UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

INSTITUTO DE NUTRIÇÃO JOSUÉ DE CASTRO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

MESTRADO EM NUTRIÇÃO HUMANA

GASTO ENERGÉTICO BASAL DE ADOLESCENTES BRASILEIROS ATLETAS DE PENTATLO MODERNO: ESTUDO DE CONCORDÂNCIA ENTRE EQUAÇÕES PREDITIVAS E CALORIMETRIA INDIRETA.

Luiz Lannes Loureiro

RIO DE JANEIRO

2014

GASTO ENERGÉTICO BASAL DE ADOLESCENTES BRASILEIROS ATLETAS DE PENTATLO MODERNO: ESTUDO DE CONCORDÂNCIA ENTRE EQUAÇÕES PREDITIVAS E CALORIMETRIA INDIRETA.

Luiz Lannes Loureiro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição (PPGN), do Instituto de Nutrição Josué de Castro da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **mestre em Nutrição Humana.**

Orientadoras: Anna Paola Trindade Rocha Pierucci

Cristiana Pedrosa Melo Porto

Rio de Janeiro

Dezembro de 2014

GASTO ENERGÉTICO BASAL DE ADOLESCENTES BRASILEIROS ATLETAS DE PENTATLO MODERNO: ESTUDO DE CONCORDÂNCIA ENTRE EQUAÇÕES PREDITIVAS E CALORIMETRIA INDIRETA.

Luiz Lannes Loureiro

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS–GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO DO INSTITUTO DE NUTRIÇÃO JOSUÉ DE CASTRO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE **MESTRE EM NUTRIÇÃO HUMANA.**

Examinada por:

_____

Profª. Drª. Anna Paola Trindade Rocha Pierucci

_____

Profª. Drª. Cristiana Pedrosa Melo Porto

_____

Profª. Drª. Eliane Lopes Rosado

_____

Profª. Drª. Carla Avesani

_____

Profª. Drª.Vivian Wahrlich

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO, 2014

Lannes Loureiro, Luiz

Gasto energético basal de adolescentes brasileiros atletas de pentatlo moderno: estudo de concordância entre equações preditivas e calorimetria indireta/Luiz Lannes Loureiro – Rio de janeiro. UFRJ/INJC, 2014.

XIII, 88.: il.: 29,7 cm

Orientadora(s): Pierucci, Anna et. al.

Dissertação – UFRJ/INJC/Programa de Pós-graduação em nutrição. 2014

Referências Bibliográficas: p.47 – 64.

1. Avaliação do Gasto Energético Basal de Adolescentes Atletas; 2.Composição corporal. I. Lannes Loureiro, Luiz. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, INJC, Programa de Pós-Graduação em Nutrição. III. Gasto energético basal de adolescentes brasileiros atletas de pentatlo moderno: estudo de concordância entre equações preditivas e calorimetria indireta.

“O cientista não estuda a natureza porque ela é útil; ele a estuda porque se deleita nela, e se deleita nela porque ela é bela. Se a natureza não fosse bela, não valeria a pena ser conhecida, e se não valesse a pena ser conhecida, a vida não valeria a pena ser vivida.”

Henry Poincaré

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente as minhas orientadoras Anna Paola Pierucci e Cristiana Porto. Entendo que ao abrir a porta para um aluno significa que está acreditando em seu potencial e confiando em sua capacidade de realização. Obrigado por apostarem em mim e me darem oportunidade e base para que eu fosse capaz de realizar tal trabalho. Agradeço ao Prof. Ronir por abrir as portas do mundo da estatística e a Profa. Eliane Rosado por ter sido minha revisora, professora de português e debatedora. Suas ajudas foram fundamentais na minha formação acadêmica. Em conjunto, agradeço a FAPERJ e CAPES por financiarem nossa curiosidade e tornarem possível elucidarmos nossas dúvidas.

À minha família por estar presente em todos os momentos da minha vida. Mãe, obrigado por cobrar que eu tenha pensamento crítico em tudo que eu fizesse; Por me passar o gene da dúvida e curiosidade; Por me aturar até hoje em sua casa e atuar como órgão de fomento de toda a minha vida. É a principal responsável pela minha paixão a pesquisa. Pai, agradeço por ser um dos meus pilares. Agradeço por me ensinar desde novo que o único caminho para o sucesso consiste de estudo e dedicação, seja em qual área for. Às minhas avós por fazerem o possível e impossível para prover a melhor educação que eu poderia ter. Por serem modelos de vida a serem seguidos, cheios de alegria e dedicação. Agradeço pelo amor incondicional de avó que sempre me deram. Agradeço ao meu irmão, pois se não fosse pela sua ajuda, não teria conseguido fazer a prova de seleção. Obrigado por estar sempre presente me apoiando e ajudando, sem questionar.

Agradeço aos amigos do Lab. DAFEE por estarem presente em toda essa caminhada. Obrigado por me ajudarem no que foi preciso, desde análises e coletas de dados até conversas e brincadeiras nos momentos difíceis. Tornaram-se amigos de verdade que carregarei por toda minha vida. Aos amigos que não vivem no meio acadêmico, obrigado por entenderem e aturarem minha ausência e falta de paciência, principalmente nos últimos meses. Obrigado pelos 15 anos de amizade.

Muito obrigado a todos, simplesmente, pelo fato de existirem em minha vida.

Loureiro LL. Gasto energético basal de adolescentes brasileiros atletas de pentatlo moderno: estudo de concordância entre equações preditivas e calorimetria indireta. [dissertação]; Rio de Janeiro: Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

RESUMO

O principal componente do gasto energético total (GET) é o gasto energético basal (GEB) que pode ser calculado por meio de diversas equações preditivas disponíveis na literatura. Entretanto, equações preditivas para GEB muitas vezes não são adequadas a população estudada, necessitando o uso de métodos específico, como a calorimetria indireta (CI) considerada padrão ouro. A estimativa precisa das necessidades energéticas é crucial para o desempenho físico ideal entre os atletas, por isso tivemos o objetivo de analisar a concordância entre o GEB de adolescentes pentatletas medido pela CI e estimados pelas equações preditivas. Vinte e oito atletas (17 homens e 11 mulheres) foram avaliados usando CI e as equações de predição de Harris e Benedict (HB), Cunningham (CUN), Henry e Rees (HR) e FAO/WHO/UNU (FAO). A correlação entre variáveis antropométricas e CI foi analisada por meio de Teste T e Índice de Correlação Intraclasse (ICC), enquanto a concordância entre CI e equações preditivas foram avaliadas de acordo com os gráficos de Bland-Altman e concordância-sobrevivência. A média do GEB obtida por CI diferiu da FAO, considerando toda a amostra ($p < 0,05$). Porém a análise por gênero mostrou que houve diferença estatística nas equações FAO e HR em relação a CI ($p < 0,05$) para os indivíduos do gênero masculino, enquanto os dados de indivíduos do sexo feminino diferiam apenas para a equação HR ($p < 0,05$). A equação FAO subestimou o GEB em comparação com CI (Teste T). Avaliando as equações usando Bland-Altman, ICC e concordância-sobrevivência, nenhuma equação se mostrou eficaz para esta população. Com diferenças de mais de 300 kcal, CI ainda é necessária para a abordagem individual para a estimativa das necessidades energéticas.

