1. Nesse processo oxidativo, é consumido oxigênio e produzido gás carbônico. Desde o século XVIII, demonstrou-se que a respiração modifica o ar atmosférico, diminui seu volume, muda sua natureza e, em curto espaço de tempo, perde a propriedade de manter a vida^(2,3). Foi Lavoisier quem descobriu a existência do oxigênio, e demonstrou a produção de gás carbônico, comparando a combustão de uma vela de gordura de carneiro à respiração de uma cobaia. Escreveu então: “é apenas uma combustão lenta de carbono e hidrogênio, que se assemelha ao que se passa em uma lâmpada ou vela acesa, e, sob esse ponto de vista, os animais que res-

piram são verdadeiros corpos combustíveis que se queimam e se consomem⁽²⁾.

Em 1770, Lavoisier e Laplace construíram um calorímetro para medir a produção de calor do animal, chamado de calorímetro do poço de neve. O animal era colocado em um recipiente, contendo neve. Através da quantidade de neve derretida ele conseguiu medir o calor produzido pelo animal⁽³⁾.

Posteriormente, descobriu-se que a quantidade de oxigênio consumido e de gás carbônico eliminado, variavam com os alimentos ingeridos. Mais tarde a relação CO₂/O₂ foi identificada como quociente respiratório⁽¹⁾. No início do século XX, foi construído o primeiro calorímetro de corpo inteiro, para estudos em humanos.

Desde então, passou-se a denominar de calorimetria indireta a medida da produção de energia pelo organismo, ao oxidar glicídios, proteínas e lipídios, por meio da quantidade de oxigênio consumido e de gás

carbônico produzido. Sabendo-se a quantidade de oxigênio consumido e de gás carbônico produzido em determinado espaço de tempo, e os seus respectivos calores de combustão, é possível determinar a quantidade de energia produzida pelo organismo⁽³⁾.

O termo, gasto energético total, passou a ser utilizado para definir: metabolismo basal, efeito térmico do exercício, efeito térmico do alimento ou ação dinâmica específica do alimento. Metabolismo basal é a energia gasta pelo organismo para manter suas funções vitais, em repouso, após jejum de doze horas, à temperatura ambiente em torno de 20°C, no estado de vigília. Efeito térmico do alimento ou ação dinâmica específica do alimento é o gasto de energia acima do basal, provocado pela ingestão e absorção alimentar. Isso é atribuído à energia gasta na absorção, transporte, digestão e aproveitamento dos alimentos ingeridos^(4/8). Sabe-se que esse efeito varia de acordo com o substrato energético consumido. Em indivíduos jovens, normais, com peso constante, a ingestão de hidratos de carbono aumenta o gasto energético de 5% a 10%, a ingestão de lipídios aumenta de 3% a 5%, e a de proteínas aumenta de 20% a 30%. Por último, de fine-se, como efeito térmico do exercício, o gasto de energia acima do basal, provoca o pelo exercício físico.

Desde então, a calorimetria indireta passou a ser aplicada não só para medir o gasto energético de várias atividades, como também para estudar várias doenças. A calorimetria indireta pode ser aplicada, então, ao cálculo do metabolismo basal e da ação dinâmica específica do alimento. Estudos, realizados em obesos, evidenciam que a reduzida ação dinâmica, específica do alimento, encontrada em alguns casos, é um dos fatores que levam à obesidade⁽⁹⁾.

DESCRIÇÃO DOS CÁLCULOS APLICADOS NA CALORIMETRIA INDIRETA

A calorimetria indireta é a medida da energia, produzida pelo organismo, ao oxidar lipídios, glicídios e proteínas, através da quantificação do oxigênio consumido, do gás carbônico produzido e do nitrogênio urinário⁽¹⁰⁾.

O oxigênio participa da oxidação dos combustíveis orgânicos, sendo responsável pela acepção de elétrons. Essa transferência de elétrons de um composto para o outro é responsável pela produção de energia, que será armazenada na forma de ATP. A Figura 1 mostra as três etapas do metabolismo energético⁽¹¹⁾.

