

Validação de equações de predição da taxa metabólica basal por meio de calorimetria indireta em indivíduos obesos

Validation of prediction equations of resting metabolic rate throughout indirect calorimetry in obese individuals

André Luiz Lopes¹
 Giovani dos Santos Cunha^{1,2}
 Diana Perin da Silva¹
 Rodrigo Zacca¹
 Flávio Antônio de Souza Castro¹
 Alvaro Reischak de Oliveira¹

¹ Laboratório de Pesquisa do Exercício (Lapex) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.

² Faculdade Sogipa de Educação Física.

Resumo

A prevalência de sobrepeso na população brasileira, com 20 ou mais anos de idade, é de 41% em homens e 40% em mulheres, e de obesidade é de 8,9% para homens e 13,1% para mulheres. Esta constatação tem gerado preocupação a respeito das conseqüências provocadas por essa doença. As equações de predição da taxa metabólica basal (TMB) são utilizadas na prática clínica, a fim de aperfeiçoar a prescrição de dietas e, conseqüentemente, quantidade de exercício necessária para a diminuição da massa adiposa. O presente estudo analisou as principais equações de predição da TMB frente ao padrão ouro, a Calorimetria Indireta (CI), em 26 obesos de grau 1 de ambos os sexos, a fim de verificar a validade das equações nessa população. Nossos resultados mostram que indivíduos obesos têm uma TMB significativamente menor quando analisada por CI, quando comparado com as equações de predição. Essa diferença varia entre 22 e 16%, valores que podem influenciar diretamente o resultado das intervenções para perda de massa corporal. O grau de concordância entre os métodos foi verificado usando o procedimento sugerido por Bland e Altman, (1986), cujos resultados mostram a variação entre os métodos de predição de -21,6 a -17,7%, quando comparados a CI. Desta forma, os resultados mostram que a população de obesos de grau 1 deve passar por análises apropriadas para determinação da TMB, e as equações de predição devem ser específicas para melhor intervenção nas diferentes populações.

Palavras chave: Emagrecimento, Avaliação Metabólica, Gasto Calórico, Obesidade, Dieta.

Endereço para Correspondência

André Luiz Lopes
 Laboratório de Pesquisa do Exercício (Lapex) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
 Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil
 Cep: 90690-200
 Fone (51) 3308-5861
 e-mail: andrelopes.efi@bol.com.br

Abstract

The prevalence of overweight among Brazilians aged 20 years old or more is 41% for men and 40% for women, and the obesity rates are 8.9% for men and 13.1% for women. This finding has raised concern about the consequences of obesity in humans. The resting metabolic rate (RMR) prediction equations are widely used in clinical practice, for diet prescription and also the amount of exercise needed for weight loss. Our study compared the main RMR prediction equations the gold standard, the Indirect Calorimetry (IC) in 26 grade 1 obese of both genders (male and female volunteers). Our results show that obese individuals have a significantly lower RMR when analyzed by CI, when compared with the prediction equations. This difference varies between 22 to 16%, values which can directly influence the outcome of weight loss interventions. The degree of agreement between the methods was verified using the procedure suggested by Bland and Altman 1986, and our results show that the variation between the prediction methods was -21.6 to -17.7% when compared with the CI. Thus, our results show that the grade 1 obese population must pass through indirect calorimetric analysis to obtain accurate values for RMR or the prediction equations should be reviewed and corrected to minimize this difference for an accurate intervention prescription in this population.

Keywords: weight loss, evaluation metabolic, obesity, expense calorie diet.

- Recebido: 13/7/2010
- Re-submissão: 23/08/2010
06/09/2010
- Aceito: 10/9/2010

INTRODUÇÃO

A obesidade é um importante problema de saúde pública, e, para a Organização Mundial da Saúde (OMS), uma epidemia global ⁽¹⁾. Essa condição aumenta o risco de se desenvolver doença arterial coronariana, hipertensão arterial, diabetes tipo II, doença pulmonar obstrutiva crônica, osteoartrite e certos tipos de câncer ⁽²⁾.

