

# PROCEDIMENTO DE MEDIDA E INTERPRETAÇÃO DA TAXA METABÓLICA DE REPOUSO

## PROCEDURE OF MEASUREMENT AND INTERPRETATION OF THE RESTING METABOLIC RATE

### PAULO HENRIQUE SANTOS DA FONSECA

Graduado em Educação Física (UFSM), Especialista em Futebol (UFV), Mestre em Educação Física (UFSC)

### MARIA FÁTIMA DA SILVA DUARTE

Doutora em Biodinâmica do Movimento Humano (University of Illinois), Professora do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

### DANIELA MARTINS ALMEIDA

Graduada em Educação Física pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

### ANDRÉIA WEIS

Graduada em Educação Física pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

**Resumo:** A Taxa Metabólica de Repouso (TMR) é definida como a taxa mínima de energia consumida necessária para sustentar todas as funções celulares. A World Health Organization (WHO) aconselha que o cálculo de gasto energético diário seja obtido como múltiplo da TMR. Desta forma, a precisão na medida da TMR é necessária para determinar a eficiência dos planos de nutrição, porém os estudos apresentam diferenças em relação aos procedimentos adotados na realização da medida pelo método da troca gasosa. Assim, objetivamos organizar o conhecimento desenvolvido na área, propor um procedimento para a medida da TMR pelo método de troca gasosa utilizando a calorimetria indireta de circuito aberto em indivíduos saudáveis e auxiliar na sua interpretação. Os cuidados observados antes e durante a realização da calorimetria indireta para se obter a medida correta da TMR, estão relacionados ao ambiente, indivíduo, equipamento e avaliação. A obtenção da medida da TMR por meio da troca gasosa é complexa e sensível a inúmeras variáveis, as quais podem levar a uma interpretação equivocada se não controladas por parte do avaliador.

**Palavras-chave:** Taxa metabólica de repouso, Metabolismo, Saúde.

**Abstract:** The resting metabolic rate (RMR) is defined as the minimum rate of energy consumption required to support all cellular functions. The World Health Organization (WHO) recommends that the calculation of daily energy expenditure is obtained as a multiple of RMR. Thus, the precision in measuring the RMR is necessary to determine the effectiveness of nutrition plans, but studies show differences regarding the procedures adopted in implementing the measure by the method of gas exchange. Thus, aim to organize the knowledge developed in the area, propose a procedure for measuring the RMR using the method of gas exchange using the indirect calorimetry open circuit in healthy individuals and assist in its interpretation. The cares observed before and during the indirect calorimetry to achieve the correct measure of RMR, are related to the environment, individual, equipment and evaluation. Achieving the measure of RMR through gas exchange is complex and sensitive to many variables, which can lead to a wrong interpretation is not controlled by the evaluator.

**Keywords:** Resting metabolic rate, metabolism, health.

## 1 INTRODUÇÃO

A Taxa Metabólica de Repouso (TMR) é definida como a taxa mínima de energia consumida necessária para sustentar todas as funções celulares, e responde por 60 a 70% do total de gasto energético diário nos humanos (WONG et al., 1996). Representa o principal componente do gasto energético total (CRUZ; SILVA; ANJOS, 1999), principalmente quando se determina a necessidade diária de energia em pessoas sedentárias (ALFONZO-GONZALES et al., 2004).

Quenouille e colaboradores, em 1951, publicaram a hipótese de que o valor da taxa metabólica de repouso (TMR) poderia ser o começo para estimar as necessidades de energia de grupos populacionais, sendo que, após a obtenção da TMR, essa poderia ser multiplicada por fatores de diferentes níveis de atividade física (SHOFIELD, 1985). No entanto, essa hipótese somente foi considerada pela *World Health Organization* (WHO) em sua publicação de 1981, onde esta aconselha que o cálculo do gasto energético diário fosse obtido como múltiplo da TMR.

Desde então, a TMR tem sido utilizada rotineiramente por clínicas para estimar as necessidades energéticas em pacientes e por organizações de saúde para definir as necessidades energéticas da população (WONG, 1996).