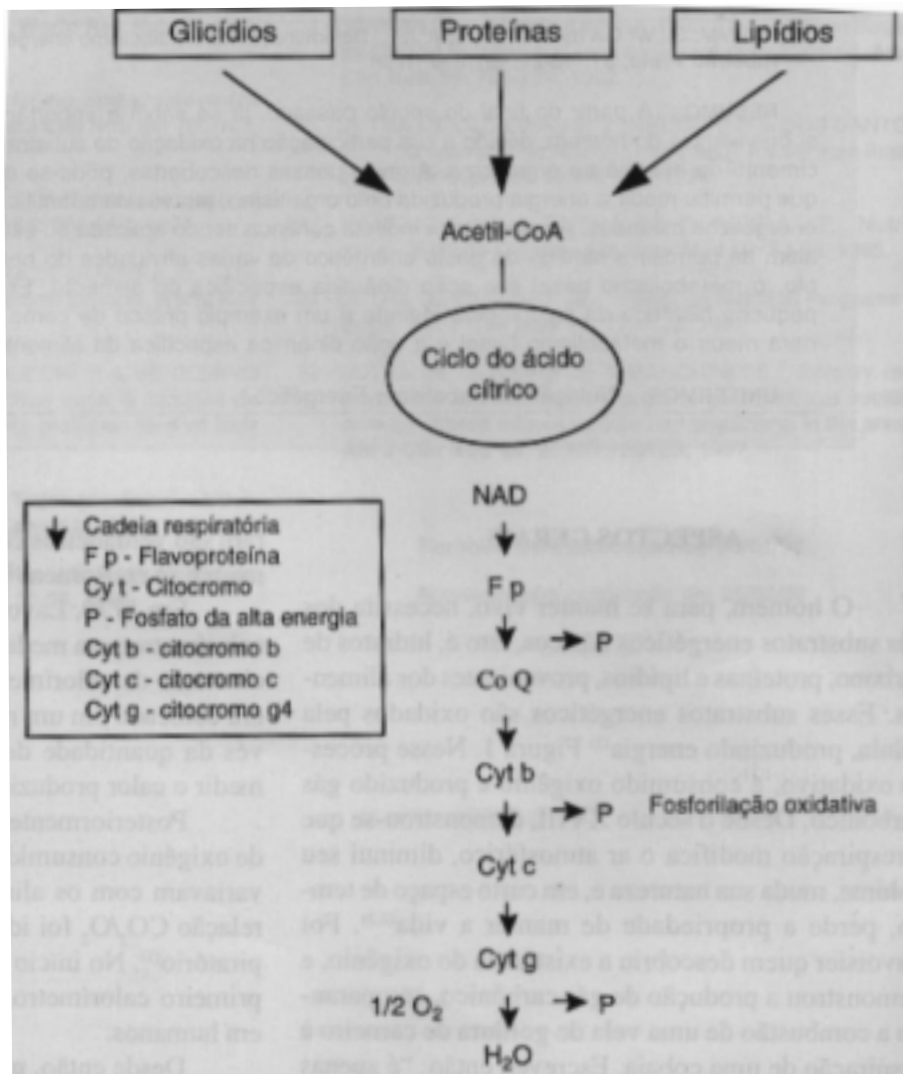


Figura 1 - Ciclo do ácido cítrico: o percurso principal da respiração nos organismos aeróbicos. O diagrama mostra como o acetil CoA, o produto principal do catabolismo dos glicídios, proteínas e lipídios, é oxidado pela célula⁽¹¹⁾.

Existem fórmulas que permitem, a partir do oxigênio consumido, do gás carbônico produzido e do nitrogênio urinário, calcular o gasto energético do organismo e a taxa de oxidação de cada um dos substratos energéticos.

Inicialmente, serão descritas as fórmulas que permitem calcular o VO_2 , ou oxigênio consumido em mililitros, por minuto, e o VCO_2 ou gás carbônico, produzido em mililitros, por minuto. Esses valores são obtidos a partir da fração desses gases no ar expirado. Obtendo-se a amostra de ar expirado, pode-se determinar VO_2 e VCO_2 como mostram as fórmulas abaixo:

$$(1) VO_2 (VI \times FIO_2) - (VE \times FEO_2)$$

Definição do oxigênio consumido em litros, por minuto, que seria a diferença entre o oxigênio inspirado e o oxigênio expirado. O oxigênio inspirado seria fornecido pela multiplicação do fluxo inspiratório, pela fração inspirada de oxigênio, e o expirado seria obtido pela multiplicação do fluxo expiratório, pela fração expirada de oxigênio. A fração inspirada de oxigênio é considerada 0,2093 e a fração expirada de oxigênio é obtida na amostra de ar expirado, colhida da paciente durante a realização da calorimetria indireta, onde:

VI = fluxo inspiratório em mililitros, por minuto;

VE = fluxo expiratório em mililitros, por minuto;

FIO_2 = fração inspiratória de oxigênio em mililitros, por minuto;

FEO_2 = fração expiratória de oxigênio em mililitros, por minuto.

$$(2) VE (BTPS) = (V/T) \times 60 \times (PB-29/PB-47) \times [(37+273)/(T+273)]$$

Cálculo do fluxo expiratório em litros, por minuto, em condições de temperatura corporal (37°C) e pressão ambiente saturada com vapor de água a 47 mmHg (BTPS), onde:

V = volume de ar em mililitros;

T = tempo;

PB = pressão barométrica em mmHg.