No controle da obesidade, a mudança comportamental, baseada na dietoterapia associada à prática de atividade física, deve ser priorizada. Os agentes farmacológicos são indicados como coadjuvantes, principalmente quando há presença de co-morbidades ^(3,4).

Desse modo, é importante que os métodos de análise que compõem a bateria de testes prévios ao tratamento da obesidade sejam questionados para que possam contribuir adequadamente para a prescrição de dieta e exercícios físicos ⁽⁵⁾. O Gasto Energético Total (GET) deve fazer parte das avaliações para prescrever o volume e intensidade de exercício físico e a quantidade de calorias consumidas na dieta. O GET pode ser medido pela técnica de calorimetria indireta (CI), que é um método que estima o gasto energético por meio da medida das trocas respiratórias, ou seja, o volume do consumo de oxigênio (VO_2) e do volume de produção de dióxido de carbono (VCO_2) ⁽⁶⁾. O método baseia-se no princípio de que não existe uma reserva considerável de oxigênio no organismo, que o oxigênio consumido reflete a oxidação dos nutrientes e que toda a energia química no organismo é proveniente da oxidação de carboidratos, gorduras e proteínas ⁽⁷⁾. Em 1985 a OMS passou a recomendar que as necessidades energéticas fossem baseadas na medida do gasto energético ⁽⁸⁾. Seguindo essas recomendações a taxa metabólica basal (TMB), quantidade de energia gasta para a manutenção das funções vitais do organismo, passou a ser verificada para contribuir em processos de emagrecimento, pois, é o principal componente do GET, podendo representar de 50% (nos indivíduos muito ativos fisicamente) a 70% (nos mais sedentários) ⁽⁹⁾. Fatores como genética, idade, hábitos de sono, redução da massa muscular, deficiências nutricionais e sedentarismo podem contribuir para uma TMB mais baixa ⁽¹⁰⁾. A CI tem sido utilizada para avaliação de pacientes obesos por vários estudos ^(11,12). Contudo, na maioria das vezes, não é possível medir a TMB devido aos altos custos e disponibilidade do equipamento. Desta forma, passou-se a usar equações de predição da TMB. Estas equações de predição foram baseadas, principalmente, em uma compilação de dados realizada por Schofield ⁽¹³⁾. A partir disso, diversos estudos foram realizados com diferentes grupos de sujeitos a fim de verificar a validade destas equações em populações distintas. Os resultados destes trabalhos têm demonstrado que as equações geralmente superestimam os valores de TMB ^(14,15). Henry e Rees ⁽¹⁶⁾ analisaram um banco de dados de avaliações de TMB que foram realizadas em indivíduos que residem em regiões de clima tropical, e desenvolveram equações para tal população na expectativa de minimizar as diferenças na estimativa da TMB. Porém, essas equações também fornecem valores de TMB superiores quando comparadas com CI ⁽¹⁷⁾. Em um estudo realizado em universitárias da cidade do Rio de Janeiro verificou-se que as avaliações da TMB por CI e por utilização de equações preditivas da TMB ⁽¹⁷⁾ apresentaram valores nas equações que superaram de 7 a 19% os valores de CI. Isso mostra que, se tratando de TMB, os valores de predição geralmente expressam valores mais altos do que o valor real. Cesar *et al.* ⁽¹⁸⁾, em um estudo com

20 mulheres com obesidade mórbida, compararam a TMB medida por CI com a TMB calculada usando as equações de Harris-Benedict e da FAO/WHO/UNU (1985) e sugeriram que essas equações não permitiriam uma estimativa real da taxa metabólica basal de obesos mórbidos ($IMC > 40 \text{ kg/m}^2$).

Devido à escassez de informações que possam responder qual a relação entre os valores da TMB obtidos por meio das equações de predição e os valores de CI, em obesos de grau 1, o objetivo deste estudo foi verificar os valores de TMB por meio da CI, comparando os resultados obtidos pelas equações de FAO/WHO/UNU ⁽¹⁹⁾, Harris e Benedict ⁽²⁰⁾, Henry e Rees ⁽¹⁶⁾ e Schofield ⁽¹³⁾ em um grupo de homens e mulheres com obesidade grau 1 residentes na cidade de Porto Alegre.

