

**Artigo de revisão**Paulo Henrique Santos da Fonseca ¹
Maria de Fátima da Silva Duarte ²**EQUAÇÕES QUE ESTIMAM A TAXA METABÓLICA DE REPOUSO EM ADOLESCENTES: HISTÓRIA E VALIDADE****RESTING METABOLIC RATE PREDICTION EQUATIONS IN TEENAGERS: HISTORY AND VALIDITY****RESUMO**

A taxa metabólica de repouso (TMR) tem sido utilizada rotineiramente por clínicas para estimar as necessidades energéticas em pacientes, bem como por agências governamentais e organizações de saúde definindo as necessidades energéticas da população e no esporte para a orientação energética em atletas. Reconhecendo a necessidade de saber o valor da taxa metabólica de repouso e como nem sempre é possível medi-la utilizando calorimetria, é sugerido o uso de equações que estimam esta variável. Porém o uso contínuo de fórmulas preditivas deve ser reexaminado garantindo desta forma a sua eficiência. Assim este artigo tem três objetivos: 1) analisar a história do desenvolvimento das equações tradicionais de Harris e Benedict (1919), Schofield (1985), WHO/FAO/UNU (1985) e Henry e Rees (1991) utilizadas rotineiramente para medir a TMR em adolescentes; 2) analisar os estudos que testaram a validade destas equações na população de adolescentes; 3) discutir e apontar possíveis fatores intervenientes na resposta da TMR em adolescentes, orientando assim na seleção das variáveis independentes em um futuro desenvolvimento de equações para a população brasileira. Os resultados indicam que as equações analisadas foram desenvolvidas tendo como base avaliações ou dados compilados realizados especialmente no início do século 20, e que os estudos que testaram a validade destas equações, demonstraram variabilidade nos resultados encontrados, confirmando a impossibilidade de desenvolver uma equação universal. O estudo apontou também que as futuras equações para estimar a TMR devem ser desenvolvidas para populações específicas levando em consideração especialmente a região e a raça do indivíduo.

Palavras-chaves: Taxa metabólica de repouso; Equações; Adolescentes.

ABSTRACT

The resting metabolic rate (RMR) has been utilized routinely by clinics to predict the energy necessary for patients. Additionally, governmental agencies and health organizations define the energy necessary for the population and the energy orientation for athletes who play sports. Many recognize the value of the RMR, but it is not always possible to measure it by using calorimetry, so it is suggested to use equations of prediction for this variable. However, RMR prediction equations must be used in such a way that allows its frequent reexamination to guarantee efficiency. This article has three purposes: 1) to analyze the development history of the traditional equations by Harris and Benedict (1919), Schofield (1985), WHO/FAO/UNU (1985), and Henry and Rees (1991) (these authors routinely used the traditional equations to measure the RMR in teenagers); 2) to analyze the studies that tested the validity of these equations in the population of teenagers; 3) to argue and point out possible intervening factors on the RMR results of teenagers, thus guiding to election of independent variables when developing equations for Brazilian's population. After analyzing the equations, it is possible to conclude that: 1) the equations had been developed by having a given base of compiled evaluations from the beginning of the Twentieth Century; 2) the studies that tested the validity of these equations demonstrated great variability in the results, confirming the impossibility to have a unique/universal equation. This study also showed that new RMR prediction equations must be developed for specific populations taking into consideration the race and where the individual resides.

Key words: Resting metabolic rate; Equations; Teenagers

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Cacavel. PR. Brasil.

² Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Desportos. Florianópolis, SC. Brasil

INTRODUÇÃO

A taxa metabólica de repouso (TMR) representa a quantidade de energia necessária para o corpo humano manter os processos fisiológicos normais durante o repouso, em situação pós-absortiva (6 horas após a última refeição), período nos quais os macronutrientes não estão mais sendo absorvidos para o interior dos tecidos por assimilação¹. Compreende aproximadamente 70% do gasto energético diário em humanos² e representa o principal componente do gasto energético³, principalmente quando são determinadas as necessidades diárias de energia em pessoas sedentárias⁴.

A TMR tem sido utilizada rotineiramente por clínicas, para estimar as necessidades energéticas em pacientes, bem como por agências governamentais e organizações de saúde, definindo as necessidades energéticas da população², como também no esporte para a orientação energética de atletas⁵. A acurácia nesta medida é necessária para determinar a eficiência dos planos e intervenções nutricionais^{6,7}.