$[(PB-29) / (PB-47)]$ - correção da Lei de Charles, isto é, num gás, à pressão constante, o volume varia diretamente com a temperatura.

$[(37+273) / (Temp+273)]$ - correção pela Lei de Boyle, isto é, num gás, à temperatura constante, a pressão varia inversamente com o volume.

$$(3) V = (mm \times BTPS \times FC)/1000$$

Cálculo do volume da amostra de ar em mililitros, obtida através do saco de Douglas, em condições de temperatura corporal (37°C) e pressão ambiente, saturada com vapor de água a 47 mmHg (BTPS), onde:

mm = milímetros;

FC = fator de calibração do Espirógrafo Collins, 13,5 litros.

$$(4) VE (STPD) = VE(BTPS) \times [(PB-47)/863]$$

Cálculo da ventilação ou fluxo expiratório em litros, por minuto, em condições de temperatura e pressão padrões, que seriam 0°C e 760 mmHg (STPD).

$$(5) VI = VE \times FEN_2/FIN_2$$

Cálculo da VI, isto é, a ventilação do ar inspirado em litros, por minuto, a qual será obtida a partir da transformação de Haldane⁽³⁾, onde:

FEN_2 = fração do nitrogênio no ar expirado;

FIN_2 = fração do nitrogênio no ar inspirado.

A transformação de Haldane é utilizada para o cálculo de um fluxo desconhecido, a partir de outro conhecido. No nosso caso, temos o fluxo expiratório de oxigênio, a partir do qual será calculado o fluxo inspiratório.

$$(6) FIN_2 = 1 - FIO_2$$

Cálculo da fração inspirada de nitrogênio, utilizada na transformação de Haldane (fórmula 1), partindo-se do princípio de que o ar inspirado contém nitrogênio e oxigênio, sendo a fração de gás carbônico muito pequena, onde:

FIO_2 = fração de oxigênio no ar inspirado.

$$(7) FEN_2 = 1 - FEO_2 - FECO_2$$

Cálculo da fração expirada de nitrogênio, utilizada na transformação de Haldane (fórmula 1), partindo-se do princípio de que o ar expirado contém nitrogênio, oxigênio e gás carbônico, onde:

FEO_2 = fração de oxigênio no ar expirado;

$FECO_2$ = fração de gás carbônico no ar expirado.

Substituindo as fórmulas (6) e (7) na (1) temos:

$$(8) \text{VO}_2(\text{STPD}) = \{[(1 - \text{FEO}_2 - \text{FECO}_2) / x \text{FIO}_2] - \text{FEO}_2\} \times \text{VE}(\text{STPD}) \text{V}_0 \times 1000$$

Cálculo do oxigênio consumido em litros, por minuto em condições padrões de temperatura (0°C) e pressão (760 mmHg).

$$(9) \text{VCO} = (\text{FECO} - 0,0003) \times \text{VE}(\text{STPD}) \times 1000$$

Para o cálculo do gás carbônico, produzido (VCO,) em litros, por minuto, partimos da fração expirada de CO que foi obtida através do saco de Douglas. Subtraímos da fração expirada de CO 0,0003, que é o valor da fração de CO no ar inspirado. Nesse caso, não precisamos de utilizar a transformação de Haldane.

Esses valores de V0 e de VCO,, em litros, por minuto, serão utilizados para o cálculo do seu equivalente energético (calorimetria indireta).

Demonstradas as fórmulas utilizadas para o cálculo de V0 e de VCO mostraremos, abaixo, como são deduzidas as fórmulas aplicadas, na calorimetria indireta, para o cálculo da taxa de oxidação de glicose, lipídios, proteínas e o gasto energético total.