Palavras chaves: Gasto Energético Basal, Calorimetria Indireta, Equações Preditivas, Atletas, Adolescentes, Pentatlo Moderno.

Loureiro LL. Basal metabolic rate in adolescent modern pentathlon athletes: agreement between calorimetry and established prediction equations [dissertation]; Rio de Janeiro: Institute of Nutrition Josué de Castro, Federal University of Rio de Janeiro, 2014.

Abstract

The principal component of human energy expenditure is the basal metabolic expenditure (BME) which can be estimated by several predictive equations available in the literature. However the BMR equations often are not well adjusted for adolescent athletes requiring the use of specific methods, such as the golden standard indirect calorimetry (IC). The accurate estimative of energy needs is crucial for an optimal physical performance among athletes, so we had the aim to analyse the agreement between the BMR of adolescents pentathletes measured by IC and estimated by the predictive equations. Twenty-eight athletes (17 males and 11 females) were evaluated using IC and the predictive equations Harris and Benedict (HB), Cunningham (CUN), Henry and Rees (HR) and FAO/WHO/UNU (FAO). Body composition was obtained using DXA and sexual maturity data were retrieved through questionnaires. The correlations among anthropometric variables an IC were analysed by T-student test and ICC, while the agreement between IC and the predictive equations was analysed according to Bland-Altman and by survival-agreement plotting. The average BME from IC differed to FAO considering the whole sample ($p<0.05$). But the analysis by gender demonstrated that there was a statistical difference in FAO and HR equations in relation to IC ($p <0.05$) for the male subjects, while data from female subjects differed only for the HR equation ($p <0.05$). The FAO equation underestimated BME when compared with IC (T Test). Evaluating the equations using Bland-Altman, ICC and Survival-Agreement, no equation has proven effective for this population. With differences of more than 300kcal, IC is still required for an individual approach for energy needs estimation.

Key words: Basal Metabolic Rate, Indirect Calorimetry, Predictive Equations, Athletes, Adolescents, Modern Pentathlon.

Sumário

LISTA DE QUADROS E TABELAS xi
LISTA DE FIGURAS xii
LISTA DE ABREVIAÇÕES xiii
1 INTRODUÇÃO 1
2 REVISÃO DA LITERATURA 4
2.1 Gasto Energético (GE) 4
2.2 Gasto Energético Basal (GEB) e Taxa Metabólica Basal (TMB) 5
2.3 Gasto Energético em Repouso (GER) e Taxa Metabólica em Repouso (TMR) 5
2.4 Gasto Energético Basal vs Gasto Energético de Repouso 6
2.5 Fatores que influenciam no GEB 6
2.5.1 Composição Corporal 7
2.5.2 Idade 8
2.5.3 Influência do Crescimento e Maturação Sexual no Gasto Energético 9
2.5.4 Atividade Física 11
2.6 Gasto Energético na Atividade Física 11
2.7 Termogênese Induzida pela Dieta (TID) 12
2.8 Métodos de Mensuração do Gasto Energético 12
2.8.1 Calorimetria Direta (CD) 12
2.8.2 Calorimetria Indireta (CI) 13
2.8.3 Água duplamente Marcada (ADM) 13
2.8.4 Equações Preditivas 14
2.9 Adolescência 16
2.9.1 Necessidades Energéticas na Adolescência 18
2.9.2 O Atleta adolescente 19
2.10 Pentatlo Moderno 21
2.10.1 Pentatlo moderno no Brasil ..... **Erro! Indicador não definido.**
3 OBJETIVOS: 24
3.1 Objetivo Geral: 24
3.2 Objetivos Específicos: 24
4 MÉTODOS 25
4.1 Sujeitos da pesquisa 25
4.2 Avaliação antropométrica e maturação sexual 25
4.2.1 Avaliação da massa corporal e estatura 25

4.2.2 Avaliação da composição dos compartimentos corporais 25
4.2.3 Avaliação da maturação sexual 26
4.3 Avaliação do Gasto Energético 26
4.3.1 Calorimetria Indireta 26
4.3.2 Equações Preditivas 27
4.4 Hábitos de consumo alimentar e de suplementos 27
4.5 Registro da rotina e do treinamento físico 28
4.6 Análises estatísticas 28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48
ANEXOS 61
Anexo 1 – Anamnese com Recordatório 24hs (R24H) 62
Anexo 2 – Questionário de Frequência Alimentar (QFA) 67
Anexo 3 – Registro Alimentar de três dias (RA3D) 77
Anexo 4 – Registro de Rotina 84

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Características da competição de pentatlo moderno por categorias..... 22

Table 1 – Main Characteristics of Modern Pentathlon athletes, according to the gender (n=28). . 36

Table 2 – Basal metabolic rate (Kcal.day-1) of the studied sample, measured (IC) and estimated by the equations (FAO, HB, HR and CUN), (n=28)..... 37

Table 3 – Statistical parameters from comparison between BMR values obtained by indirect calorimetry in relation to different predictive equations, according to gender. 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do Gasto Energético Total. 4

Figura 2 - Metabolismo basal nas diferentes idades ao longo da vida.. 8

Figura 3 - Fatores influenciadores no metabolismo basal. 9

Figure 1 – Bland and Altman (1999) scatter plots: A - FAO (1985); B - HB (1919); C - HR (1991); D - CUN (1980). .....**Erro! Indicador não definido.**

Figure 2 - Survival-agreement plot for indirect calorimetry and predictive equations. 39

LISTA DE ABREVIAÇÕES

ADM - Água duplamente marcada

ATP - Trifosfato de adenosina

CD - Calorimetria direta

CI - Calorimetria indireta

CO2 - Dióxido de carbono

CUN – Cunningham

DXA - *Dual-energy X-ray absorptiometry*

FAO - WHO/FAO/UNU

GE - Gasto energético

GEB - Gasto energético basal

GER - Gasto energético em repouso

GET - Gasto energético total

HB - Harris e Benedict

HR - Henry e Rees

ICC - Coeficiente de correlação intraclasse

MLG - Massa livre de gordura

NAF - Nível de atividade física

O2 - Oxigênio

QFA - Questionário de frequência alimentar

R24h - Recordatório de 24 horas

RA3D - Registro alimentar de três dias

TID - Termogênese induzida pela dieta

TMB - Taxa metabólica basal

TMR – Taxa metabólica de repouso

1 INTRODUÇÃO

A adolescência é o segundo período da vida extrauterina. Neste período, o crescimento tem sua velocidade máxima e está relacionado com o aumento da massa corporal e o desenvolvimento físico, compreendendo também a maturação dos órgãos e sistemas para a aquisição de novas e específicas capacidades (BIANCULLI, 1995).