A precisão na mensuração da TMR é necessária para determinar a eficiência dos planos de nutrição (FRANKENFIELD; ROTH-YOUSEY; COMPER, 2005; ROCHA; ALVES; FONSECA, 2006). Porém os estudos apresentam diferenças em relação aos procedimentos a serem adotados para a realização da medida da TMR por meio do método de troca gasosa.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo organizar o conhecimento desenvolvido na área, propondo um procedimento para a medida e interpretação da TMR pelo método de troca gasosa utilizando a calorimetria indireta de circuito aberto em indivíduos saudáveis.

## 2 O MÉTODO DA TROCA GASOSA E SUA APLICAÇÃO NA MEDIDA DA TMR

O método da troca gasosa é classificado como sendo uma calorimetria indireta, é assim chamado porque o calor produzido não é medido diretamente, sua vantagem em relação à calorimetria direta, é a facilidade da técnica, a necessidade de equipamento de menor custo, além de permitir calcular não só o gasto energético, mas também as taxas de oxidação de substratos (SUN et al., 2001).

O método da troca gasosa calcula o gasto energético a partir do volume de oxigênio ( $VO_2$ ) consumido e do volume de gás carbônico ( $VCO_2$ ) produzido (MELBY et al., 2000). Os aparelhos de calorimetria indireta que medem o  $VO_2$  e o  $VCO_2$ , de acordo com o princípio de funcionamento, são classificados em equipamentos de circuito fechado e circuito aberto (DINER, 1997).

Analisando somente a calorimetria indireta de circuito aberto, onde ambos os extremos do sistema se comunicam com o ambiente, o ar expirado é coletado em bolsa de Douglas ou espirômetro de Tissot e, depois, analisado por titulação por métodos convencionais ou analisador eletrônico (DINER, 1997). Os monitores metabólicos utilizados atualmente são instrumentos microprocessadores que empregam analisadores rápidos de  $O_2$  e  $CO_2$  capazes de medir instantaneamente as alterações nas concentrações dos gases analisados.

Os calorímetros indiretos de circuito aberto são classificados quanto ao sistema de análise dos gases em equipamentos de análise direta (respiração por respiração), equipamentos com câmara de mistura e equipamento de análise por diluição de ar expirado (SUE et al., 1980).

Os estudos, no início do século 20, de Benedict e Atwater, paralelamente com os trabalhos de Carl von Voit e Max Rubner, na Alemanha, e Lusk e Du Bois nos Estados Unidos, definitivamente sedimentaram o uso clínico do método da troca gasosa (ROCHA et al., 2005).

O método de troca gasosa, sendo considerada uma teoria, baseia-se nos seguintes pressupostos, segundo Ferrannini et al. (1988):

- 1) a entrada e a saída dos gases envolvidos no processo de combustão metabólica ocorrem só pelo nariz e pela boca. As perdas através da pele são mínimas e são desconsideradas. Nem o  $O_2$  nem o  $CO_2$  são armazenados no organismo;
- 2) não está ocorrendo produção anaeróbia de energia;
- 3) o aporte de substrato energético consiste de proteínas, carboidratos e gorduras;
- 4) os substratos energéticos participam somente na reação de combustão, na lipogênese e na gliconeogênese;
- 5) a taxa de excreção de nitrogênio na urina como uréia representa a taxa de catabolismo protéico;
- 6) o organismo está em estado de equilíbrio, e a duração da avaliação é suficiente para corrigir flutuações nos "pools" do gás carbônico, glicose e uréia.