METODOLOGIA

A amostra foi composta por 30 sujeitos sedentários saudáveis e não fumantes, com obesidade de grau 1 ($30 \text{ kg/m}^2 < IMC < 35 \text{ kg/m}^2$) de ambos os sexos (20 mulheres e 10 homens), com idade entre 20 e 40 anos. Todos os sujeitos leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido concordando em participar do estudo, que foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre sob protocolo GPP09-036. Os testes foram realizados em dias diferentes para que não houvesse interferência nos resultados entre as medições.

Teste de taxa metabólica basal

Os indivíduos foram instruídos a não realizar atividades físicas de intensidade moderada a alta 24 horas antes do teste, bem como não consumir álcool, cafeína ou qualquer tipo de medicação neste período sem comunicação prévia à equipe pesquisadora. No período de 12 horas que antecederam o teste, os indivíduos mantiveram jejum, sendo permitido o consumo de água pura. Foi solicitado que todos tivessem uma noite de sono de, no mínimo, 8 horas. Os participantes foram instruídos a comparecer ao local do teste utilizando veículo motorizado, evitando o aumento do gasto energético antes da coleta de TMB. Todos os testes de TMB foram realizados entre 07h30min e 08h30min em sala climatizada entre 20 e 25°C, com ruídos controlados e com luminosidade baixa.

O protocolo consistiu de 10 minutos de repouso em maca na posição de decúbito dorsal, seguidos de 30 minutos de captação de gases expirados por intermédio de máscara e captador acoplado. Para determinação dos valores de VO_2 e VCO_2 foi utilizado um analisador de gases computadorizado (*MedGraphics Cardiorespiratory Diagnostic Systems*, modelo CPX-D), o sistema de coleta utilizado foi *breath-by-breath*.

O processo de calibração do equipamento consistiu inicialmente em calibrar o volume do pneumotacógrafo, que era realizado eletronicamente pelo sistema, era realizada a calibração das placas de coleta usando uma concentração de gases conhecida, a cada teste o processo era repetido para que houvesse padronização na medida ⁽²¹⁾.

Para análise dos dados foram descartados os primeiros 10 minutos de captação de gases, sendo assim para o cálculo da TMB utilizamos os valores de VO_2 e VCO_2 (l/min) dos 20 minutos finais de cada coleta fazendo-se a média dos valores do período. Para a obtenção dos valores de kcal/min utilizamos a equação proposta por Weir ⁽¹⁴⁾: $[(3,9 \times VO_2) + (1,1 \times VCO_2)]$, que dispensa a utilização do metabolismo protéico ao incorporar um fator de correção. Finalmente, o resultado em kcal/min, foi multiplicado por 1440 min, a fim de obtermos o valor para 24 horas.

Equações utilizadas para predição de TMB

A TMB medida por meio da CI foi utilizada na comparação com os valores obtidos pelas equações de predição de TMB (quilocalorias por dia = kcal em 24h) mais utilizadas, em que MC = massa corporal, EST = estatura e ID = idade:

Equações utilizadas para mulheres;

Harris & Benedict (1919):	$655,0955 + (9,5634 \times MC) + (1,8496 \times EST) - (4,6756 \times ID)$
Schofield (1985):	18-30 anos $[(0,062 \times MC) + 2,036] \times 239$ 30-60 anos $[(0,034 \times MC) + 3,538] \times 239$
FAO/WHO/UNU (1995):	18-30 anos $(14,7 \times MC) + 496$ 30 - 60 anos $(8,7 \times MC) + 829$
Henry & Rees (1991):	18-30 anos $[(0,048 \times MC) + 2,562] \times 239$ 30-60 anos $[(0,048 \times MC) + 2,448] \times 239$

Equações utilizadas para Homens;

