

# Validade da equação de Henry e Rees que estima a taxa metabólica de repouso em adolescentes masculinos

*Validity of the equation of Henry and Rees that estimates the resting metabolic rate in male adolescents*

Paulo Henrique S. Fonseca<sup>1</sup>, Maria de Fátima S. Duarte<sup>2</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar a validade da equação de predição da taxa metabólica de repouso proposta por Henry e Rees (1991) em adolescentes do sexo masculino.

**Métodos:** Estudo transversal, com amostra de conveniência constituída de 52 meninos, entre dez e 17 anos, sendo mensuradas a massa corporal e a calorimetria indireta. A massa corporal foi substituída na equação de Henry e Rees para determinar a taxa metabólica de repouso predita. A calorimetria indireta foi determinada pelos valores do consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub>, e usada na equação de Weir (1949), considerada método padrão para o cálculo da taxa metabólica de repouso. Todas as medidas foram realizadas pela manhã, com o indivíduo em jejum de seis horas, em posição supina e em repouso muscular. Realizaram-se os seguintes procedimentos estatísticos: teste *t* pareado; erro constante (com diferença aceita entre as médias <5%) e, para análise da concordância entre os dois métodos, o procedimento gráfico de Bland e Altman.

**Resultados:** A equação proposta por Henry e Rees não apresentou diferença significativa em relação ao método padrão, assim como o erro constante entre as médias foi <5%. Porém, a análise gráfica de Bland e Altman revelou que não há concordância entre a equação e o método padrão.

**Conclusões:** A equação de Henry e Rees deve ser utilizada com prudência no cálculo da taxa metabólica de repouso para adolescentes com características similares as do grupo estudado.

**Palavras-chaves:** metabolismo energético; saúde da criança; adolescente.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the validity of the equation proposed by Henry and Rees (1991) to predict resting metabolic rate in adolescent boys.

**Methods:** This cross-sectional study enrolled 52 boys aged ten to 17 years on a random convenience sample. The variables measured were: body mass and indirect calorimetry. Body mass was replaced in the equation of Henry and Rees to determine the predicted resting metabolic rate. The indirect calorimetry was determined by the values of O<sub>2</sub> consumption and CO<sub>2</sub> productions, in order to calculate Weir's equation (1949), considered in this study as the standard method to calculate resting metabolic rate. All measurements were performed in the supine position and at rest, in the morning after a six-hour fast. Statistical analysis included paired *t*-test; constant error (with a tolerable difference between the means <5%) and Bland and Altman graphic analysis.

**Results:** The equation proposed by Henry and Rees did not show significant difference in relation to the standard method and the constant error between the means was <5%. However, Bland and Altman analysis did not show agreement between the studied equation and the standard method.

**Conclusions:** Henry and Rees equation should be used with caution to calculate resting metabolic rate in adolescent boys with similar characteristics of the studied group.

**Key-words:** energy metabolism; child health (Public Health); adolescent.

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil

<sup>1</sup> Mestre em Educação Física pela UFSC, Florianópolis; Professor do Instituto Federal de Santa Catarina (IF-SC), Itajaí, SC, Brasil

<sup>2</sup> Doutora em Biodinâmica do Movimento Humano pela University of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign, IL, USA; Professora do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

Endereço para correspondência:

Paulo Henrique S. Fonseca  
Avenida Medianeira, 1.879, apto. 603 – Centro  
CEP 97060-003 – Santa Maria/RS  
E-mail: paulo.phsf@gmail.com

Fonte financiadora: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Conflito de interesse: nada a declarar

Recebido em: 15/1/2010

Aprovado em: 20/9/2010

## 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<sup>(1)</sup>, representando o principal componente do gasto energético total<sup>(2)</sup>, principalmente quando se determina a necessidade diária de energia em pessoas sedentárias<sup>(3)</sup>.

Quenouille *et al*, em 1951, propuseram à Organização Mundial da Saúde (OMS) a hipótese de que a TMR pudesse ser útil para estimar as necessidades de energia de grupos populacionais e que essa taxa poderia ser multiplicada por fatores relacionados a diferentes níveis de atividade física<sup>(4)</sup>.