Na última década, em diversos países, houve aumento no número de adolescentes envolvidos em práticas desportivas, tanto em esportes competitivos recreacionais de caráter lúdico quanto em competições olímpicas mundiais (GUY e MICHELI, 2001). No Brasil, este aumento deveu-se à importância que tem sido dada à formação de atletas de base nas associações esportivas e Vilas Olímpicas do Rio de Janeiro, legados dos Jogos Pan-americanos de 2007, locais de grande concentração de atletas adolescentes em busca da excelência esportiva.

Segundo Thompson (1998), os atletas adolescentes apresentam necessidades energéticas diferentes daquelas recomendadas para adultos. É imprescindível para a formação de atletas de alto rendimento o acompanhamento nutricional individualizado (GARTHE et al., 2013). Contudo, as necessidades energéticas deste subgrupo são pouco conhecidas.

A estimativa precisa do gasto energético individual é necessária para estabelecer adequadas prescrições dietéticas, visando melhoria da recuperação física (SINGH et al., 1994), redução da susceptibilidade às lesões (CHEN et al., 1989) e alto rendimento do atleta (BIANCULLI, 1995).

O gasto energético basal (GEB) representa a energia necessária para o corpo humano manter os processos fisiológicos normais durante o repouso absoluto, em situação de jejum (12 horas após a última refeição). Compreende aproximadamente 70% do gasto energético total (GET) diário em humanos sedentários (WONG et al., 1996) e representa o principal componente do GE (ALFONZO-GONZALEZ et al., 2004; CRUZ et al., 1999).

Para estimar as necessidades energéticas em pacientes, o GEB tem sido utilizado rotineiramente em clínicas, bem como por agências governamentais e organizações de saúde, definindo as necessidades energéticas da população (WONG et al., 1996), como também no esporte para a orientação energética de atletas (GARCIA, 2006). A acurácia nesta medida é necessária para determinar a eficiência dos planos e intervenções nutricionais (DA ROCHA et al., 2006; FRANKENFIELD et al., 2005).

Existem diversos métodos para mensuração do GEB, dentre eles a calorimetria indireta (CI). Este método possibilita determinar as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigênio (O2) e da produção de gás carbônico (CO2), obtidos por análise do ar inspirado e expirado pelos pulmões (HAUGEN et al., 2007). A CI apresenta-se como método padrão ouro, não invasivo, rápido, seguro e, por essas características, se destaca na mensuração do gasto energético.

Na prática de avaliação nutricional, devido ao alto custo das medidas de CI, o GE é normalmente estimado por meio de equações preditivas, disponíveis na literatura internacional. Essas equações foram desenvolvidas por diferentes autores, com base nas medidas de taxa metabólica basal (TMB) ou de repouso (TMR) de populações variadas quanto à idade e sexo. As equações mais citadas na literatura são Harris e Benedict (1919), Cunningham (1980), Henry e Rees (1991), e WHO/FAO/UNU (2004)/Schofield (1985). Em geral, as equações são estruturadas com dados de massa corporal (kg), estatura (cm) e idade (anos), com base em medidas de populações europeias e/ou norte americanas. Porém, a grande desvantagem do uso dessas equações na estimativa da TMB ou TMR em adolescentes atletas é que nenhuma das supracitadas foi desenvolvida com base em dados de atletas e sim de população não atleta.

Para analisar a adequação das equações de predição da TMB/TMR, diversos pesquisadores têm comparado os valores obtidos de tais equações com os obtidos por CI (CAMPBELL et al., 2005; COMPHER et al., 2004; DE LORENZO et al., 2001; LÜHRMANN e NEUHÄEUSER BERTHOLD, 2004; MILLER et al., 2005). Dentre as equações citadas, a de Harris e Benedict (1918) tem sido a mais utilizada na prática clínica (FRANKENFIELD et al., 2003) e a mais estudada no Brasil (RODRIGUES et al., 2010). Porém, alguns estudos têm mostrado que tal equação não representa adequadamente a TMB/TMR, por superestimá-la ou subestimá-la em indivíduos eutróficos e obesos (CRUZ et al., 1999; DE OLIVEIRA et al., 2011). Os resultados de outros estudos têm demonstrado que outras três equações (FAO et al., 2004; HENRY e REES, 1991; SCHOFIELD, 1985) também não são precisas na estimativa da TMB/TMR em indivíduos saudáveis de ambos os sexos (ISMAIL et al., 1998; WAHRLICH e ANJOS, 2001).

A aplicabilidade dessas equações para esportistas brasileiros, adolescentes ou não, é pouco conhecida. Até o momento, apenas dois estudos de origem brasileira foram conduzidos para comparar a TMR de atletas obtida por CI com a obtida pelas equações preditivas (COCATE et al., 2009; GARCIA, 2006). Ambos envolveram somente adultos e

número reduzido de sujeitos. Garcia (2006), indicou que a equação de Harris e Benedict (1919) superestima a medida por CI dos 25 brasileiros jogadores de futebol estudados. Contrariamente, Cocate et al. (2009) demonstraram que todas as equações supracitadas subestimam a TMR dos 15 atletas ciclistas analisados. Tais resultados parecem estar relacionados às características corporais apresentadas pelos sujeitos estudados. Assim, percebe-se que as equações de predição disponíveis atualmente não são adequadas para estimar a TMB/TMR em atletas adolescentes brasileiros, já que esse parâmetro pode sofrer variações individuais devido a diferenças na maturação sexual, capacidade cardiorrespiratória, idade, gênero, altura, massa corporal e composição corporal. Apesar disso, tais equações têm sido amplamente utilizadas para estimar a TMB/TMR e a partir daí realizar a prescrição de dietas, inclusive para atletas.

O pentatlo moderno é um esporte olímpico praticado por homens e mulheres, individualmente ou em equipes, composto por cinco modalidades diferentes: hipismo, esgrima, natação, tiro esportivo e corrida (LE MEUR et al., 2012). O atleta que obtiver o melhor desempenho e somar mais pontos ao final de todas as modalidades, ganha a competição. O Pentatlo Moderno é praticado segundo categorias de acordo com a idade dos atletas. Como é um esporte que exige do atleta um excelente preparo físico e técnico, as competições das categorias são realizadas para os mais jovens em forma de Biatlo Moderno englobando corrida e natação. Conforme o atleta vai se desenvolvendo, assim como sua forma física, técnica e sua experiência, o número de modalidades vai aumentando até chegar ao Pentatlo Moderno: entre os treze e os catorze anos, se adiciona o tiro à lista de modalidades efetuadas. Dos quinze aos dezesseis anos, o chamado Triatlo Moderno engloba a corrida com tiro, a natação e esgrima na sua prática. A partir dos 18 anos, os praticantes se encaixam no item Pentatlo Moderno, que abrange corrida, natação, tiro, esgrima e equitação. Devido à necessidade de alto condicionamento físico, em consequência da duração da prova e diferentes modalidades, a medida do GE é fundamental para o acompanhamento nutricional efetivo destes atletas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Gasto Energético (GE)

O GE pode ser considerado como processo de produção de energia obtida pela oxidação de macronutrientes de alimentos, no qual há consumo de O2 e produção de CO2, para manutenção de várias funções fisiológicas incluindo a respiração, circulação, atividade física e a manutenção da temperatura corporal, sendo parte desta energia química perdida na forma de calor e urina e o restante armazenado em moléculas de alta energia conhecidas como trifosfato de adenosina (ATPs) (FITZ, 2007).