Sabe-se que os diferentes substratos energéticos, glicídios, proteínas e lipídios, consomem diferentes quantidades de oxigênio e produzem diferentes quantidades de gás carbônico no seu metabolismo. Portanto, o oxigênio consumido e o gás carbônico produzido são dados pelas fórmulas abaixo, em mililitros, por minuto:

$$(10) \text{V}_0 = \text{V}_0 \text{ glicose} + \text{V}_0 \text{ proteína} + \text{V}_0 \text{ lipídio}$$

$$(11) \text{VCO} = \text{VCO} + \text{VCO} \text{ lipídio} + \text{VCO} \text{ proteína}$$

Sabendo-se que a combustão de 1 grama de glicose consome 0,744 litros de oxigênio, 1 grama de lipídio, 2,029 litros de oxigênio e 1 grama de proteína, 0,966 litros de oxigênio, e que 1 grama de nitrogênio, na urina, corresponde a 6,25 g de proteína oxidada por demos considerar que:

$$(12) \text{V}_0 0,744 \times g + 2,029 \times l + 0,966 \times 6,25 \times \text{Nu. (mL/minuto)}$$

Onde:

g = glicose oxidada; l = lipídios oxidados; e
Nu = nitrogênio urinário

Sabendo-se, também, que 1 grama de glicose produz 0,744 litros de CO₂, 1 grama de lipídio, 1,430 litros de CO₂, e 1 grama de proteína 0,782 litros de CO₂ (Tabela I), temos:

$$(13) \text{VCO} 0,744 \times g + 1,430 \times l + 0,782 \times 6,25 \times \text{Nu (m/minuto)}$$

Tabela I - Quantidade de oxigênio consumido e de gás carbônico produzido, em litros, por grama de cada substrato energético, oxidado*

Substrato	O ₂	CO ₂
Glicose	0.746	0.746
Lipídio	2.03	1.43
Proteína	0.966	0.782

* O oxigênio e o gás carbônico representam a quantidade, em litros, por grama, de cada um dos substratos oxidados⁽¹²⁾.

Cálculo da combustão de glicose

A partir das fórmulas (12) e (13) e isolando-se a glicose, temos:

$$(14) 0,744 \times g = \text{V}_0 2,029 \times l - 0,966 \times 6,25 \times \text{Nu}$$

Isolando-se glicose, temos:

$$(15) g = (\text{V}_0 2,029 \times l - 0,966 \times 6,25 \times \text{Nu}) / 0,744$$

Cálculo da combustão de lipídios

Isolando-se lipídio da equação (13), temos:

$$(16) 1,430 \times l = \text{VCO}_2 0,744 \times g - 0,782 \times 6,25 \times \text{Nu.}$$

Substituindo-se a equação (15) na (16), temos:

$$1,430 \times l = \text{VCO}_2 - 0,744 \times [(\text{V}_0 2,029 \times l - 0,966 \times 6,25 \times \text{Nu}) / 0,744]$$

Isolando-se lipídio, temos:

$$(17) I = 1,67 \times (V_{O_2} - V_{CO_2}) - 1,92 \times Nu$$

O cálculo da taxa de oxidação de glicose pode ser feito, substituindo-se a equação (17) na equação (15):

$$(18) g = \{V_{O_2} - 2,029 \times [1,67 \times (V_{O_2} - V_{CO_2}) - 1,92 \times Nu] - 0,966 \times 6,25 \times Nu\} / 0,744$$

$$(19) g = 4,56 V_{CO_2} - 3,21 V_{O_2} - 2,88 \times Nu$$

Para indivíduos em período pós-absortivo, deve estar ocorrendo a utilização de glicogênio (Figura 2). Portanto, para o cálculo da taxa de oxidação de glicídios, é correto que se use o fator do glicogênio e não o da glicose, isto é, um grama de glicogênio oxidado consome 0,786 litros de oxigênio e produz 0,786 litros de gás carbônico. Substituindo o fator 0,744 na equação (18) por 0,786, teremos a equação:

$$(21) G (\text{glicogênio}) = 4,09 \times V_{CO_2} - 2,88 \times V_{O_2} - 2,59 \times Nu$$

Cálculo da combustão de proteína

Para o cálculo da proteína oxidada, utilizamos a fórmula:

$$(20) p = 6,25 \times Nu \text{ (g/minuto)}$$

pois 1 grama de nitrogênio, na urina, equivale à oxidação de 6,25 gramas de proteína.

Para o cálculo do teor energético, vamos considerar o equivalente energético de cada um dos substratos (Tabela II).

- (22) glicose = 3,74 kcal/grama;
- (23) lipídio = 9,50 kcal/grama;
- (24) proteína = 4,10 kcal/grama.