Reconhecendo a necessidade de saber o valor da TMR e como nem sempre é possível medi-la utilizando calorimetria direta a *World Health Organization (WHO)*⁸, em 1985, sugeriu o uso de equações que estimassem esta variável. Porém o uso contínuo de fórmulas preditivas deve ser reexaminado⁹ garantindo desta forma a sua eficiência.

Assim este artigo tem três objetivos: 1) analisar a história do desenvolvimento das equações tradicionais de Harris e Benedict (1919)¹⁰, Schofield (1985)¹¹, WHO/FAO/UNU (1985)⁸ e Henry e Rees (1991)¹² utilizadas rotineiramente para medir a TMR em adolescentes; 2) analisar os estudos que testaram a validade destas equações na população de adolescentes e 3) discutir e apontar possíveis fatores intervenientes na resposta da TMR em adolescentes, auxiliando assim a seleção das variáveis independentes para um futuro estudo de desenvolvimento de equações para a população brasileira.

Para responder aos objetivos do estudo foi utilizado o banco de artigos da PubMed (www.pubmed.gov) com os descritores em inglês: validation (validação), teenagers (adolescentes), prediction equation (equações de predição); resting metabolic rate (taxa metabólica de repouso). Quando na impossibilidade de adquirir o artigo pela website, foi utilizado o programa de comutação bibliográfica (COMUT) da Universidade Federal de Santa Catarina. Foram realizadas também consultas na biblioteca do Centro de Desportos e na biblioteca central da Universidade Federal de Santa Catarina. O levantamento do acervo literário ocorreu entre os meses de janeiro e novembro de 2006.

HISTÓRIA DO DESENVOLVIMENTO DAS EQUAÇÕES QUE MEDEM A TMR EM ADOLESCENTES

Na metade do século 18, Antoine L. Lavoisier (1743 – 1794) concebeu a primeira lei da termodinâmica¹³, a qual a energia não pode ser criada e nem destruída, mas somente transformada de uma forma para outra. Em 1782, em conjunto com Pierre S. Laplace desenvolveu o calorímetro do poço de neve, introduzindo o termo "caloria"

e em 1789 associado a Armand F. Séguin estudou o consumo do oxigênio pelo corpo humano em diferentes situações, realizando assim as primeiras medidas da TMR¹⁴.

A partir do século 20, a atenção dada à calorimetria foi focada na repetição da medida para diagnóstico funcional da glândula tireóide, mediante determinação do metabolismo basal¹⁵. Destacando-se neste período como um dos principais pesquisadores Francis G. Benedict, que em conjunto com seus colegas do Instituto de Carnegie, Boston/EUA engajaram-se em demonstrar a TMR de recém nascidos até idosos.

Harris e Benedict (1919)¹⁰ desenvolveram a primeira equação para a estimativa da TMR. Eles utilizaram a correlação dos valores das medidas antropométricas com os valores das medidas da TMR avaliadas por calorimetria, e a amostra continha além de adultos e idosos, noventa e quatro adolescentes, sendo esta equação uma das mais difundidas mundialmente. No entanto, com a introdução de métodos específicos de avaliação da função tireoidiana, os laboratórios de calorimetria foram sendo progressivamente desativados¹⁵.

Quenouille et al. (1951)¹⁶, em resposta a um pedido da *United Nations Food and Agriculture Organization Advisory Committee on Nutrition* em um encontro em Genebra em 1947, sugeriram que os dados do metabolismo de repouso poderiam ser o começo para se estimar as necessidades de energia de grupos populacionais. Após a obtenção da TMR, essa medida poderia ser multiplicada por fatores correspondentes de diferentes níveis de atividade física. A partir desta sugestão houve um novo interesse na calorimetria para se medir as necessidades energéticas, especialmente em enfermos¹⁵.

Porém, os encontros dos Comitês da WHO/FAO/UNU de 1956 a 1971 não levaram em consideração o procedimento de usar a TMR como ponto de partida para a estimativa das necessidades energéticas. Somente o Comitê de 1981 volta a utilizar o cálculo de gasto energético total como múltiplos da TMR, sugerindo que fosse difundido esse método e propondo o uso de equações, quando da impossibilidade de se avaliar a TMR por meio de equipamentos.