### 3 PROCEDIMENTO DE MEDIDA DA TMR UTILIZANDO O MÉTODO DA TROCA GASOSA

Vários devem ser os cuidados observados antes e durante a realização da calorimetria indireta para se obter a TMR, assegurando resultado acurado. Os cuidados são apresentados em relação ao ambiente, indivíduo, equipamento e avaliação:

1. A medida pode ser realizada em casa ou na clínica;
2. O ambiente deve ser silencioso e com pouca iluminação (DINER, 1997);
3. O ambiente deve estar numa temperatura confortável evitando alterações fisiológicas no indivíduo (DINER, 1997);
4. Sugere-se que no ambiente de avaliação esteja somente o avaliador responsável ou mínimo de pessoas, evitando a saturação de  $CO_2$  ocasionada pela respiração;
5. O indivíduo antes da realização da avaliação não deve executar atividades moderadas ou intensas. Em casos onde o indivíduo se deslocará até o local da avaliação, sugere-se o seu transporte evitando caminhadas longas ou ciclismo.
6. O indivíduo não deve apresentar um quadro de enfermidade que possa alterar o seu resultado de consumo de  $O_2$  e produção de  $CO_2$ ;
7. No momento da avaliação o sujeito deve vestir roupas leves e que permitam a troca do calor do corpo com o

ambiente;

8. O indivíduo deve estar em repouso há pelo menos trinta minutos (MULLEN, 1991);
9. O indivíduo deve estar em jejum de 2 a 3 horas, em situações de realização de avaliação pós-prandial, quando o valor é aproximadamente 10% mais elevado (MAFFEIS et al., 1993);
10. O indivíduo deve estar em repouso, evitar que o avaliado durma;
11. O monitor deve ser ligado, no mínimo, 30 minutos antes da avaliação para aquecimento e estabilização adequada;
12. Assegurar que não haja vazamento nas conexões do circuito respiratório;
13. Realizar periodicamente avaliações para testar a fidedignidade dos resultados do equipamento;

A duração da avaliação depende da obtenção de um estado de equilíbrio metabólico e respiratório caracterizado pela estabilidade das leituras obtidas. Esta condição de equilíbrio é reconhecida quando o  $VO_2$  e o  $VCO_2$  variam menos de 10% e o Quociente Respiratório (RQ) menos de 5% num intervalo de tempo de cinco minutos (MULLEN, 1991).

Recomenda-se um período inicial de adaptação de 5 a 10 minutos, para a estabilização das leituras, e um período de medida de 20 minutos (ISBELL et al., 1991). Quando a leitura não se estabiliza, recomenda-se estender a determinação para 25 minutos (CUNNINGHAM et al., 1994).

Uma interpretação adequada deve incluir a análise do RQ encontrado, comparação do resultado metabólico encontrado em relação ao previsto e a estimativa da participação de cada substrato na produção de energia (DINER, 1997).

A TMR pode ser calculada após a obtenção dos valores em repouso do  $VO_2$  e do  $VCO_2$ , onde estes são utilizados em equações que os transformam em valores calóricos. Vários estudos têm utilizado a equação proposta por Weir (1949), a qual tem sido aceita pela comunidade acadêmica como padrão ouro (WELLS, 1998).

$$\text{TMR (kcal/min)} = 3.941 * (\text{VO}_2 \text{ L/min}) + 1.106 * (\text{VCO}_2 \text{ L/min}) - 2.17 * \text{N}$$

$$\text{TMR (Kcal/dia)} = \text{TMR (Kcal/min)} * 1.440$$

Weir (1949) mostrou que o erro em não se medir o nitrogênio (N) sofre pequenas variações entre os indivíduos em repouso. Desta forma, a TMR pode ser estimada somente pelo  $\text{VO}_2$  e  $\text{VCO}_2$ .

A participação de cada substrato na produção de energia pode ser calculada pelas equações sugeridas por Suen et al. (1998):

$$\text{Lipídios (g/min)} = 1,67 * (\text{VO}_2 - \text{VCO}_2) - 1,92 * \text{Nu}$$

Como o indivíduo deve estar em jejum não se utiliza a equação para glicose e sim a equação corrigida para Glicogênio.

$$\text{Glicogênio (g/min)} = 4,09 * \text{VCO}_2 - 2,88 * \text{VO}_2 - 2,59 * \text{Nu}$$

Obs:  $\text{VO}_2$  e  $\text{VCO}_2$  em mililitros/minuto; Nu = nitrogênio urinário (na medida da TMR em indivíduos sadios não há necessidade de se medir).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção da medida da taxa metabólica de repouso por meio da troca gasosa é complexa e sensível a inúmeras variáveis, associadas ao ambiente, indivíduo, equipamento e avaliação, as quais podem levar a uma interpretação equivocada se não controladas por parte do avaliador.