GET é a energia requerida pelo organismo diariamente e é determinado pela soma de três componentes: GEB, a termogênese induzida pela dieta (TID) e nível de atividade física (NAF) (HEYMSFIELD et al., 2006), sendo acrescido de um quarto componente na adolescência, o GE com o crescimento (GEC) (WANG et al., 2010). A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000) define GET como o nível de energia necessária para manter o equilíbrio entre consumo e gasto de energia quando o indivíduo tem massa corporal, composição corporal e nível de atividade física de acordo com a boa saúde, e devem ser feitos ajustes para os indivíduos em diferentes estados fisiológicos (crescimento, gestação, lactação e envelhecimento).

Existem vários métodos de medição do GE como CI, calorimetria direta (CD), água duplamente marcada (ADM), equações de predição e outros (VOLP et al., 2011).

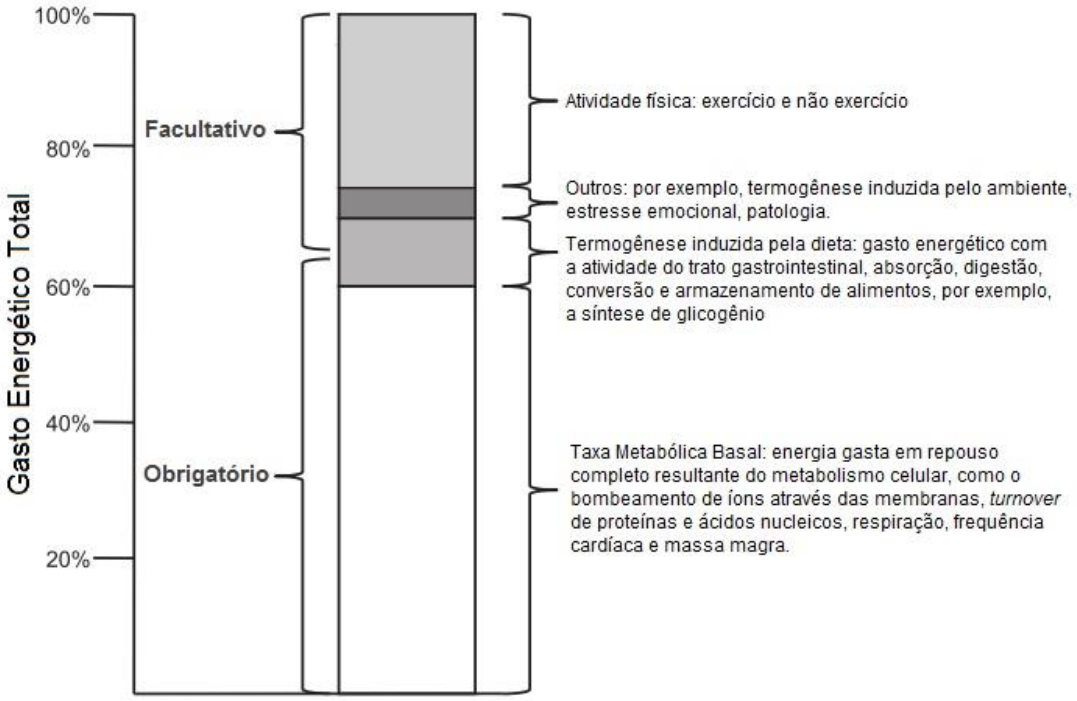

Figura 1 - Componentes do Gasto Energético Total. Fonte: Adaptado de Clapham, 2012.

2.2 Gasto Energético Basal (GEB) e Taxa Metabólica Basal (TMB)

O GEB é a quantidade de energia necessária para manter as funções envolvidas na manutenção do metabolismo basal: funções neurais, cardiovasculares, respiratórias, renais e demais reações bioquímicas em repouso (LUSTOSA et al., 2013). É um dos principais determinantes do GET e contribui, em média, com 60% do total. No entanto, varia de 45-50%, em indivíduos muito ativos, até 70% em indivíduos sedentários (VERMOREL et al., 2005). Na literatura, erroneamente, o GEB também é encontrado como TMB.

A TMB é uma estratificação do gasto diário em minuto ou hora por quilo de massa corporal [GEB ÷(massa corporal x tempo)], porém alguns autores utilizam o termo se referindo ao total diário, principalmente quando especificam valores. A TMB, medida pelas trocas respiratórias, é realizada ao acordar, após jejum de doze horas, com oito horas de sono, em posição supina, após repouso de 30 minutos, completamente relaxado estando livre de estresse emocional e físico (FAO et al., 2004). A medida é obtida durante 30 minutos, tendo os 10 primeiros minutos descartados com a finalidade de não permitir que a adaptação ao protocolo influencie nos valores (ADRIAENS et al., 2003). Após medida, a TMB é extrapolada para as 24 horas gerando o GEB. Apesar de sua medição ocorrer logo após o acordar, diversos autores relataram não ter diferença entre o participante ter dormido em casa ou no local da análise (BANDINI et al., 1995; FIGUEROA-COLON et al., 1996; TURLEY et al., 1993).

2.3 Gasto Energético em Repouso (GER) e Taxa Metabólica em Repouso (TMR)

Ocorrem algumas controvérsias na literatura sobre a distinção entre o GER e o GEB (DA ROCHA et al., 2005) e em alguns casos, os termos são usados alternadamente. Semelhante à GEB, o GER é o maior componente do GET em adultos sedentários saudáveis e representa a energia necessária para manter a função do sistema e temperatura corporal (BANNING, 2005). Embora ambos representem a taxa metabólica de participantes em repouso e jejum, o protocolo do GER, quando comparado ao GEB (SCHNEIDER e MEYER, 2005), necessita de menor tempo de descanso e jejum, com no mínimo 30 minutos de repouso e 4 horas de jejum. Embora tais diferenças tornem a medição do GER mais acessível, alguns autores relatam que a TMR pode ser de 3-20% maior que a TMB (MILLER et al., 2013; PORTER e COHEN, 1996) (MILLER et al, 2013; PORTER & COHEN, 1996; IOM, 2005).