No entanto, Schofield (1985)¹¹ questiona então a base de dados utilizada pelo Comitê de experts da WHO de 1973 para desenvolver as equações propostas em 1981, comentando que deveria ser examinada a cientificidade e a estatística dos dados.

Essas evidências sustentaram a Schofield (1985)¹¹ escrever sua monografia, a qual teve como objetivo desenvolver equações com dados da literatura que apresentavam rigor científico e mérito estatístico. Ele utilizou um banco de dados de 7.549 sujeitos norte-americanos e europeus, sendo que destes 734 eram meninos e 575 eram meninas entre 10 e 17 anos.

Então utilizando o banco de dados de Schofield (1985)¹¹ e com uma nova expansão para 11.000 medidas retiradas da literatura, a WHO/FAO/UNU (1985)⁸ desenvolve novas equações para estimar a TMR e passa a recomendar que, as necessidades energéticas fossem baseadas na medida do gasto energético. No trabalho publicado pelo Comitê de experts da WHO/FAO/UNU do ano 1985 não se menciona a quantidade de adolescentes que fizeram parte deste estudo.

Henry e Rees (1991)¹² revisando a população utilizada para desenvolver as equações de Schofield (1985)¹¹ e

Tabela 01. Equações de TMR propostas para adolescentes.

Autor	N	Faixa etária	Equação	R ²
Harris e Benedict (1919) ¹⁰	136	15–74	M kcal/d = 66,4730 + 13,7516*(MC) + 5,0033*(ET) – 6,7550 (ID)	0,75
	103	15–74	F kcal/d = 655,0955 + 9,5634*(MC) + 1,8496*(ET) – 4,6756 (ID)	0,53
Schofield (1985) ¹¹	734	10–17	M MJ/d = 0,074*(MC)+2,754	0,93
	575	10–17	F MJ/d = 0,056*(MC)+2,898	0,80
WHO/FAO/UNU ⁸ (1985)	-	10–17	M MJ/d = 0,0732*(MC)+2,72	0,81
	-	10–17	F MJ/d = 0,0510*(MC)+3,12	0,56
Henry e Rees ¹² (1991)	409	10–17	M MJ/d = 0,084*(MC)+2,122	0,64
	233	10–17	F MJ/d = 0,047*(MC)+2,951	0,39

Abreviaturas: M=masculino, F=feminino, kcal=quilocalorias, MJ=milejaule, MC=massa corporal, ET=estatura, ID=idade, d=dia. Para transformar MJ/d em kcal/d multiplicar por 238.

WHO/FAO/UNU (1985)⁸ detectam que, em sua maioria, os indivíduos dos estudos utilizados eram europeus e norte americanos. Os autores então, tendo como base estudos^{17,18} que demonstravam menores valores da TMR em pessoas que viviam nos trópicos, realizaram um levantamento da literatura e desenvolveram equações para adolescentes, analisando 642 medidas, de ambos os gêneros, entre 10 e 17 anos como pode ser visualizado na tabela 01.

A partir da recomendação de se utilizar equações para estimar a TMR, uma nova linha de pesquisa surge, com o objetivo de estudar a validade destas equações em diversas populações.

As equações propostas por Harris e Benedict (1919)¹⁰, Schofield (1985)¹¹ e WHO/FAO/UNU (1985)⁸ e Henry e Rees (1991)¹² tiveram sua validade testada na população de adolescentes, em diversos países como descrito na tabela 02.

Estes estudos apontaram que nem sempre há validade das equações na população de adolescentes. Demonstrando desta forma, que há fatores ambientais e genéticos que influenciam na resposta da TMR e indicando a impossibilidade de se desenvolver uma equação universal⁷.

FATORES INTERVENIENTES DA TMR

Quando analisado o valor da TMR em populações distintas, nota-se uma variabilidade nos resultados. A seguir, serão apontadas as variáveis que podem explicar este comportamento. A análise do comportamento destas variáveis também possibilitara indicar qual delas reflete no resultado da TMR, auxiliando na seleção das mesmas no desenvolvimento de futuras equações.

Clima e região

Revisando a literatura encontrou-se que, sujeitos vivendo nas regiões tropicais apresentam valores menores de TMR em relação aos que vivem em clima temperado^{12,28} como mostra a tabela 03. Esse fenômeno pode ser explicado em parte pela diferença na relação do relaxamento muscular e da temperatura que induz mudanças na atividade da glândula tireóide².