Desta forma, propomos estes procedimentos de medida da TMR utilizando o método da troca gasosa, para auxiliar o avaliador no momento da medida e interpretação dos resultados.

#### 5 REFERÊNCIAS

ALFONZO-GONZALES, G. et al. Estimation of daily energy needs with the FAO/WHO/UNU 1985 procedures in adults:

comparison to whole-body indirect calorimetry measurements. **Eur J Clin Nutr.** v. 58, p. 1125-1131, 2004.

CRUZ, C. M.; SILVA, A. F.; ANJOS, L. A. A taxa metabólica basal é superestimada pelas equações preditivas em universitárias do Rio de Janeiro, Brasil. **Arch Latinoam Nutr.** v. 49, n. 3, p. 233-237, 1999.

CUNNINGHAM, K. F. et al. Appropriate interpretation of indirect calorimetry for determining energy expenditure of patients in intensive care units. **Am J Surg.** v. 167, n. 5, p. 547-549, 1994.

DINER, J. R. C. Calorimetria indireta. **Rev Assoc Med Brasil.** v. 43, n. 3, p. 245-253, 1997.

FERRANNINI, E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. **Metabolism.** v. 37, n. 3, p. 287-301, 1988.

FRANKENFIELD, D. C.; ROTH-YOUSEY, L.; COMPTON, C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. **J Am Diet Assoc.** v. 105, n. 5, p. 775-789, 2005.

ISBELL, T. R. et al. Measurement reliability and reactivity using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouthpiece, and ventilated canopy. **J Parenter Enteral Nutri.** v. 15, n. 2, p. 165-168, 1991.

MAFFEIS, C. et al. Meal-induced thermogenesis in lean and obese prepubertal children. **Am J Clin Nutr.** v. 57, p. 481-485, 1993.

MELBY, C. L.; HO, R. C.; HILL, J. O. Avaliação do Gasto Energético. In: BOUCHARD, C. (org.). **Atividade Física e Obesidade.** Barueri: Manole; 2000. p. 117-149.

MULLEN, J. L. Indirect calorimetry in critical care. **Proc Nutri Soc.** v. 50, p. 239-244, 1991.

ROCHA, E. E. M. et al. Can measured resting expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? **Curr Opin Clin Nutr Metab Care.** v. 8, p. 319-328, 2005.

ROCHA, E. E. M.; ALVES, V. G. F.; FONSECA, R. B. V. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care.** v. 9, p. 247-256, 2006.

SCHOFIELD, W. N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. **Hum Nutr Clin Nutr.** v. 39, supl. 1, p. 5-41, 1985.

SUE, D. Y. et al. Measurement and analysis of gas exchange during exercise using a programmable calculator. **J Appl Physiol.** v. 49, n. 3, p. 456-461, 1980.

SUN, M. et al. A longitudinal study of resting energy expenditure relative to body composition during puberty in African American and white children. **Am J Clin Nutr.** v. 73, p. 308-315, 2001.

WEIR, J. B. D. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **J Physiol.** v. 109, p. 1-9, 1949.

WELLS, J. C. K. Energy Metabolism in infants and children. **Nutrition.** v. 14, n. 10, p. 817-820, 1998.

WHO. World Health Organization. **Development of indicators for monitoring progress towards health for all by the year 2000.** Health for All Series. Geneva, 1981.

WONG, W. W. Are basal metabolic rate prediction equations appropriate for female children and adolescents? **J. Appl Physiol.** v. 81, n. 6, p. 2407-2414, 1996.

---

**Correspondência:**

Autor: Paulo Henrique Santos da Fonseca  
Endereço: Avenida Medianeira, 1879, ap. 603,  
Centro, Santa Maria - Rio Grande do Sul, CEP  
97060-003  
E-mail: paulo.phsf@gmail.com

**Recebido em:** 26/04/2009

**Aceito em:** 02/07/2009