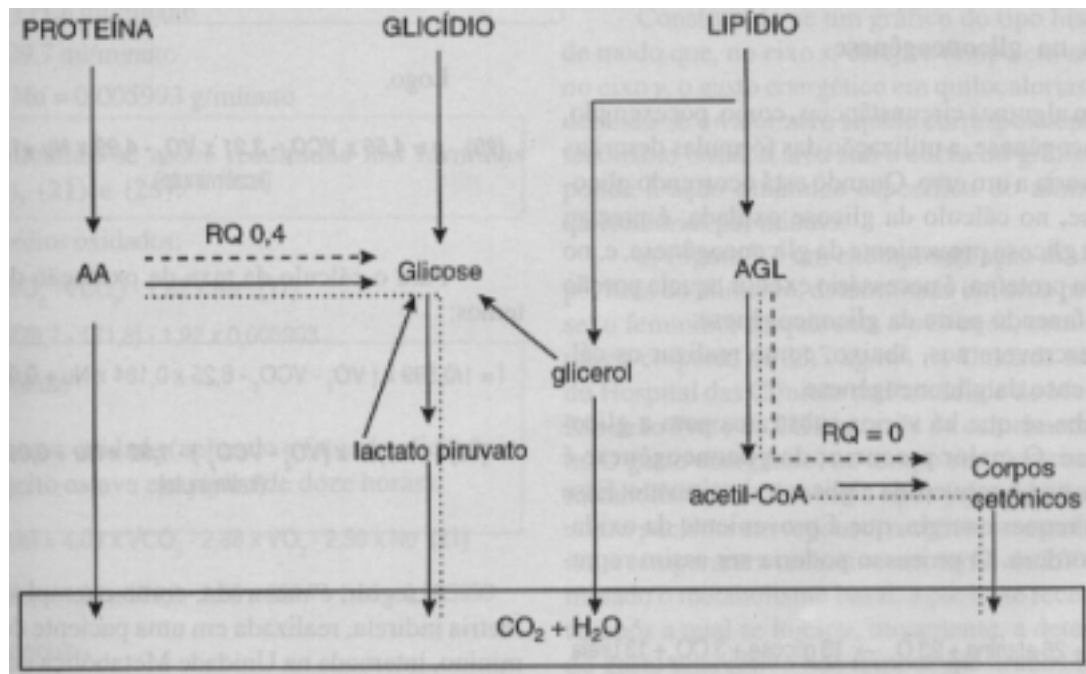


Figura 2-Principais vias metabólicas para a oxidação completa de glicídios, proteínas e lipídios, com RQ de 1,0; 0,8 e 0,7 respectivamente. São mostradas duas vias: a gliconeogênese de aminoácidos e a formação de corpos cetônicos de lipídios. Se a glicose e os corpos cetônicos são posteriormente oxidados, a CO_2 e H_2O , o RQ é o mesmo da oxidação de lipídios. AA = aminoácido; RQ = quociente respiratório; AGL = ácidos graxos livres⁽¹⁴⁾.

Tabela II - Coeficientes propostos para cálculos de calorimetria indireta*

Substrato	VO ₂ Vg	VCO ₂ l/g	RQ	Kca/g kcal/l	Eq. E VO ₂ kcal/l	Eq. E VCO ₂
Glicogênio	0.829	0.829	1.0	4.19	5.066	5.066
Glicose	0.746	0.746	1.0	3.74	5.013	5.013
Lipídio	2.019	1.43	0.707	9.46	4.686	6.628
Proteína	0.966	0.782	0.835	4.10	4.656	5.576

* VO = oxigênio consumido em litros, por grama de substrato oxidado; VCO₂ = gás carbônico produzido, em litros, por grama de substrato oxidado; Eq E VO₂ = equivalente de energia do oxigênio consumido; EqE VCO₂ = equivalente de energia do gás carbônico produzido⁽³⁾.

Cálculo do gasto energético total

O gasto energético, portanto, é:

$$(25) \text{ Total E(kcal)} = 3,74 \times g + 9,50 \times l + 4,10 \times p$$

A glicose oxidada é obtida através da fórmula (19), o lipídio oxidado é calculado através da fórmula (17) e a proteína, através da fórmula (20).

$$(26) \text{ Nu} \times 6,25 = P \text{ oxidada} + P \text{ transf. glicose}$$

Para a realização dos cálculos temos:

$$(27) \text{ VO}_2 = 0,744 \times g + 2,029 \times l + 6,25 \times 0,966 \times \text{Nu} - 0,966 \times \text{Ptg}$$

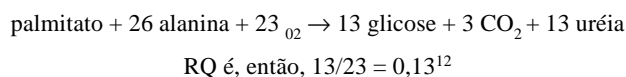
$$(28) \text{ VCO}_2 = 0,744 \times g + 1,430 \times l + 6,25 \times 0,782 \times \text{Nu} - 0,908 \times \text{Ptg}$$

Cálculos na gliconeogênese

Em algumas circunstâncias, como, por exemplo, na gliconeogênese, a utilização das fórmulas descritas acima levaria a um erro. Quando está ocorrendo a gliconeogênese, no cálculo da glicose oxidada, é preciso subtrair a glicose proveniente da gliconeogênese, e, no cálculo da proteína, é necessário excluir aquela porção que está fazendo parte da gliconeogênese.