Gênero

Mesmo a maturação feminina ocorrendo em geral

aproximadamente dois anos antes da masculina²⁹, as meninas possuem valores de TMR menores do que meninos.

Após um estudo longitudinal de cinco anos, os meninos apresentaram valores mais elevados do que as meninas tanto para a raça branca quanto para a negra, independente do estágio maturacional e idade³⁰ como descrito na tabela 04.

Desta forma o gênero é um importante fator a ser considerado na resposta da TMR. A variável gênero explicou 84% da variação na TMR em adolescentes²⁰. Há uma predominância em se desenvolver equações diferenciadas pelo gênero com objetivo de melhorar sua validade.

Idade

Apesar da idade estar sendo utilizada como variável independente nas equações que predizem a TMR, sua relação na adolescência com a TMR é duvidosa. A idade não apresenta boa correlação com a TMR entre os adolescentes, apresentando valores de correlação de $r = 0,30^{32}$ e $r = 0,29^{26}$. Mostrando que há pouca variabilidade nos valores de TMR entre os adolescentes pertencentes às diferentes idades que constituem essa faixa-etária.

Maturação

Não houve diferenças na TMR entre meninas pré-púberes e púberes, que não haviam alcançado a idade de menarca³². A TMR aumentou em relação ao estágio 1,2 e 3 de Tanner, no entanto, o resultado parece estar mais ligado ao aumento concomitante da massa corporal e estatura¹.

Os resultados indicaram uma relação negativa entre maturação (medida pelos estágios de Tanner) e a TMR depois de ajustada pela massa gorda e massa magra. Uma explicação para o efeito da maturação na TMR é a diferença na contribuição dos órgãos metabolicamente ativos e da massa muscular durante o desenvolvimento pubertal³⁰.

Aproximadamente aos seis anos de idade pequenos órgãos com altas taxas metabólicas, como o cérebro, já estão com seu tamanho quase adulto, enquanto que a massa muscular, maior contribuinte em valor absoluto (kg) da massa magra, só vai ter seu pico de crescimento próximo aos quatorze anos²⁹.

Tabela 02: Estudos que testaram validade das equações propostas por Harris e Benedict (1919), Schofield (1985), FAO/WHO/UNU (1985) e Henry e Rees (1991).