Harris & Benedict (1919):	$TMB = 66,47 + (13,75 \times MC) + (5,00 \times EST) - (6,76 \times ID)$
Schofield (1985):	18-30 anos $[(0,063 \times P + 2,896] \times 239]$ 30-60 anos $[(0,048 \times P + 3,653] \times 239]$
FAO/WHO/UNU (1995):	18-30 anos $[(15,3 \times P + 679)]$ 30-60 anos $[(11,6 \times P + 879)]$
Henry & Rees (1991):	18-30 anos $[(0,056 \times P + 2,800)] \times 239]$ 30-60 anos $[(0,046 \times p + 3,160)]$

Os percentuais de diferença entre os valores de TMB estimados por cada uma das equações listadas acima foram assim calculados: $[(TMB \text{ estimada} - TMB \text{ medida}) / TMB \text{ medida}] \times 100$.

Teste de consumo máximo de oxigênio

Todos os sujeitos realizaram teste de esforço máximo a fim de classificar e descrever a amostra, o qual foi aplicado 72 horas após o teste TMB. Este consistiu de um protocolo máximo, em bicicleta estacionária da marca *Cybox* (modelo *the bike*) iniciando com 3 minutos de esforço com carga de 25 W em frequência de pedalada entre 70 e 80 rotações por minuto (RPM), e incrementos de 25 W a cada 60 s. e manutenção de RPM nos valores acima citados foram usados como critério de interrupção do teste que era levado até a exaustão do sujeito. O consumo de oxigênio foi determinado ao longo de todo o teste através de um analisador de gases computadorizado (*MedGraphics Cardiorespiratory Diagnostic Systems*, modelo CPX-D), pelo sistema *breath-by-breath*. A calibração e os detalhes de procedimento seguem os mesmos descritos para a TMB.

Avaliação antropométrica

A antropometria foi realizada utilizando balança e estadiômetro (da marca Filizola), plicômetro (Harpenden da marca Cescorff), sendo as marcações dos locais e a técnica de tomada das dobras seguiu os padrões da The International Society for the Advancement of Kinanthropometry⁽²³⁾. Os cálculos da composição corporal foram realizados usando protocolo para

público geral de Durnin & Womersley⁽²⁴⁾, que levam em consideração as variáveis: massa corporal, dobras do tríceps, bíceps, subescapular e íliaca.

Estatística

Os dados foram analisados usando o pacote estatístico SPSS 13.0. Para verificar a normalidade dos dados foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk e para a comparação das diferenças entre o valor da TMB medida por meio da CI e os valores obtidos por meio das equações de predição foi utilizado o teste *t* de Student pareado. O coeficiente de correlação linear de Pearson foi utilizado para descrever a correlação entre a TMB, composição corporal e $VO_{2\text{máx}}$. Os dados estão apresentados como média \pm desvio padrão, sendo considerado significativo quando $p < 0,05$.

O grau de concordância (cálculo das diferenças entre os valores obtidos pelos métodos versus o valor das suas médias) expresso em valores absolutos (kcal) e percentuais (%) entre a) CI versus Harris e Benedict, b) CI versus Schofield, c) CI versus FAO/WHO/UNU e d) CI versus Henry e Rees, foi verificado por meio do método sugerido por Bland e Altman⁽²⁵⁾, apresentando valores de média das diferenças (*bias*) e limites de concordância ($\pm 1,96$ desvios padrão, $\pm 1,96$ DP).

RESULTADOS

Os valores de estatura (cm), massa corporal (kg), índice de massa corporal (kg/m^2), massa livre de gordura (kg), massa gorda (kg), estão expressos na Tabela 1, juntamente com os valores da CI e das equações de predição consideradas para o estudo. A média da TMB (kcal/dia), verificada por calorimetria indireta, foi de 1524 ± 397 kcal/dia, valor estatisticamente menor do que os valores de TMB (kcal/dia), estimados pelas equações de predição (Tabela 1). Conforme a análise estatística, a equação de Schofield foi a que mais superestimou a TMB (1861 ± 281 kcal/dia, 22%), seguida da TMB estimada pela equação Harris & Benedict (1848 ± 280 kcal/dia, 21%) e FAO/WHO/UNU ($1847,5 \pm 295$ kcal/dia, 21%). Assim a equação que apresentou menor diferença na comparação com a calorimetria indireta para estimar a TMB foi a de Henry & Rees (1779 ± 207 kcal/dia, 16%).