A OMS<sup>(5)</sup>, por sua vez, em 1985, propôs o uso de novas equações diante da impossibilidade de avaliar a TMR por meio da calorimetria direta. Essas equações foram oriundas da revisão de estudos somados ao banco de dados de Schofield<sup>(6)</sup>, disponibilizando aproximadamente 11 mil medidas da TMR por meio da calorimetria indireta (CI). Porém, diversos estudos demonstraram que tais equações fornecem valores superestimados da TMR, quando aplicadas a diferentes grupos étnicos<sup>(7,8)</sup>.

Sustentados pelas evidências de que a TMR era superestimada pelas equações da OMS<sup>(5)</sup> e de Schofield<sup>(6)</sup>, principalmente em regiões tropicais, Henry e Rees<sup>(9)</sup>, em 1991, derivaram equações para indivíduos residentes nos trópicos. Por meio de uma revisão na literatura, em que somente os estudos com mérito estatístico foram aceitos, os autores selecionaram 2.822 medidas da TMR de ambos os sexos, organizadas por faixas etárias de três a nove anos, dez a 17 anos, 18 a 29 anos e 30 a 60 anos.

As equações sugeridas por Henry e Rees<sup>(9)</sup> para adolescentes residentes nos trópicos não tiveram a mesma atenção dada às equações de Schofield<sup>(9-16)</sup> e às propostas pela OMS<sup>(11,12,14-18)</sup> em relação à análise de sua validade para diferentes populações. Somente o estudo de Schneider e Meyer<sup>(16)</sup> buscou verificar a aplicabilidade dessa equação em adolescentes brasileiros. É importante esclarecer, no entanto, que tal estudo se restringiu somente aos adolescentes com sobrepeso e obesidade.

Considerando-se a necessidade de estimativas precisas da TMR em adolescentes, o uso dessas equações deve ser reexaminado<sup>(19)</sup>, pois a exatidão na medida da TMR é necessária para determinar a eficiência dos planos de nutrição<sup>(20,21)</sup>. Nesse contexto, o presente estudo apresenta como objetivo analisar a validade da equação proposta por Henry e Rees<sup>(9)</sup>,

em 1991, para prever a TMR em adolescentes do sexo masculino, comparando-a com o cálculo de CI, segundo o padrão de Weir, proposto em 1949<sup>(22)</sup>.

## Método

O presente projeto e o termo de consentimento livre e esclarecido foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

A amostra estudada foi de conveniência do tipo ao acaso, constituída de 52 meninos com idade entre dez e 17 anos, segundo a faixa etária sugerida pela OMS<sup>(5)</sup> e classificados pelo índice de massa corporal (IMC) em baixo peso, peso adequado, sobrepeso e obeso<sup>(23)</sup>. Devido à imposição das variáveis controle ao estudo, não houve cálculo para determinar o tamanho amostral, pois seria inviável obter sujeitos para participar da amostra. Assim, a presente amostra não é representativa da população, porém buscou-se avaliar um número de adolescentes superior ao de outros estudos com o mesmo objetivo<sup>(11-14,16,18)</sup>. Foram adotados como critérios de exclusão não ter realizado o período mínimo de seis horas de jejum; não relatar uma boa qualidade de sono na véspera da avaliação; ser fumante, amputado, cadeirante ou possuir alguma doença que poderia influenciar na resposta da TMR, como diabetes melito, asma ou anemia.

As avaliações ocorreram no Laboratório de Esforço Físico (LAEF) da UFSC, entre os meses de maio e novembro de 2006, sempre durante a manhã, com o máximo de quatro sujeitos avaliados por período.

No dia da avaliação, foram apresentados aos pais e aos adolescentes os termos de consentimento livre e esclarecido e o protocolo do Comitê de Ética em Pesquisa, que esclarecia que o estudo não colocava em risco a integridade física e psicológica dos indivíduos estudados. A avaliação no LAEF seguiu os seguintes passos: primeiro, o sujeito respondeu à anamnese com perguntas de identificação, qualidade do sono na véspera da avaliação e morbidade. Nesse momento, os adolescentes que não conseguiram responder às questões receberam auxílio dos pais e pesquisadores. Após, realizou-se a avaliação da massa corporal (MC) em uma balança (modelo MEA-03140, Plenna Digital, USA), sendo o resultado inserido na equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup> para meninos de dez a 17 anos:

$$TMR (MJ/d) = 0,084*(MC) + 2,122$$

Como o valor da TMR foi analisado em kcal por dia, para realizar a conversão de MJ/dia multiplicou-se o resultado

por 239. Em seguida, realizou-se a medida da CI pelo procedimento da análise de gases em repouso (Aerosport, TEEM 100, USA) e registraram-se os valores minuto a minuto do  $VO_2$  e  $VCO_2$ , em litros por minuto, nos últimos dez minutos, após 20 minutos de repouso, totalizando 30 minutos de teste.