Equação	Autores	Idade	País	Amostra	Característica Antropométricas	Resultado	
Harris e Benedict (1919) ¹⁰	Wong et al. (1996) ²	8-17	EUA	118 meninas	Combinação	Superestimou	
	Kaplan et al. (1995) ¹⁹	2-20	EUA	102 ambos sexos	Combinação	Válida	
	Tverskaya et al. (1998) ²⁰	11-18	EUA	50 meninos	Obesos	Subestimou	
		11-18		60 meninas	Obesas	Superestimou	
	De Lorenzo et al. (1999) ²¹	15-18	Itália	25 meninos	Peso adequado	Válida	
	Rodriguez et al. (2000) ²²	7-16	Espanha	116 ambos sexos	Peso adequado e obeso	Subestimou	
	Derumeaux-Burel et al (2004) ²³	10-18	França	399 ambos sexos* 211 ambos sexos#	Obesos Obesos	Válida Subestimou	
Schneider e Meyer (2005) ²⁴		12-17	Brasil	35 meninos	Sobrepeso e obeso	Válida	
Schofield (1985) ¹¹	Henry e Rees (1991) ¹²	10-18	Paises Tropicais	642 ambos sexos	Combinação	Superestimou	
	Spurr et al. (1992) ²⁵	10-16	Colômbia	339 meninos	Baixo peso e peso adequado	Superestimou	
		189 meninas		Válida			
	Wong et al. (1996) ²	8-17	EUA	118 meninas	Baixo peso e peso adequado	Superestimou	
	Kaplan et al. (1995) ¹⁹	2-20	EUA	102 ambos sexos	Combinação	Válida	
	Tverskaya et al. (1998) ²⁰	11-18	EUA	50 meninos	Combinação	Superestimou	
		11-18		60 meninas			Subestimou
	De Lorenzo et al. (1999) ²¹	15-18	Itália	25 meninos	Obesos Obesas	Válida	
	Rodriguez et al. (2000) ²²	7-16	Espanha	60 meninos	Peso adequado	Subestimou	
		56 meninas		Superestimou			
	Derumeaux-Burel et al (2004) ²³	10-18	França	399 ambos sexos* 62 meninos# 149 meninas# 35 meninos	Peso adequado e obeso Peso adequado e obeso Obesos Obesos Obesas	Superestimou Válida Subestimou Superestimou	
		Schneider e Meyer (2005) ²⁴		12-17	Brasil	Sobrepeso e obeso	
	WHO/FAO/UNU (1985) ⁸	Molnár et al. (1995) ²⁶	10-16	Hungria	371 ambos sexos	Peso adequado e obeso	Superestimou
		Wong et al. (1996) ²	8-17	EUA	118 meninas	Combinação	Superestimou
Bandini et al. (1995) ¹		8-12	EUA	186 meninas	Peso adequado	Válida	
Kaplan et al. (1995) ¹⁹		2-20	EUA	102 ambos sexos	Combinação	Válida	
Tverskaya et al. (1998) ²⁰		11-18	EUA	110 ambos sexos	Obesos	Subestimou	
Rodriguez et al. (2000) ²²		7-16	Espanha	60 meninos	Peso adequado e Obeso Peso adequado e Obeso	Superestimou Válida	
		56 meninas					
Müller et al. (2004) ²⁷		12-17	Alemanha	28 meninos 27 meninas	Combinação Combinação	Superestimou Válida	
Derumeaux-Burel et al. (2004) ²³		10-18	França	191 meninos* 208 meninas* 62 meninos# 149 meninas#	Obesos Obesas Obesos Obesas	Superestimou Válida Válida Subestimou	
		Schneider e Meyer (2005) ²⁴		12-17	Brasil	35 meninos	Sobrepeso e obeso
Henry e Rees (1991) ¹⁰	Schneider e Meyer (2005) ²⁴	12-17	Brasil	35 meninos	Sobrepeso e obeso	Superestimou	

* Coleta realizada entre 1993 e 1999;# Coleta realizada entre 2001 e 2002. Combinação = baixo peso, peso adequado, sobrepeso e obeso.

Tabela 03: Valores superestimados pela equação de Schofield (1985) para grupos que vivem nas regiões tropicais.

País	Homens		Mulheres	
	Média %	n	Média %	n
Filipinas	+9,5%	172	+1,1%	31
Índia	+12,8%	50	+12,9%	7
Japão	+5,8%	202	+4,6%	152
America do Sul	+9,4%	941	+4,8%	227
China	+7,6%	274	+3,8%	190

Fonte: Adaptado de Henry e Rees (1991)¹².

Tabela 04: Diferenças entre os gêneros para a resposta da TMR.

	Meninos Brancos	Meninas Brancas	Meninos Afro americano	Meninas Afro americana
TMR (KJ/d) ^{4,11,12}	5330±159	5054±138	5138±159	4887±130
TMR (KJ/d) ¹²⁻¹⁴	5347±155	5063±138	5146±159	4883±130

Fonte: Adaptado de Sun et al. (2001)³⁰

^{4,14} Efeito da etnia significativa ⁴ P = 0,01 ; ¹⁴ P = 0,003.

¹¹ Ajustado pela idade, estágio de Tanner, massa gorda e massa magra.

¹² Efeito do gênero significativo. ¹² p < 0,0001.

Assim, a maturação, que é um bom indicativo do desenvolvimento funcional da massa magra, parece não contribuir para melhorar o potencial de predição em equações²⁶ e não influencia nos valores encontrados para TMR.

Raça

Estudos demonstraram haver diferenças na TMR entre as raças. Adolescentes negros apresentaram TMR menor que adolescentes brancos³² e esses valores comportam-se assim desde o estágio pré-púbere³³ até o desenvolvimento pubertal, mesmo após ajuste pela massa gorda, massa magra e estágio de maturação³⁰ (ver tabela 04). Possível explicação consiste na composição da massa magra e na taxa de atividade metabólica dos órgãos que diferem entre negros e brancos³⁴.

Estas diferenças raciais podem explicar em parte a tendência à obesidade das mulheres negras em relação às brancas durante a vida adulta^{30,33}, somado a um estilo de vida contemporâneo relacionado a um maior consumo de energia e inatividade física e a presença de uma propensão genética para a conservação eficiente da energia³⁵.