2.4 Gasto Energético Basal vs Gasto Energético de Repouso

A literatura é escassa em termos de comparação entre o GEB e o GER. Não foram encontrados estudos na literatura que tenham realizado tal abordagem com os mesmos sujeitos. Aparentemente, Porter et al. (1996), foram os primeiros a especularem a existência de tal diferença, sem no entanto realizarem estudos experimentais com este objetivo ou referenciarem autores que tenham realizado esta abordagem. No artigo supracitado os autores indicam haver diferença de 10% entre GEB e o GER, atribuída ao efeito da termogênese dos alimentos e da atividade física recente. Estes motivos também foram utilizados pelo *Institute of Medice of The National Academies* (INSTITUTE OF MEDICINE, 2005), porém com diferença entre 10 a 20%. Na sequência dessas publicações, pesquisadores (LUSTOSA et al., 2013; MILLER et al., 2013; VOLP et al., 2011) referenciaram os autores supracitados (INSTITUTE OF MEDICINE, 2005; PORTER e COHEN, 1996) e outros (FRANKENFIELD et al., 2005; PIERS et al., 1997; RODRIGUES et al., 2008; WAHRLICH e ANJOS, 2001; WAHRLICH et al., 2007), com a intenção de afirmar a existência das diferenças entre GEB e GER, que passara a ser de 3 a 20%. Entretanto, nenhum dos autores realizou tal comparação. Em seus trabalhos, citam uns aos outros, criando uma cascata de citações sem fundamento experimental, apenas se baseando na premissa que pelo tempo de jejum e descanso ser menor, a taxa metabólica será maior.

Considera-se que este tema é controverso e merece maior investigação, pois alguns autores consideram que GEB e GER geram valores semelhantes, enquanto outros consideram que sejam diferentes. Desta forma, utilizar-se-á GEB para se referir ao gasto em repouso ou basal.

2.5 Fatores que influenciam no GEB

Ocorre variabilidade nos resultados quando analisado o valor do GEB em diferentes populações, o que permite a indicação das variáveis mais influentes sobre o GEB, auxiliando o desenvolvimento de futuras equações específicas para as populações estudadas.

O GEB pode sofrer variações devido a diferenças na massa e composição corporal, idade, crescimento, maturação sexual, NAF e outras. Além destes fatores, temos diversos componentes celulares que influenciam no gasto energético. A renovação (*turnover*) de compostos celulares e o transporte ativo de sódio, potássio e cálcio são responsáveis por 20-25% (SCHUTZ et al., 1999)e 25-35% (FLODMARK et al., 1992; HAWKINS et al., 1984), respectivamente, do gasto celular. Tais eventos metabólicos

estão sujeitos à regulação hormonal através de catecolaminas, hormônios tiroidianos, insulina, GH, IGF1 e testosterona (KIORTSIS et al., 1999; REINEHR e ANDLER, 2002).

2.5.1 **Composição Corporal**

A literatura apresenta de forma consensual que as principais variações no GEB podem ser explicadas pelas medidas dos componentes corporais. Dentre estas medidas se destacam a massa corporal, estatura, massa gorda, massa magra e órgãos.

A massa corporal total (MCT) possui elevada correlação em todos os estudos publicados, porém representa diversos compartimentos com gastos diferentes entre eles. Destes compartimentos a massa livre de gordura (MLG) é o mais ativo energeticamente (JOHNSTONE e MURISON, 2005; OSHIMA et al., 2011).

No entanto, a MLG não é um compartimento energicamente homogêneo, consistindo de uma variedade de componentes geradores de calor (ELIA, 1992). A taxa metabólica de órgãos internos pode variar substancialmente. Por exemplo, Wang et al. (2005) mostram que fígado, cérebro, coração e rim têm taxas metabólicas de 200, 240, 440 e 440 kcal/kg/d, respectivamente, em comparação com o tecido adiposo (4,5 kcal/kg/d). Mesmo o músculo esquelético, que é considerado geralmente um tecido metabolicamente ativo, tem taxa de apenas 13 kcal/kg/d, em repouso. Coletivamente, o cérebro, fígado, coração e rins utilizam 60–70% do GEB nos adultos, apesar da sua massa corporal combinados não ultrapassarem 6% da MCT. Por outro lado, o músculo esquelético representa 40–50% do MCT e apenas 20–30% do GEB (ELIA, 1992; GALLAGHER et al., 1998; GRANDE, 1980).

Oshima et al. (2013) verificou em atletas masculinos, que o músculo esquelético era responsável por 24,8±1,8%, fígado por 18,7±2,1%, cérebro por 18,1±2,1%, coração por 7,3±1,2% e rins por 9,4±1,8% do GEB.

O grupo coordenado por Higuchi (OSHIMA et al., 2011; TAGUCHI et al., 2011), em uma abordagem mais ampla, estratificaram a massa corporal de atletas em quatro compartimentos: massa residual, músculo esquelético, tecido adiposo e massa óssea de 93 mulheres e 57 homens. Em ambos a massa residual foi responsável por 72% do gasto energético e o músculo esquelético por 22%, em média. O tecido adiposo obteve 5% e o tecido ósseo menos de 1%.

Sabe-se que o GEB por quilograma de MCT ou MLG varia ao longo da vida (BOSY-WESTPHAL et al., 2003; MANINI, 2010), sendo bem estabelecido que o GEB diminui com o avanço da idade entre 1-2% por década no adulto (ELIA, 1992; KEYS et

al., 1973). Este declínio progressivo do GEB é provavelmente devido à redução, relacionada com a idade, da massa de tecidos metabolicamente ativos (GALLAGHER et al., 2006; HE et al., 2009).

2.5.2 **Idade**

Os primeiros a investigar o GE nos seres humanos em diversas idades foram Magnus-Levy e Falk, em 1899. Estes resultados foram subsequentemente usados por Aub e Du Bois (1917) para desenhar uma curva estilizada do nível médio de metabolismo em várias idades (Figura 2).