A Figura 1A: O valor de bias encontrado foi de $-324,5$ kcal/dia (-21%) e os limites de concordância superior e inferior foram $511,8$ kcal/dia (32,1%) e $-1160,9$ kcal/dia (-74,1%) respectivamente. A Figura 1B: O valor de bias encontrado foi de $-323,1$ kcal/dia (-20,8 %) e os limites de concordância superior e inferior foram $500,1$ kcal/dia (31%) e $-1146,3$ kcal/dia (-72,6%) respectivamente. A Figura 1C: O valor de bias encontrado foi de $-336,8$ kcal/dia (-21,6%) e os limites de concordância superior e inferior foram $494,7$ kcal/dia (30,7%) e $-1168,2$ kcal/dia, (-74%) respectivamente. A Figura 1D: O valor de bias encontrado foi de $-255,6$ kcal/dia (-17,7%) e os limites de concordância superior e inferior foram $504,8$ kcal/dia, (33,1%) e $-1016,0$ kcal/dia, (-68,5%) respectivamente. Teste de correlação de Pearson verificando a CI versus as equações de predição mostrou haver correlação baixa entre as variáveis; CI versus FAO/WHO/UNU, valor de $r^2 = 0,245$; CI versus Harris e Benedict, valor de $r^2 = 0,190$; CI versus Schofield, valor de $r^2 = 0,204$; CI versus Henry e Rees, valor de $r^2 = 0,232$.

DISCUSSÃO

Os principais resultados mostram que os valores encontrados na CI em obesos de grau 1 são significativamente inferiores quando comparados com as principais equações de

Tabela 1

Idade, medidas antropométricas e taxa metabólica basal medida e estimada pelas equações de predição

Variável	Média ± dp
Idade (anos)	31,4 ± 6
Estatura (m)	1,69 ± 6,6
VO ₂ máx (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	23,0 ± 5,4
Massa Corporal (kg)	97,9 ± 9,1
Massa Livre de Gordura (kg)	61,3 ± 10,2
Massa Corporal de Gordura (kg)	36,3 ± 4,2
Índice de Massa Corporal (kg/m ²)	33,7 ± 1,4
Calorimetria Indireta (Kcal/dia)	1524 ± 397
TMB (Kcal/dia) Schofield	1861 ± 281*
TMB (Kcal/dia) Harris & Benedict	1848 ± 280*
TMB (Kcal/dia) FAO/WHO/UNU	1847 ± 295*
TMB (Kcal/dia) Henry & Rees	1779 ± 207*

Teste *t* de Student para amostras pareadas, comparando os valores de calorimetria indireta (kcal/dia) versus os valores de TMB (kcal/dia) obtidos por meio das equações de predição de Schofield - FAO/WHO/UNU, Harris & Benedict (HB) e Henry & Rees (HR) de 26 sujeitos de ambos os sexos, obesos de grau 1. *Diferença significativa para valor de $p < 0,05$.