Por causa da magnitude das diferenças entre a TMR predita e medida associada com a raça, depois de controlada pela idade, massa corporal, maturação sexual, massa magra, recomenda-se incluir a raça em futuros refinamentos de equações de predição da TMR².

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

As medidas corporais utilizadas para prever a TMR podem ser organizadas de acordo com os cinco níveis de modelos da composição corporal (tabela 05): corpo inteiro, tecido/órgãos, celular, molecular e atômico³⁶.

A literatura apresenta de forma consensual que as principais variações na TMR podem ser explicadas

pelas medidas dos componentes corporais. Dentre estas medidas se destacam a massa corporal, estatura, massa gorda e massa magra, as quais serão discutidas a seguir.

Nas equações de predição, a massa corporal tem sido considerada o melhor preditor da TMR², apresentando coeficiente de correlação entre 0,80 a 0,88^{26,32} com a TMR, sendo esses valores aceitáveis estatisticamente.

A estatura parece contribuir insignificamente na acurácia e precisão das equações que estimam a TMR², resultado similar também encontrado no desenvolvimento de equações para adolescentes dos trópicos¹⁰. A estatura obteve correlação de 0,61 com a TMR, sendo das medidas antropométricas a de menor coeficiente de correlação²⁶.

É visível a escolha apenas da massa corporal ou em conjunto com a estatura como variável independente no desenvolvimento de equações que mensurem a TMR. A justificativa é pela fácil obtenção dos resultados no ambiente clínico pediátrico.

A massa gorda também apresenta boa correlação com a TMR, esses valores ficam entre r = 0,49 e r = 0,78^{26,32}. A massa gorda explicou sozinha 83% da variação na TMR em adolescentes obesos²⁰.

Porém, estudos apontam a massa corporal magra como a principal medida antropométrica responsável pela variação na TMR, tendo explicado entre 61,7% a 85% da variação na TMR^{27,37}.

Os resultados anteriores são independentes se o adolescente é classificado como baixo peso, peso adequado ou obeso³⁸. Os estudos têm apontado que obesos possuem coeficientes de correlação mais elevados para esta variável do que os de peso adequado e baixo peso (r = 0,89, r = 0,87 e r = 0,79, respectivamente)³⁹.

Dentre os elementos que compõem a massa magra, a musculatura esquelética e o fígado são os maiores determinantes da TMR em jovens, saudáveis e não obesos³⁷. No entanto, quando considerada a TMR (kcal)

Tabela 05: Modelos selecionados para prever a TMR em diferentes níveis da composição corporal.

Nível da Composição Corporal	Equação para prever a TMR
Corpo Inteiro	TMR = b * MC ^q TMR = a + b ₁ * MC + b ₂ * ET + b ₃ * ID TMR = a + b * ASC
Tecidos/órgãos	TMR = Σ (k _i * T _i) TMR = k ₁ * fígado + k ₂ * cérebro + k ₃ * coração + k ₄ * rins + k ₅ * ME + k ₆ * TA + k ₇ * miscelânea de tecidos TMR = a + b ₁ * T ₁ + b ₂ * T ₂
Celular	TMR = Σ (k _i * MCL _i) TMR = a + b * MCC
Molecular	TMR = a + b * MM TMR = a + b ₁ * MM + b ₂ * MG

TMR, Taxa Metabólica de Repouso; b, inclinação ou coeficiente; MC, massa corporal; q, expoente; a, intersecção; ET, estatura; ID, idade; ASC, Área de Superfície Corporal; k_i, taxa metabólica de repouso individual dos componentes metabolicamente ativos; T_i, massa dos tecidos/órgãos individual; TA, Tecido Adiposo; MCL, massa celular como categoria individual de células; MCC, massa celular corporal; MM, Massa Magra; MG, Massa Gorda.

Fonte: Wang et al. (2001)³⁶.

por unidade de quilograma, o coração e os rins têm as mais altas TMR (440 kcal/kg por dia), o cérebro (240 kcal/kg por dia) e o fígado 200 (kcal/kg por dia). Em contraste, a TMR da musculatura esquelética (13 kcal/kg por dia) e do tecido adiposo (4,5 kcal/kg por dia) são baixas.