Descreveremos, abaixo, como realizar os cálculos no caso da gliconeogênese.

Sabe-se que há vários substratos para a gliconeogênese. O maior precursor da gliconeogênese é a alanina, que é convertida a glicose via piruvato. Esse processo requer energia, que é proveniente da oxidação de gordura. O processo poderia ser assim representado:



Descreveremos, a seguir, as fórmulas aplicadas à gliconeogênese.

Logo,

$$(29) g = 4,56 \times \text{VCO}_2 - 3,21 \times \text{VO}_2 - 4,99 \times \text{Nu} \div 1,14 \times \text{Ptg (kcal/minuto)}$$

Para o cálculo da taxa de oxidação de lipídios temos:

$$l = 1/0,599 \times (\text{VO}_2 - \text{VCO}_2 - 6,25 \times 0,184 \times \text{Nu} + 0,058 \times \text{Ptg})$$

$$(30) l = 1,67 \times (\text{VO}_2 - \text{VCO}_2) - 1,92 \times \text{Nu} \div 0,097 \times \text{Ptg (kal/minuto)}$$

A seguir, é mostrada, como exemplo, a calorimetria indireta, realizada em uma paciente do sexo feminino, internada na Unidade Metabólica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, durante a realização de trabalho de pesquisa.

Paciente do sexo feminino, vinte e nove anos, em jejum há doze horas, em repouso no leito, à tem

peratura ambiente em torno de 23°C, submetida à calorimetria indireta para determinação do metabolismo basal.

Com a finalidade de determinar o oxigênio consumido e o gás carbônico produzido, foi realizada a coleta do ar expirado, utilizando-se o saco de Douglas. A paciente permaneceu na posição sentada, em repouso, foi convidada a respirar tranquilamente através da válvula de Ruldolph, conectada ao saco de Douglas.

Colhida a amostra de ar expirado, a mesma foi analisada quanto às frações de oxigênio e de gás carbônico, através do Metabolic Measurement Cart, e quanto ao volume de ar, através de Espirógrafo Collins, 13,5 litros. Através dos valores obtidos, pôde-se determinar VO_2 (fórmula 8), VCO_2 (fórmula 9), RQ (VCO_2/VO_2) e gasto energético em quilocalorias, por minuto, correspondendo ao metabolismo basal.

Assim:

Fração de oxigênio no ar expirado ou FEO_2 : 17,2%

Fração de gás carbônico no ar expirado ou $FECO_2$: 2,9%

Volume de ar em milímetros: 520

Aplicando-se esses valores nas fórmulas (2), (3), (8) e (9), foram obtidos os valores:

$$VCO_2 = 171,8 \text{ ml/minuto}$$

$$VO_2 = 229,7 \text{ ml/minuto}$$

$$\text{Tendo-se Nu } 0,005993 \text{ g/minuto}$$

Aplicando-se esses resultados nas fórmulas (17), (20), (21) e (25):

Lipídios oxidados:

$$I = 1,67 \times (VO_2 - VCO_2) - 1,92 \times \text{Nu} \quad (17)$$

$$I = 1,67 \times (229,7 - 171,8) - 1,92 \times 0,005993$$

$$I = 96,68 \text{ g/minuto}$$

Glicose oxidada (aplicado o fator do glicogênio, pois o sujeito estava em jejum de doze horas).

$$G (\text{glicogênio}) = 4,09 \times VCO_2 - 2,88 \times VO_2 - 2,59 \times \text{Nu} \quad (21)$$

$$G (\text{glicogênio}) = 4,09 \times 171,8 - 2,88 \times 229,7 - 2,59 \times 0,005993$$

$$G = 41,11 \text{ g/minuto}$$

$$p = 6,25 \times \text{Nu} \quad (20)$$

$$P = 6,25 \times 0,005993$$

$$P = 0,037 \text{ g/minuto}$$

Gasto energético total:

$$\text{Total E (kcal)} = 3,74 \times g + 9,50 \times xl + 4,10 \times p \quad (25)$$

$$\text{Total E (kcal)} = 3,74 \times 41,11 + 9,5 \times 96,68 + 4,10 \times 0,037$$

$$\text{Total e (kcal)} = 1072 \text{ kcal/dia.}$$

DESCRIÇÃO DO CÁLCULO DA AÇÃO DINÂMICA, ESPECÍFICA DO ALIMENTO

A ação dinâmica, específica do alimento é o aumento no gasto de energia basal ou metabolismo basal, provocado pela ingestão alimentar. Deve-se à energia gasta na absorção, digestão, transporte e aproveitamento dos alimentos⁽⁹⁾.