Essas medidas foram realizadas com o indivíduo em jejum de seis horas, em posição supina e em repouso muscular<sup>(24)</sup>. Com o auxílio dos pais, tentou-se ao máximo controlar o período de jejum. Os adolescentes que não respeitaram esse período e que se deslocaram até o local da avaliação da CI caminhando, correndo ou de bicicleta tiveram sua avaliação cancelada e remarcada para uma data posterior.

Uma vez obtidos os valores médios de  $VO_2$  e  $VCO_2$  dos últimos dez minutos de avaliação, calculou-se a equação de Weir<sup>(22)</sup>, considerada como método padrão<sup>(25)</sup> para determinar a TMR:

$$\text{TMR (kcal/min)} = 3,942 \cdot \text{VO}_2 \text{ (L/min)} + 1,106 \cdot \text{VCO}_2 \text{ (L/min)}$$

$$\text{TMR (kcal/dia)} = \text{TMR (kcal/min)} \cdot 1,440$$

Para analisar a validade da equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup> em comparação à medida padrão da TMR, realizaram-se os seguintes procedimentos estatísticos: teste *t* pareado, para medir a diferença dos valores médios das equações com o valor da TMR padrão, com nível de significância de  $p < 0,05$ ; erro constante (EC), que é a diferença média bruta da medida da TMR estimada pela equação com a medida da TMR avaliada pelo método padrão, tendo como critério de aceite uma variação na diferença menor que 5%<sup>(19)</sup>, ou seja, usando como exemplo um valor médio de TMR estimada de 1.500kcal/dia multiplicada por 5%, o EC poderia variar em uma diferença aceita de 75kcal/dia acima ou abaixo da média. Finalmente, para análise da concordância entre os dois métodos, foi utilizada a proposta gráfica de Bland e

Altman<sup>(26)</sup>. Os procedimentos estatísticos foram calculados pelo programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 10.0 for Windows.

## Resultados

A distribuição etária e nutricional dos adolescentes estudados encontra-se na Tabela 1. Já os valores do consumo de  $O_2$  e produção de  $CO_2$ , medidos pela CI, de acordo com a classificação nutricional e utilizados na equação proposta por Weir<sup>(22)</sup> para o cálculo da TMR, bem como os valores de MC utilizados no cálculo da TRM predita pela equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup> estão dispostos na Tabela 2.

Na Tabela 3, estão demonstrados os valores dos critérios adotados para análise da validade da equação. Por meio do teste *t*, percebe-se que não há diferença estatística entre a equação proposta por Henry e Rees<sup>(9)</sup> e a equação padrão de Weir<sup>(25)</sup>. A média das diferenças entre essas duas equações foi <5%, limite aceito neste estudo, correspondendo a um valor de 65,6kcal/dia.

Finalmente, a Figura 1 ilustra a dispersão dos dados analisados pela proposta de Bland e Altman<sup>(26)</sup>. Nesta análise, o valor médio do TMR de acordo com as duas equações (Henry e Rees *versus* Weir) é plotado no eixo horizontal e a diferença entre ambos os valores (resíduos)

**Tabela 2** – Valores do consumo de  $O_2$  e produção de  $CO_2$  medido pela calorimetria indireta e da massa corporal da amostra

	Média±DP
$VO_2$ (L/min)	0,214±0,058
$VCO_2$ (L/min)	0,177±0,050
Umidade (%)	70,5±10,4
Temperatura (°C)	22,2±4,0
Massa corporal (kg)	52,8±15,6

DP: desvio padrão.