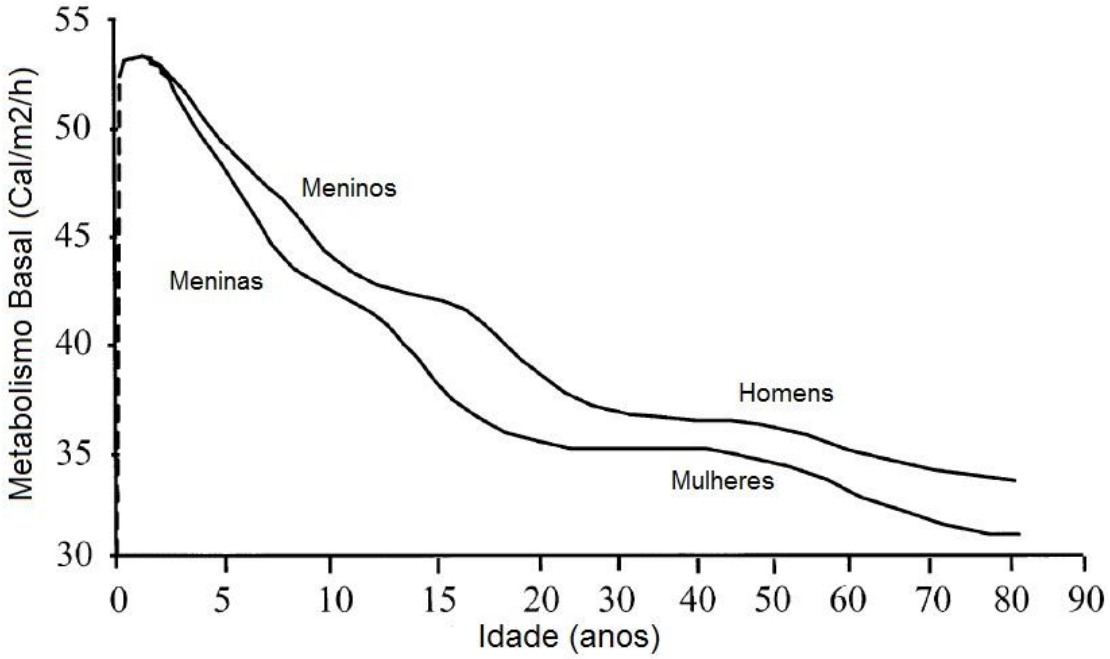

Figura 2 - Metabolismo basal nas diferentes idades ao longo da vida. Fonte: Adaptado de Henry, 2000.

Em diversos modelos de previsão, avaliados por diferentes autores, houve relação inversa entre idade e GEB (HASSON et al., 2011; LAZZER et al., 2010; MANINI, 2010). A redução do GEB, relacionado à idade, ocorre tanto quando a massa corporal permanece estável em relação ao mesmo período de tempo (HARRIS e BENEDICT, 1918), quando ajustado por MCT (PIERS et al., 1998; WANG et al., 2005). Gallagher (1998; 2000) foi um dos primeiros a estudar o declínio do GEB relacionado à idade em indivíduos com massa corporal normal por meio da aplicação de um modelo de predição de GEB com base em sete componentes corporais. Subsequentemente, Wang et al. (2005; 2007), confirmou que o declínio na massa e da fração celular de órgãos e tecidos pode ser responsável pelo GEB menor em idosos.

Pesquisas que desenvolveram equações preditivas baseadas nas taxas metabólicas dos principais órgãos em jovens adultos, quando utilizadas em idosos superestimavam o GEB na comparação estabelecida com a CI (GALLAGHER et al., 2000; MANINI, 2010; WANG et al., 2005). Isto porque os tecidos ativos ao longo dos anos possuem taxa metabólica menor (KREMS et al., 2005) e/ou ocorre redução de seu tamanho e expansão dos compartimentos extracelulares (HE et al., 2009; WAKABAYASHI et al., 2002).

Em resumo, as mudanças na taxa metabólica específica de tecidos, relacionadas à idade, parecem estar pautados na diminuição da fração celular de MLG, na atividade Na^+-K^+-ATPase e nas taxas de síntese de proteínas (WANG et al., 2005). Na Figura 3 estão ilustrados os fatores que podem influenciar a diminuição observada na TMB.

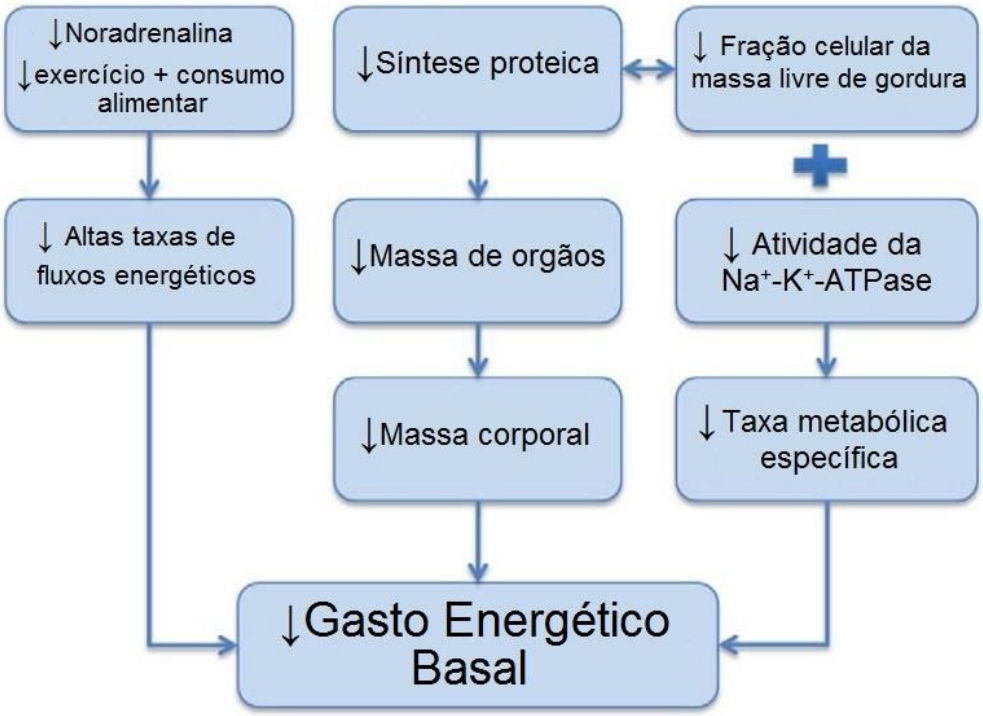

Figura 3 - Fatores influenciadores no metabolismo basal. Fonte: Adaptado de Manini (2010).

2.5.3 Influência do Crescimento e Maturação Sexual no Gasto Energético

Wang et al. (2010) investigaram se os resultados eram iguais entre crianças e adolescentes. Aplicando testes de concordância entre a CI e a equação criada baseada no gasto através dos órgãos (ELIA, 1992; WANG et al., 2005) observaram que o gasto energético basal havia sido subestimado pelo modelo matemático. Devido ao fato do modelo considerar a taxa metabólica de cada tecido para sua manutenção, concluíram que tal diferença provavelmente era oriunda das modificações durante o crescimento,

denominando-a de GE de crescimento. Basearam-se nos achados de Fidanza (1991) e Heird (1999), no qual o custo energético de crescimento tem dois componentes, sendo um deles a energia utilizada para sintetizar novos tecidos (crescimento) e o outro a energia depositada nos tecidos recém-adquiridos (manutenção).

O mesmo grupo, trabalhando com dados de diversas publicações, estratificou o GEB por idade, sexo e relacionou com a MCT estabelecendo a razão GEB/Kg/dia ao longo dos anos de vida. Além do GEB, os autores demonstraram que as taxas metabólicas do cérebro, coração e restante dos órgãos, por grupo de idade, reduzem ao longo da vida. Tais achados sugerem que o maior GE durante a infância é devido às modificações que ocorrem no corpo durante o crescimento e síntese de novos tecidos.

Outra justificativa desta necessidade energética elevada é devido ao fato da relação Massa de órgãos/MCT ser maior na infância do que em adultos (14,5% no primeiro ano de vida contra 5,5% no início da vida adulta). No entanto, esta relação diminui significativamente durante o crescimento, atingindo o nível de GEB de adulto na adolescência tardia (WANG, 2012).