Para o seu cálculo, considera-se um indivíduo, inicialmente, em período pós-absortivo, em repouso, acordado, à temperatura ambiente em torno de 20°C. Mede-se o gasto energético, através da calorimetria indireta, utilizando-se as fórmulas descritas acima (17, 20, 21 e 25), (fator do glicogênio e não da glicose), obtendo-se, assim, o metabolismo basal. Oferece-se uma refeição a esse indivíduo e mede-se novamente o gasto energético em determinados tempos, contados após a ingestão alimentar. Novamente, aplica-se a calorimetria indireta. Nesse caso, para o cálculo da taxa de oxidação de glicídios, utiliza-se o fator da glicose, pois o indivíduo está no período pós-prandial.

Construindo-se um gráfico do tipo histograma, de modo que, no eixo x, esteja o tempo em minutos e, no eixo y, o gasto energético em quilocalorias, e considerando-se o valor zero aquele correspondente ao metabolismo basal, a área sob a curva do gráfico corresponde à ação dinâmica específica do alimento, em quilocalorias por minuto.

A Figura 3 é um exemplo da ação dinâmica específica do alimento, determinada em uma paciente do sexo feminino, de quarenta e três anos, com índice de massa corpórea de 33,7 kg/m² na Unidade Metabólica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP, através da calorimetria indireta. O gasto energético, no tempo zero, corresponde ao metabolismo basal, obtido após jejum de doze horas, com a paciente em repouso, no leito, no estado de vigília, à temperatura ambiente em torno de 20°C. Determinado o metabolismo basal, a paciente recebeu a dieta, após a qual se iniciou, novamente, a determinação do gasto energético nos tempos mostrados no eixo x. Os valores obtidos foram, então, aplicados ao cálculo da ação dinâmica específica do alimento Tabela III.

A Tabela III, a seguir, mostra as fórmulas utilizadas para o cálculo da ação dinâmica, específica do alimento.