**Tabela 1** – Distribuição dos sujeitos em relação às variáveis idade e índice de massa corporal

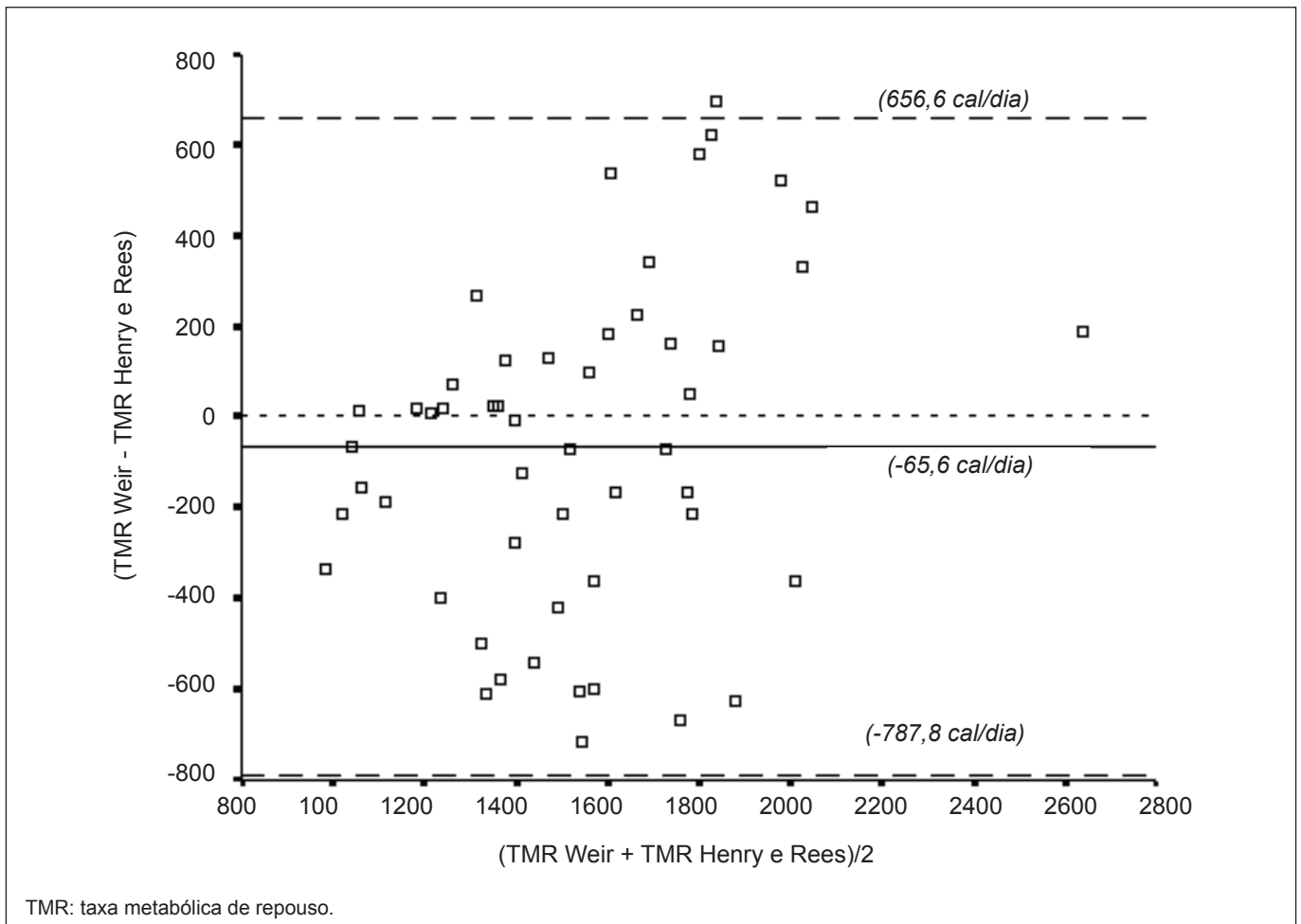
	Idade dos meninos								Total
	10	11	12	13	14	15	16	17	
Baixo peso ( $\leq P15$ )	1	0	2	1	1	0	0	1	6
Normal (P16-P85)	2	2	6	10	2	4	1	1	28
Sobrepeso ( $> P85$ )	0	0	1	3	2	0	0	1	7
Obeso ( $> P95$ )	0	0	3	1	4	2	1	0	11
Total	3	2	12	15	9	6	2	3	52

P: percentil.

**Tabela 3** – Valores da taxa metabólica de repouso em meninos adolescentes

Equações	Média±DP	EC kcal/dia	EC %	t (valor p)
Weir (1949)	1502±412	-	-	-
Henry e Rees (1991)	1568±214	65,6	4,3	-1,310 (0,196)

DP: desvio padrão; EC: erro constante; t: teste t; valor p: significância.