Para classificar o crescimento fisiológico das crianças e adolescentes, Tanner (1962) criou a escala de maturação sexual com cinco estágios. Cada um destes estágios é referente ao desenvolvimento das características sexuais e corporais ao longo dos anos.

Entre os adolescentes sugere-se que as necessidades nutricionais estão mais relacionadas com a idade fisiológica do que com a cronológica (COLLI e SILVA, 2002). Dessa forma, a idade cronológica não pode ser considerada parâmetro exclusivo do estado de maturação sexual dos adolescentes (COLLI e SILVA, 2002; VITALLE, 2000).

Bandini et al. (2002), ao investigar a relação entre maturação sexual e GEB em meninas que não haviam atingido a menarca, observaram que o gasto aumentou ao longo dos estágios 1, 2 e 3 de maturação sexual. No entanto, este aumento parece estar relacionado ao crescimento da massa corporal e estatura.

Avaliando o GEB em função da composição corporal, verificou-se correlação positiva fraca com a maturação, uma vez que durante o desenvolvimento pubertal existe diferença entre a contribuição dos órgãos metabolicamente ativos e da massa muscular (SUN et al., 2001).

Ao final da segunda infância, pequenos órgãos com altas taxas metabólicas encontram-se praticamente desenvolvidos, enquanto a massa muscular só vai ter seu

pico de crescimento na adolescência (BAXTER-JONES et al., 2005). Portanto, a maturação proposta como indicativo do desenvolvimento funcional da MM não parece ter influência nos valores encontrados para TMR (MOLNÁR et al, 1995).

2.5.4 **Atividade Física**

Devido ao potencial aumento de GE diário que pode ser derivado de uma elevação no GEB, tem sido dada considerável atenção aos efeitos do treinamento físico nesta condição por implicar significativamente no controle de massa corporal. (POTTEIGER et al., 2008).

Não há consenso na literatura quanto à influência da atividade física no GEB, tendo sido demonstrado que o treinamento físico aumentou o GEB (POTTEIGER et al., 2008; TOTH e POEHLMAN, 1995; WHATLEY et al., 1994), não alterou (KEYTEL et al., 2001; VOLPE et al., 2001; WILMORE et al., 1998) ou diminuiu ligeiramente (SANTA-CLARA et al., 2006; BYRNE e WILMORE, 2001).

O possível aumento da MLG decorrente do exercício físico provoca mudanças no GEB e, por isso, deve ser considerado como fator fundamental neste contexto. Há, porém, outros fatores que podem causar este aumento após o treinamento físico, com ou sem perda de massa corporal. Dentre eles, podem ser citados o aumento da síntese proteica, as concentrações dos hormônios metabólicos (catecolaminas, cortisol, GH, T3/T4), a atividade de várias reações enzimáticas e sistemas de transporte (BALLOR e POEHLMAN, 1992; DOLEZAL e POTTEIGER, 1998; POTTEIGER et al., 2008).

2.6 **Gasto Energético na Atividade Física**

A atividade física é o segundo fator de variação do GET, sendo definida como qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que resulta em gasto energético (CASPERSEN et al., 1985). Há um grande número de técnicas para a avaliação da atividade física desde a observação comportamental e autorrelato até sensores de movimento. O critério de aceitação para validar técnicas de estimativa de atividade física habitual, com base na definição de atividade física, é a CI (WESTERTERP, 2013). Como tal, o método da água duplamente marcada tornou-se o padrão-ouro para a validação de métodos de campo para avaliar atividade física (SCAGLIUSI e LANCHA JÚNIOR, 2005). O método da água duplamente marcada, aplicada em humanos desde 1982, é fundamental para a medição do gasto de energia da atividade física e para o estudo dos fatores determinantes do GE. Nas equações preditivas, a atividade física é mensurada pelo NAF, um fator multiplicador do GEB, que

possui escala de 1.2 (nível de sobrevivência) até 4,7 (extremamente intensa). Excluindo outros fatores, o GET é a multiplicação entre GEB e NAF (FAO et al., 2004).

2.7 Termogênese Induzida pela Dieta (TID)

É o componente do requerimento energético relacionado com a energia necessária para a digestão, absorção, uso e armazenamento de nutrientes, após a ingestão de alimentos (SHETTY, 2005). Representa de 5% a 15% do GET e desempenha papel importante na regulação do balanço energético e da massa corporal (SHETTY, 2005; WISKIN et al., 2011). O efeito térmico dos alimentos varia de acordo com o tipo de macronutrientes ingeridos, a saber: 1-3% para os lipídios, 5-10% carboidratos e 20-30% proteínas (SHETTY, 2005). TID é mais elevada para as proteínas devido a maior necessidade de energia (ATPs) na síntese de aminoácidos pós-prandial, com o dispêndio de 0,75 kcal/g de proteína sintetizada (OLIVEIRA et al., 2008; WISKIN et al., 2011).

TID pode ser dividida em duas fases distintas; a cefálica e a gastrointestinal. A primeira está relacionada à ação do sistema nervoso simpático, que é ativado por propriedades sensoriais dos alimentos, enquanto a segunda é caracterizada pelo consumo de ATP durante a absorção e utilização de nutrientes (HAUGEN et al., 2007). Existem alguns fatores que podem influenciar e modular a TID, como a composição e consistência da dieta (RODRIGUEZ et al., 2009; SALLY et al., 2013), composição corporal do indivíduo e sistema hormonal (SHETTY, 2005).

2.8 Métodos de Mensuração do Gasto Energético

2.8.1 Calorimetria Direta (CD)

A CD mede o gasto energético pela taxa em que o calor é desprendido do corpo para o ambiente. O calor desprendido é transferido ao ambiente por meios de não evaporação (radiação, convecção, condução) e por meio da evaporação da água (FETT et al., 2006). O total de perda de calor é estimado pela soma dos componentes evaporativos e não evaporativos no ambiente (SCHUTZ et al., 1999). A desvantagem é que as taxas de oxidação de substratos energéticos não podem ser determinadas por CD (FRANKENFIELD et al., 2005). Além disso, embora este seja considerado o método “padrão-ouro” de medida de GE, poucos laboratórios utilizam a CD rotineiramente para determinar esta variável em seres humanos (MELO et al., 2008)

2.8.2 **Calorimetria Indireta (CI)**

Calorimetria indireta respiratória, ou apenas CI, é um método não invasivo e muito preciso. Tem alta reprodutibilidade é considerado método de referência. Este método permite estimar a TMB/TMR, além de identificar quais substratos energéticos são predominantemente metabolizados pelo corpo, no momento da análise, pelo coeficiente de respiração (RQ) (SCHNEIDER e MEYER, 2005).