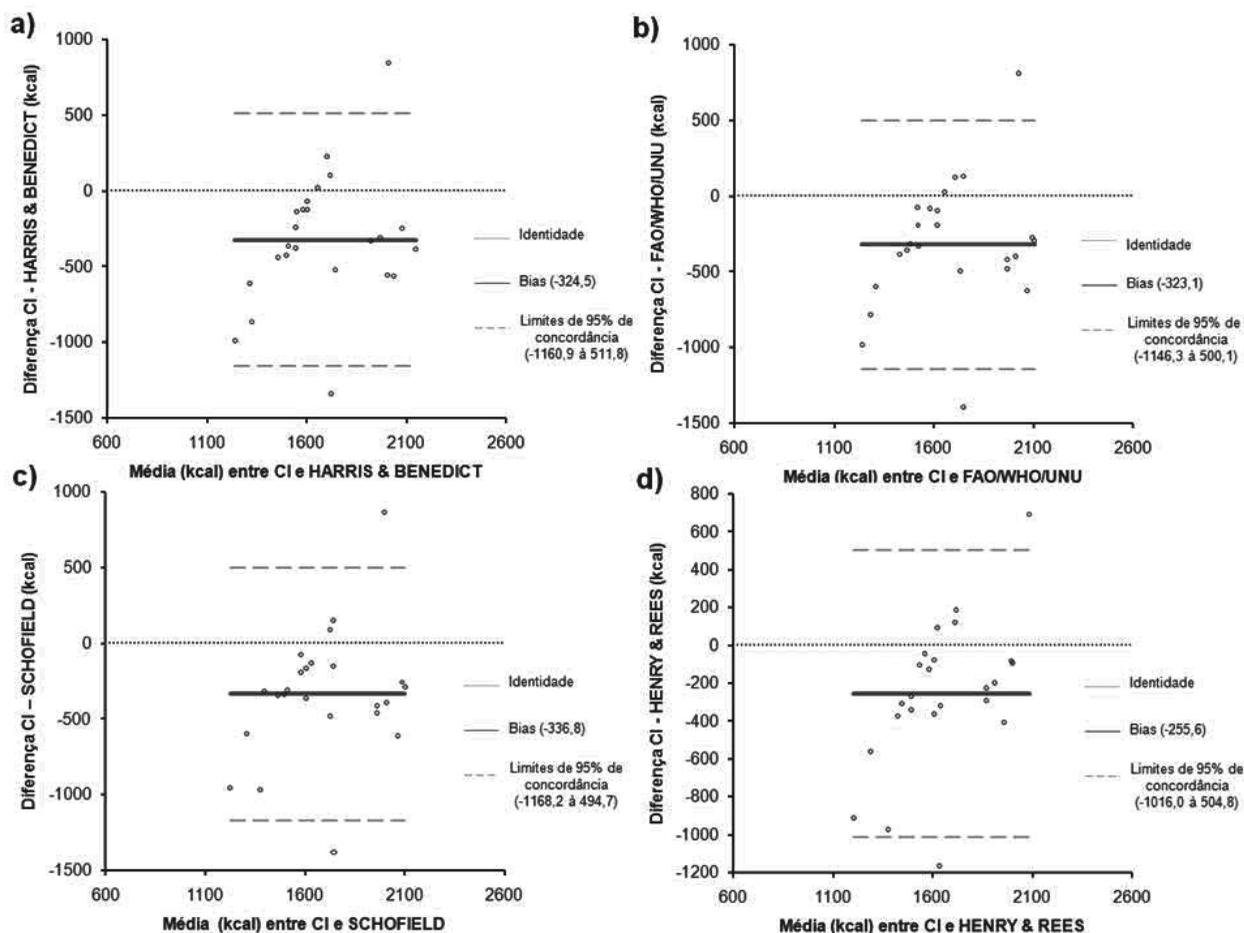


Figura 1

Comparação das equações de calorimetria indireta (CI) com o Teste de Bland e Altman, (a) Harris & Benedict, (b) FAO/WHO/UNU, (c) Schofield e (d) Henry & Rees