**Figura 1** – Dispersão de Bland e Altman dos valores da equação proposta para meninos por Henry e Rees.

no eixo vertical, para cada um dos 52 adolescentes analisados. Quanto maior o número de pontos próximos da linha referente a zero (ou seja, o resíduo é mínimo), maior a concordância. A análise desse gráfico demonstra que os resíduos apresentam uma tendência crescente, indicando haver violação da hipótese de homogeneidade da variância, ou seja, quanto maior o valor da TMR, maior a diferença residual e o erro de predição da equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup>. Dessa forma, o valor da TMR estimado pela equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup> não possui concordância com o valor da TMR calculada pela CI, segundo o padrão de Weir<sup>(22)</sup>.

## Discussão

Por meio da análise realizada com o grupo de adolescente, constatou-se, neste estudo, que eles apresentam amplitude de massa corporal (27,1 a 101,4kg) maior do que a apresentada no artigo original de Henry e Rees<sup>(9)</sup> (20 a 66kg). Tal diferença do grupo analisado e daquele que derivou a equação pode justificar possíveis erros da equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup>, visto existir forte relação entre os componentes corporais e os valores da TMR<sup>(8,18)</sup>. A presença de meninos que extrapolam o limite superior de massa corporal do estudo original

é uma limitação do presente estudo, porém adotou-se sua permanência na amostra para ganhar em validade externa. Justifica-se essa escolha porque há maior procura por profissionais da saúde pela parcela de adolescentes que se encontra abaixo e acima da massa corporal ideal e esse grupo seria o mais prejudicado por uma estimativa equivocada da TMR.

Nota-se que equação sugerida por Henry e Rees<sup>(9)</sup> não apresenta diferença significativa, calculada pelo teste *t*, em relação à equação de Weir<sup>(22)</sup>, sendo essa diferença, na média, <5%. Porém, a análise do gráfico de Bland e Altman<sup>(26)</sup> indica não haver uma forte concordância entre a equação e o método padrão. Uma boa concordância seria representada por um gráfico com os pontos (sujeitos da amostra) próximos à linha zero do eixo *y*. No entanto, é visível uma ampla variação, inaceitável para fins clínicos, conforme aumentam os valores da TMR. Os resultados, em conjunto, mostram não haver diferença na média dos dois métodos para o grupo, mas, quanto à concordância entre os métodos para cada sujeito, há uma grande variabilidade.

Revisando-se a literatura nacional e internacional, constata-se que há apenas um artigo que buscou analisar a validade da equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup> para adolescentes do sexo masculino. O estudo de Schneider e Meyer<sup>(16)</sup> verificou a aplicabilidade dessa equação em um grupo de adolescentes masculinos em condições de sobrepeso e obesidade, residentes no município de Porto Alegre (RS). As autoras encontraram uma superestimativa de 9,5% da equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup> em relação à CI. Esse resultado é bem superior ao encontrado neste artigo, no qual se observou diferença de 4,3% na TMR,

dentro de limites aceitáveis. Uma explicação para essas discrepâncias entre as equações estudadas pode ser a presença de indivíduos com sobrepeso e obesidade. A equação de Henry e Rees<sup>(9)</sup> foi derivada de uma população de meninos que tinham no máximo 66kg e, portanto, a equação talvez não estime de forma correta a TMR em adolescentes que possuam valores de massa corporal, especialmente massa gorda, acima desse valor.

A avaliação da CI por troca gasosa é extremamente sensível e sujeita à modificação do resultado por variáveis intervenientes. No presente estudo, buscou-se ao máximo controlar essas variáveis; no entanto, sabe-se que a raça apresenta influência sobre a TMR e, nas condições da pesquisa, foi impossível definir as raças e classificar os sujeitos envolvidos na análise. A influência sazonal na TMR também é uma limitação do estudo, pois as avaliações ocorreram no período de maio a novembro, englobando o inverno e a primavera. Tentou-se ao máximo padronizar a temperatura e a umidade do ambiente onde era realizada a avaliação da CI, para, dessa forma, minimizar a influência sazonal sobre a TMR.