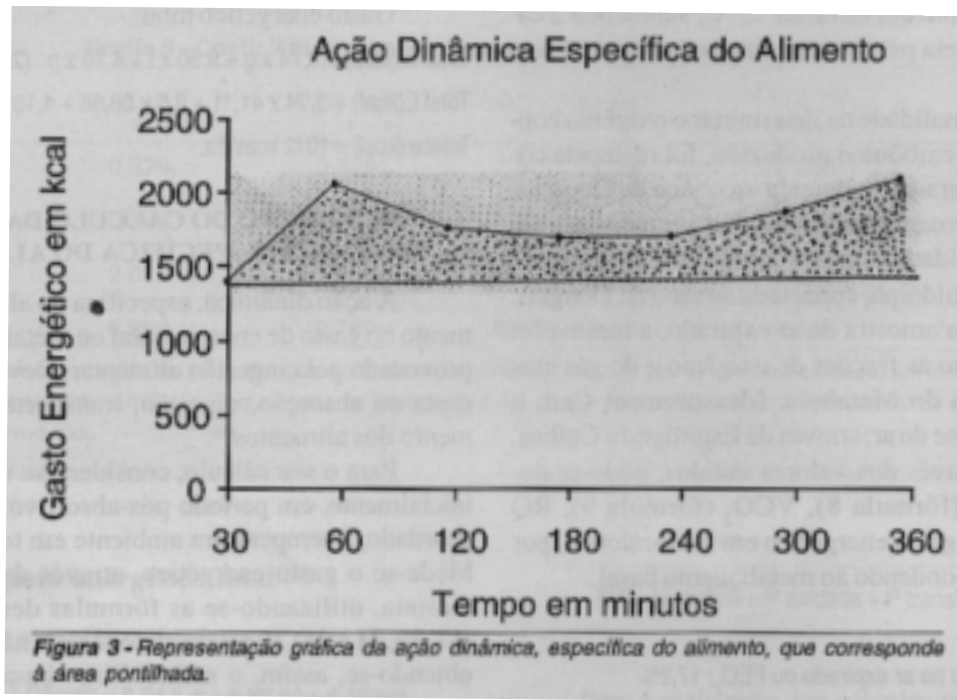


Tabela III - Esquema de cálculo da ação dinâmica específica do alimento

Tempo (minutos)*	Gasto energético (kcal)	Efeito térmico (kcal)	Área*
basal ou zero	2320	0	0
30	2650	(2650 - 2320) = 330	(30 - 0) x (330 + 0)/2 = 4950
60	2532	(2532 - 2320) = 213	(60 - 0) x (213 + 330)/2 = 8139
120	2265	(2265 - 2320) = -55	(120 - 60) x (-55 + 213)/2 = 4734
180	2203	(2203 - 2320) = -117	(180 - 120) x (-117 - 55)/2 = -5145
240	2529	(2529 - 2320) = 209	(240 - 180) x (209 - 117)/2 = 2774
300	2286	(2286 - 2320) = -34	(300 - 240) x (-34 + 209)/2 = 5252
360	2041	(2041 - 2320) = -279	(360 - 300) x (-279 - 34)/2 = -9380
Soma total = (4950 + 8139 + 4734 - 5145 + 2774 + 5252 - 9380)			1360 = 31 kcal/dia

* O Tempo (em minutos) representa os momentos em que foi medido o gasto energético.

SUEN VMM; SILVA GA da & MARCHINI JS. Determination of energy metabolism in man. Medicina, Ribeirão Preto, 31: 13-21, jan./march 1998.

ABSTRACT: Indirect calorimetry method gives the energy expenditure estimates through the determination of rate of oxidation of fuels: carbohydrate, protein and fat. In practice it can be used for a variety of purposes like energy expenditure of various physical activities and to study diseases like obesity, lung obstructive disease, diabetes mellitus, etc. This paper describes the basic methodology used at metabolic unit to determine CO₂ and O₂ volumes and calculations involved in arriving at the basal metabolic rate and diet induced thermogenesis.

UNITERMS: Nutrition. Energy Metabolism.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BURTON B. Metabolismo energético. In: Nutrição humana. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, p. 23-33, 1979.
- 2 - COUTINHO R. Breve resumo da história do metabolismo. In: Noções de fisiologia da nutrição. Editora Cultura Médica, Rio de Janeiro, p. 3-16, 1981.
- 3 - SCHUTZ Y. The basis of direct and indirect calorimetry and their potentials. *Diabetes Metab Rev* 11: 383-408, 1995.
- 4 - PITTET PH et al. Thermic effect of glucose in obese subjects studied by direct and indirect calorimetry. *Br J Nutr* 35: 281-292, 1976.
- 5 - SCHUTZ Y; BESSARD T & JIQUIER E. Diet induced thermogenesis measured over a whole day in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr* 40: 542-552, 1984.
- 6 - REED GW & HILL JO. Measuring the thermic effect of food. *Am J Clin Nutr* 63: 164-169, 1996.
- 7 - JIQUIER E. Direct and indirect calorimetry in man. In: GARROW JS & HALLIDAY D. Substrate and energy metabolism in man. John Libbey, London, p. 17-19, 1984 (Third Clinical Research Centre Symposium, 82).
- 8 - WESTSTRATE JA. Resting energy expenditure in women: impact of obesity and body-fat distribution. *Metabolism* 39: 11-17, 1990.
- 9 - DANFORTH JE. Diet and obesity. *Am J Clin Nutr* 41: 1132-1145, 1985.
- 10 - FERRANNINI E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism* 37: 287-301, 1988.
- 11 - MAYES PA. O ciclo do ácido cítrico e o catabolismo do acetil-CoA. In: HARPER HA; RODWELL VW & MAYES PA. Manual de química fisiológica, 5ª ed. Atheneu, São Paulo, p. 299-307, 1982.
- 12 - FRAYN KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *J Appl Physiol* 55: 628-634, 1983.
- 13 - HARPER H. Calorimetria: Elementos de nutrição. In: HARPER HA; RODWELL VW & MAYES PA. Manual de química fisiológica, 5ª ed., Atheneu, São Paulo, p. 625-643, 1982.
- 14 - SCHUTZ Y & RAVUSSIN E. Respiratory quotients lower than 0,70 in ketogenic diets. Letters To The Editor. *Am J Clin Nutr* 33: 1317-1319, 1980.

Recebido para publicação em 30/01/98

Aprovado para publicação em 25/02/98