predição da TMB. Essas diferenças podem ser primariamente explicadas pelo fato das equações usarem valores de massa total em sua formulação, sabe-se que o tecido adiposo consome 50% a menos de energia (kcal) que o tecido muscular⁽²²⁾, mostrando que, o obeso quando relativizado pela massa corporal total tem uma relação menor de Kcal/kg/dia quando comparado a sujeitos eutróficos. Estudos realizados em mulheres não obesas mostram que as equações tendem a superestimar a TMB de 9% a 10% em Indianas⁽¹³⁾, 5,4% em mulheres residentes em regiões tropicais⁽¹⁶⁾ e 3,8% em mulheres Australianas⁽²⁶⁾. Em contra partida, Ferro-Luzzi *et al*⁽²⁷⁾ observaram que as equações recomendadas pela OMS forneciam valores adequados para a TMB tanto em homens quanto de mulheres residentes no Sul da Índia, independentemente de seus estados nutricionais. O valor encontrado em nosso estudo é maior que os relatados em eutróficos, sendo que a variação encontrada em nosso estudo foi entre 16 a 22%. Isso sugere que as equações de predição, quando aplicadas em obesos de grau 1, produzem um erro de maior magnitude que quando aplicada em eutróficos. Além disso, foi usado a plotagem de dados sugerida por Bland e Altman⁽²⁵⁾ para expressar o grau de concordância entre os valores de TMB obtidos a partir de CI e dos preditos. Foi possível observar um erro médio de -324,5 kcal (-22%) para comparação de CI versus Harris & Benedict (figura 1a). Como a equação de Harris & Benedict foi desenvolvida no início do século XX, pode ser que exista uma tendência secular na diminuição da TMB decorrente de mudanças quanto à composição corporal, à dieta e ao estilo de vida⁽¹⁷⁾.

Os valores superestimados das equações de FAO/WHO/UNU (CI versus FAO/WHO/UNU (figura 1b)) e de Schofield (CI versus Schofield (figura 1c)), pode ser explicado em partes por problemas relacionados ao banco de dados que foi utilizado para originar as equações, como a inclusão de italianos que apresentaram uma maior TMB em relação aos demais europeus e norte-americanos⁽²⁸⁾ e possíveis diferenças nos métodos utilizados, como a inclusão de valores obtidos em indivíduos sem jejum suficiente⁽¹⁷⁾.

Valor médio de -255,6 kcal (-17,7%) para CI versus Henry & Rees (figura 1d), as equações de Henry & Rees⁽¹⁶⁾ foram desenvolvidas para populações tropicais e, geralmente, fornecem estimativas menores do que aquelas derivadas de populações norte-americanas e européias⁽²⁹⁾.

No que diz respeito à TMB a literatura demonstra que esta pode ser influenciada pela massa magra (MM), pela superfície de área corpórea (SAC), pela massa de gordura (MG), pela idade, pelo sexo e por fatores genéticos⁽³⁰⁾.

Os resultados encontrados pelo presente estudo segundo o método de Bland e Altman⁽²⁵⁾, sugerem que a TMB quando calculada por meio de equações de predição na população obesa não mostra boa acurácia (bias), tendo também baixa precisão quando comparado a CI (Figura 1a-b-c-d). Sendo assim, verificamos em nosso estudo a importância da obtenção dos valores de TMB por meio de CI na população obesa, sendo esse achado importante para o tratamento da obesidade.

CONCLUSÃO

As equações de predição utilizadas no presente estudo não foram adequadas para estimar a TMB de obesos de grau 1, quando comparadas a CI. Os valores de TMB encontrados por meio da equação Henry e Rees são os que mais se aproximam

dos valores de CI, porém isso não garante sua aplicação nessa população. Sendo assim, não recomendamos a utilização das equações para prever a TMB em sujeito obesos, e sim a realização da medida por meio da CI nessa população.