Assim, apesar da musculatura esquelética e o tecido adiposo serem os dois maiores componentes corporais as suas contribuições por unidade de quilograma são menores do que de alguns órgãos³⁶.

No entanto, é importante lembrar que a massa gorda e a massa magra não têm sido utilizadas como variável independente nas equações, devido ao fato de sua medida ser de difícil aplicabilidade prática, pois as técnicas ouro, pesagem hidrostática e DEXA necessitam de técnicos especializados e possuem alto custo para a sua realização.

A alternativa seria a utilização de equações antropométricas que estimam os componentes corporais, no entanto essa técnica tem apresentado resultados contraditórios na população de adolescentes⁴⁰. Estudo recente mostrou que algumas equações que estimam os componentes corporais não são confiáveis para serem utilizadas em adolescentes masculinos brasileiros entre 10 e 17 anos⁴¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As equações analisadas neste estudo foram desenvolvidas tendo como base avaliações ou dados compilados realizados especialmente no início do século 20. As modificações corporais dos adolescentes atuais comparados com os daquela época devem ser consideradas.

Os estudos que testaram a validade destas equações demonstraram variabilidade nos resultados encontrados, confirmando a impossibilidade de desenvolver uma equação universal.

Esta revisão apontou também que as futuras equações para estimar a TMR devem ser desenvolvidas para populações específicas, levando em consideração especialmente à região, a raça, o gênero e as medidas antropométricas dos indivíduos. Transportando essas conclusões para a realidade brasileira, levando em

consideração que o Brasil possui diferentes regiões climáticas e étnicas, faz necessária a realização de futuros estudos que comparem os valores da TMR dentre os indivíduos destas diferentes regiões, verificando assim a possibilidade de desenvolvimento de uma equação para a população residente do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bandini LG, Morelli JA, Must A, Dietz WH. Accuracy of standardized equations for predicting metabolic rate in premenarcheal girls. *Am J Clin Nutr* 1995;62:711–714.
- Wong WW, Butte NF, Hergenroeder AC, Hill EB, Stuff JE, Smith EO. Are basal metabolic rate prediction equations appropriate for female children and adolescents? *J Appl Physiol* 1996; 81(6) 2407–2414.
- 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(3):233–237.
- Alfonzo-Gonzales G, Doucet E, Almeras 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;58:1125–1131.
- Garcia ES. Taxa metabólica basal de jogadores profissionais de futebol. *Rev Bras Educ Fis Esp* 2006;20(Suplemento 5):82–84.
- Rocha EEM, Alves VGF, Fonseca RBV. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2006;9:247–256.
- Frankenfield DC, 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 (5):775–789.
- World Health Organization. Energy and protein requirements. World Health Organization Technical Report Serie , n.724, Genebra; 1985.
- Thomson MA, Bucolo S, Quirk P, Shepherd RW. Measured versus predicted resting energy expenditure in infants: A need for reappraisal. *J Pediatr* 1995;126:21–27.
- Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Washington DC: Carnegie Institute. Publication 279; 1919.

11. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr: Clin Nutr* 1985; 39C(Suplemento 1):5–41.
12. Henry CJK, Rees DG. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:177–185.
13. Montoye HJ, Kemper HCG, Saris WHM, Washburn RA. *Measuring Physical Activity and Energy Expenditure*. Champaign: Human Kinetics; 1996.
14. Rocha EEM, Alves VGF, Silva MHN, Chiesa CA, Fonseca RBV. Can measured resting expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005;8:319–328.
15. Diner JRC. Calorimetria indireta. *Rev Assoc Med Brasil* 1997;43(3): 45–253.
16. Quenouille MH, Boyne AW, Fisher WB, Leitch I. Statistical studies of recorded energy expenditure of man. *Comunicação Técnica*, nº 17, 1951.
17. Almeida AO. L'emission de chaleur. Le metabolisme basal et le metabolisme minimum de l'homme noir tropical. *J Physi Gen* 1921;18:958–964.
18. Benedict FG. The racial elements in human metabolism. *Am J Physiol Anthropol* 1932;16: 463–473.
19. Kaplan A, Zemel B, Neiswender K, Stallings V. Resting energy expenditure in clinical pediatrics: Measured versus prediction equations. *J Pediatr* 1995;27:200–205.
20. Tverskaya R, Rising R, Brown D, Lifshitz F. Comparison of several equations a derivation of a new equation for calculating basal metabolic rate in obese children. *J Am Coll Nutr* 1998;17(4):333–336.
21. De Lorenzo A, Bertini I, Puijia A, Testolin G, Testolin C. Comparison between measured and predicted resting metabolic rate in moderately active adolescents. *Neurol Sci* 1999;36:141–145.
22. Rodrigues G, Moreno LA, Sarria A, Fleta J, Bueno M. Resting energy expenditure in children and adolescents: agreement between calorimetry and prediction equations. *Clin Nutr* 2000;21(3):255–260.
23. Derumeax – 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;80:1544–1550.
24. Schneider P, Meyer F. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? *Rev Bras Med Esp* 2005;11(3):193–197.
25. 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;56:623–629.
26. Molnár D, Jeges S, Erhardt E, Schutz Y. Measured and predict resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *J Pediatr* 1995;127:571–577.
27. Müller MJ, Bosity-westphal A, Klaus S, Kreyman G, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M, Noack R, Pirke KM, Platte P, Selberg O, Steiniger J. 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 retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 2004;80:1379–1390.
28. Henry CJK, Webster-Gandy JD, Koon PB, Ismail MN. Resting metabolic rate in a sample of girls in Malaysia and England. *Am J Hum Biol* 2005;17:818–820.
29. Baxter – Jones ADG, Eisenmann JC, Sherar LB. Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatr Exerc Sci* 2005;17:18–30.
30. Sun M, Gower BA, Bartolucci AA, Hunter GR, Figueroa-Colon R, Goran MI. A longitudinal study of resting energy expenditure relative to body composition during puberty in African American and white children. *Am J Clin Nutr* 2001;73:308–315.
31. Yu CW, Sung RYT, So R, Lam K, Nelson EAS, Li AMC, Yuan Y, Lam PKW. Energy expenditure and physical activity of obese children: cross-sectional study. *Hong Kong Med J* 2002;8(5):313–317.
32. Bandini LG, Must A, Spadano JL, Dietz WH. Relation of body composition, parental overweight, pubertal stage, and race-ethnicity to energy expenditure among premenarcheal girls. *Am J Clin Nutr* 2002;76:1040–1047.
33. Morrison JA, Alfaro MP, Khoury P, Thornton BB, Daniels SR. Determinants of resting energy expenditure in young black girls and young white girls. *J Pediatr* 1996;129(5):621– 623.
34. Gallagher D, Albu J, He Q, Heshka S, Boxt L, Krasnow N, Elia M. Small organs with a high metabolic rate explain lower resting energy expenditure in African American than in white adults. *Am J Clin Nutr* 2006;38(5):1062–1067.
35. Kimm SYS, Glynn NW, Aston CE, Damcott CM, Poehlman ET, Daniels SR, Ferrel RE. Racial differences in the relation between uncoupling protein genes and resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 2002;75:714–719.
36. Wang Z, Heshka S, Zhang K, Boozer CN, Heymsfield SB. Resting Energy Expenditure: Systematic Organization and Critique of Prediction Methods. *Obes Res* 2001;9(5):331–336.
37. Illner K, Brinkmann G, Heller M, Bosity-Westphal A, Müller MJ. Metabolically active components of fat free mass and resting energy expenditure in nonobese adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000;278:E308–E315.
38. Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res* 1990;27(2):198–203.
39. Tounian P, Dumas C, Veinberg F, Girardet JP. Resting energy expenditure and substrate utilization rate in children with constitutional leanness or obesity. *Clin Nutr* 2003;22(4):353–357.
40. Watts K, Naylor LH, Davis EA, Jones TW, Beeson B, Bettency F, Sifarakas A, Bell L, Ackland T, Green DJ. Do skinfolds accurately assess changes in body fat in obese children and adolescents? *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(3):439–444.
41. Pereira RPB. Desenvolvimento e validação de equações específicas para a estimativa do percentual de gordura corporal de jovens púberes do gênero masculino na faixa etária de 10 a 17 anos. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2006;8(2):110.

Endereço para correspondência

Paulo Henrique Santos da Fonseca
Avenida Medianeira nº 1879 apt. 603
CEP: 97060-003 - Santa Maria, RS, Brasil
E-mail: paulo.phsf@gmail.com

Recebido em 11/07/08
Revisado em 21/12/08
Aprovado em 21/02/08