Assim, considerando-se as limitações da pesquisa e contrariando-se a hipótese do estudo, conclui-se que o resultado da TMR estimado pela equação proposta por Henry e Rees<sup>(9)</sup> e aplicada no planejamento de intervenções nutricionais para manutenção, perda ou ganho de peso está comprometido, pois a equação não se revelou válida. Desse modo, orienta-se que a equação proposta por Henry e Rees<sup>(9)</sup> seja utilizada com prudência no cálculo da TMR em adolescentes do sexo masculino com as características do grupo analisado.

## Referências bibliográficas

1. Wong WW, Butte NF, Hergenroeder AC, Hill RB, Stuff JE, Smith EO. Are basal metabolic rate prediction equations appropriate for female children and adolescents? *J Appl Physiol* 1996;81:2407-14.
2. Cruz CM, Silva AF, Anjos LA. A taxa metabólica basal é superestimada pelas equações preditivas em universitárias do Rio de Janeiro, Brasil. *Arch Latinoam Nutr* 1999;49:233-7.
3. Alfonso-González G, Doucet E, Alméras N, Bouchard C, Tremblay A. 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* 2004;58:1125-31.
4. Quenouille MH, Boyne AW, Fisher WB, Leitch I. Statistical studies of recorded energy expenditure of man. Part I. Basal metabolism related to sex, stature, age, climate and race. In: Commonwealth Agricultural Bureau, editor. Commonwealth Bureau of Animal Nutrition Technical Communication No 17. Aberdeen (UK): Commonwealth Agricultural Bureau; 1951.
5. World Health Organization. Energy and protein requirements. Geneva: WHO; 1985.
6. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985;39 (Suppl 1):5-41.
7. Wahrlich V, Anjos LA. Validation of predictive equations of basal metabolic rate of women living in Southern Brazil. *Rev Saude Publica* 2001;35:39-45.
8. Fonseca PH, Duarte MF. Equações que estimam a taxa metabólica de repouso em adolescentes: história e validade. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2008;10:405-11.
9. Henry CJ, Rees DG. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:177-85.
10. Spurr GB, Reina JC, Hoffmann RG. Basal metabolic rate of Colombian children 2 – 16 y of age: ethnicity and nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1992;56:623-9.
11. Kaplan AS, Zemel BS, Neiswender KM, Stallings VA. Resting energy expenditure in clinical pediatrics: measured versus prediction equations. *J Pediatr* 1995;127:200-5.

12. Tverskaya R, Rising R, Brown D, Lifshitz F. Comparison of several equations and derivation of a new equation for calculating basal metabolic rate in obese children. *J Am Coll Nutr* 1998;17:333-6.
13. De Lorenzo A, Bertini I, Puijia A, Testolin G, Testolin C. Comparison between measured and predicted resting metabolic rate in moderately active adolescents. *Acta Diabetol* 1999;36:141-5.
14. Rodríguez G, Moreno LA, Sarría A, Fleta J, Bueno M. Resting energy expenditure in children and adolescents: agreement between calorimetry and prediction equations. *Clin Nutr* 2002;21:255-60.
15. Derumeaux-Burel H, Meyer M, Morin L, Boirie Y. Prediction of resting energy expenditure in a large population of obese children. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1544-50.
16. Schneider P, Meyer F. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:193-6.
17. Molnár D, Jeges S, Erhardt E, Schutz Y. Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *J Pediatr* 1995;127:571-7.
18. Müller MJ, Bösy-westphal A, Klaus S, Kreymann G, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M et al. World Health Organization equations have shortcoming for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a undernourished analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1379-90.
19. Thomson MA, Bucolo S, Quirk P, Shepherd RW. Measured versus predicted resting energy expenditure in infants: a need for reappraisal. *J Pediatr* 1995;126:21-7.
20. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc* 2005;105:775-89.
21. da Rocha EE, Alves VG, da Fonseca RB. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2006;9:247-56.
22. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 1949;109:1-9.
23. Anjos LA, Veiga GV, Castro IR. Distribuição dos valores do índice de massa corporal da população brasileira até 25 anos. *Rev Panam Salud Publica* 1998;3:164-73.
24. Bandini LG, Morelli JA, Must A, Dietz WH. Accuracy of standardized equations for predicting metabolic rate in premenarcheal girls. *Am J Clin Nutr* 1995;62:711-4.
25. Wells JC. Energy metabolism in infants and children. *Nutrition* 1998;14:817-20.
26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.