REFERÊNCIAS

1. OMS. The World Health Report 2008. Primary Health Care Now More Than Ever. Geneva - WHO Press; 2008. p. 156 p.
2. Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *Lancet*. 2005 Apr 16-22;365(9468):1415-28.
3. Hainer V, Toplak H, Mitrakou A. Treatment modalities of obesity: what fits whom? *Diabetes Care*. 2008 Feb; 31 Suppl 2:S269-77.
4. Haslam DW, James WP. Obesity. *Lancet*. 2005 Oct 1; 366 (9492):1197-209.
5. Kain J, Vio F, Albala C. Obesity trends and determinat factors in Latin America. *Cad Saude Pública*. 2003; 19 (supl.1):S77-86.
6. Ferrannini E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism*. 1988 Mar; 37 (3):287-301.
7. Green JH. Assessment of energy requirements. In: *Consensus in Clinical Nutrition*. Cambridge: Cambridge University Press; 1994.
8. Shetty PS, Henry CJ, Black AE, Prentice AM. Energy requirements of adults: an update on basal metabolic rates (BMRs) and physical activity levels (PALs). *Eur J Clin Nutr*. 1996 Feb; 50 Suppl 1:S11-23.
9. Clark HD, Hoffer LJ. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *Am J Clin Nutr*. 1991 Jan; 53(1):21-6.
10. Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC, Christin L, Freymond D, Abbott WG, et al. Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body-weight gain. *N Engl J Med*. 1988 Feb 25; 318(8):467-72.
11. Buscemi S, Caimi G, Verga S. Resting metabolic rate and postabsorptive substrate oxidation in morbidly obese subjects before and after massive weight loss. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1996 Jan; 20(1):41-6.
12. Flancbaum L, Choban PS, Bradley LR, Burge JC. Changes in measured resting energy expenditure after Roux-en-Y gastric bypass for clinically severe obesity. *Surgery*. 1997 Nov; 122(5):943-9.
13. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985; 39 Suppl 1:5-41.
14. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*. 1949 Aug; 109(1-2):1-9.
15. Åstrand PO RK, Dahl HA, Strome SB *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. Human Kinetics ed. Windsor (Canada); 2003.
16. Henry CJ, Rees DG. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *Eur J Clin Nutr*. 1991 Apr;45(4):177-85.
17. Währlich V, Anjos LA. Validação de equações de predição da taxa metabólica basal em mulheres residentes em Porto Alegre, RS, Brasil. *Rev Saude Pública*. 2001;35:39-45.
18. Cezar MC, Oliveira Jr AV, Rasera Jr I, Shiraga EC, Montesano FT, Wajsborg M, et al. Avaliação da taxa metabólica basal de mulheres com obesidade mórbida residentes no interior do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*. 2003;8(1):38-44.
19. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements; 1985.
20. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man; 1919.
21. Cunha G, Célia F, Ribeiro J, Oliveira A. Effects of the biological maturation on maximal oxygen uptake and ventilatory breakpoint of Brazilian soccer players *Gazz Med Ital - Arch Sci Med* 2008;167(2):43-9.
22. Cooper TE, Trezek GJ - Correlation of thermal properties of some human tissue with water content. *Aerosp Med*, 1971; 42:24-27
23. ISAK. International Standards for Anthropometric Assessment. A manual for teaching materials for accreditation. 2nd Ed ed; 2006.
24. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*. 1974 Jul; 32(1):77-97.
25. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986 Feb 8; 1(8476):307-10.
26. Piers LS, Diffey B, Soares MJ, Frandsen SL, McCormack LM, Lutschini MJ, et al. The validity of predicting the basal metabolic rate of young Australian men and women. *Eur J Clin Nutr*. 1997 May;51(5):333-7.
27. Ferro-Luzzi A, Petracchi C, Kuriyan R, Kurpad AV. Basal metabolism of weight-stable chronically undernourished men and women: lack of metabolic adaptation and ethnic differences. *Am J Clin Nutr*. 1997 Nov;66(5):1086-93.
28. Hayter JE, Henry CJ. Basal metabolic rate in human subjects migrating between tropical and temperate regions: a longitudinal study and review of previous work. *Eur J Clin Nutr*. 1993 Oct; 47(10):724-34.
29. Spurr GB, Dufour DL, Reina JC, Hoffmann RG, Waslien CI, Staten LK. Variation of the basal metabolic rate and dietary energy intake of Colombian women during 1 y. *Am J Clin Nutr*. 1994 Jan;59(1):20-7.
30. Bogardus C, Lillioja S, Ravussin E, Abbott W, Zawadzki JK, Young A, et al. Familial dependence of the resting metabolic rate. *N Engl J Med*. 1986 Jul 10; 315(2):96-100.