Baseia-se na medida indireta do calor dispendido pela oxidação de nutrientes, o que é avaliado por monitorização do consumo de oxigénio (O2) e de produção de dióxido de carbono (CO2) durante um determinado período de tempo (MARSON et al., 2004). O calorímetro tem um coletor de gás que se adapta ao indivíduo, uma campânula e um sistema que mede o volume e as concentrações de O2 e CO2 por minuto (SCHNEIDER e MEYER, 2005; SCHUTZ, 1995). Por meio de uma válvula unidirecional localizado no capacete, o calorímetro coleta e quantifica o volume e a concentração de O2 inspirado e de CO2 expirado. Após a análise dos gases, a TMB/TMR é calculada pela fórmula Weir (1949) e os resultados são exibidos em um software conectado ao sistema (SCHUTZ, 1995).

2.8.3 **Água duplamente Marcada (ADM)**

O ADM é um método exato e preciso para medir o GET sem confinamento, mudança de rotina, além de permitir avaliar o gasto por dias ou semanas. É considerado seguro porque usa o Deutério^{2}H (H2) e Oxigênio^{-18}(O18), elementos não radioativos que são encontrados naturalmente no corpo humano. A precisão ADM é 97-99% em comparação com CI e considerada padrão ouro (SCAGLIUSI e LANCHA JÚNIOR, 2005).

Este método baseia-se no princípio de diluição isotópica. O participante ingere os elementos em uma concentração e volume determinados (C1 e V1) que se difundem através do fluido corporal (o novo volume (V2) e a nova concentração (C2) podem ser calculado pela fórmula C1 x V1 = C2 x V2) (SANCHO MARTÍNEZ et al., 2008). Assim, o método ADM considera que o volume de renovação (*turnover*) de O_2 é determinado pelo fluxo de água do corpo e pela respiração (O_2 inspirado e CO_2 expirado) enquanto que o *turnover* de H2 é determinado exclusivamente pelo fluxo de água através do corpo (SPEAKMAN, 1998).

Para medir o total de água no corpo, um volume e concentração pré-estabelecido de H2 e O18 isótopo é administrado por via oral, o qual se difunde através do corpo ao longo de 2 a 6 horas. À medida que a energia é gasta pelo corpo, CO2 e água são produzidos. O CO2 é eliminado pelos pulmões e a água por pulmões, pele e urina

(MATTHEWS e GILKER, 1995). A taxa de desaparecimento de H2 e O18 é determinada medindo várias vezes a sua concentração em fluidos corporais (saliva, urina ou no sangue). A diferença entre a taxa de desaparecimento dos dois isótopos é usada para estimar a taxa de produção de CO2 e, assim, determinar o GE, com base na equação de Weir (1949).

Muitos estudos têm utilizado ADM para validar outros métodos (ARCHER et al., 2013; BANDINI et al., 2013; BUTTE et al., 2010). No entanto, este método é dispendioso, requer equipamentos sofisticados e indivíduos treinados. Além disso, não fornece informações de atividade física realizada e oxidação de substratos (PAUL et al., 2004).

2.8.4 **Equações Preditivas**

A necessidade do conhecimento do GE e de seus componentes é muito importante para determinar as necessidades energéticas dos seres humanos. Devido ao alto custo e complexidade dos métodos de análise, foram desenvolvidas as equações preditivas com variáveis baseadas em variáveis corporais de fácil mensuração como idade, massa corporal e altura. Desde então, diversos estudos foram feitos para determinar as necessidades nutricionais das populações. Apesar de algumas equações serem utilizadas em diversos países, autores têm demonstrado que estas fornecem estimativas elevadas ou reduzidas quando utilizadas em diferentes grupos étnicos e/ou populações diferenciadas dos estudos originais (CAMPBELL et al., 2005; COMPHER et al., 2004; DE LORENZO et al., 2001; MILLER et al., 2005; MILLER et al., 2013).

2.8.4.1 ***Equações Preditivas em Adolescentes***

Os estudos calorimétricos, a partir do século XX, direcionam seu foco para a consolidação das medidas próprias ao diagnóstico funcional da glândula tireoide. Francis G. Benedict e seu grupo Instituto de Carnegie, Boston/EUA, destacaram-se neste período, devido ao empenho em demonstrar a TMR de recém nascidos até idosos.

Contudo, a primeira equação para a estimativa da TMR foi desenvolvida por Harris e Benedict (1919), correlacionando os valores das medidas antropométricas com as da TMR em todas as faixas etárias, incluindo noventa e quatro adolescentes, resultando em uma das equações mais difundidas mundialmente (SCHNEIDER e MEYER, 2005) e mais estudada no Brasil (RODRIGUES et al., 2010).

Por demanda da *United Nations Food and Agriculture Organization Advisory Committe on Nutrition,* Quenouille et al (1951) sugeriram que as necessidades calóricas de grupos populacionais poderiam se melhor estimadas a partir da multiplicação dos

dados do metabolismo de repouso por fatores correspondentes de diferentes NAF. Desta forma, aumentou-se o interesse na CI direcionada às necessidades energéticas, especialmente em enfermos (SCHNEIDER e MEYER, 2005).

Porém, este procedimento não foi levado em consideração pelos Comitês da WHO/FAO/UNU até 1981, quando novamente é sugerido o cálculo do GET como múltiplos do GEB, passando a ser difundido como a melhor ferramenta a ser utilizada diante da impossibilidade do uso de equipamentos de calorimetria.

Paralelamente, Cunningham (1985), encontrou resultados diferentes em sua prática e indagou o motivo da MLG não ter sido considerada nas equações, visto que o tecido muscular é metabolicamente ativo. Para avaliar esta variável, realizou estudo com 223 adultos saudáveis e semelhantes ao perfil populacional estudado por Harris e Benedict, porém nenhum adolescente foi avaliado. Deste total, 16 homens foram excluídos por serem atletas e possuírem proporção de MM diferente da população estudada.

Em contrapartida, a base de dados utilizada pelo Comitê de *experts* da WHO de 1973 é questionada por Schofield (1985) como suporte para o desenvolvimento das equações propostas em 1981, recomendando um exame mais apurado cientificamente dos dados. Assim, desenvolveu suas pesquisas baseadas em dados de 7.549 sujeitos norte americanos e europeus, sendo que destes 734 eram meninos e 575 eram meninas entre 10 e 17 anos.

Os trabalhos de Schofield (1985) foram expandidos para 11.000 medidas retiradas da literatura e, a partir dos mesmos, a FAO/WHO/UNU (1985) desenvolveu outras equações para estimar o GEB. Entretanto, não há menção quanto à quantidade de adolescentes que fizeram parte do estudo publicado pelo Comitê de experts da WHO/FAO/UNU do ano 1985.

Em estudo de revisão realizado por Henry e Rees (1991) indicou que o GEB em populações europeias e norte americanas, utilizadas na maioria das pesquisas estabelecidas, era distinta das encontradas em pessoas que viviam nos trópicos. Após tal conclusão desenvolveram equações para esta população, incluindo 642 medidas de adolescentes, de ambos os gêneros.

2.9 Adolescência

A adolescência, período de crescimento e desenvolvimento humano que ocorre entre 10 e 19,9 anos de idade, é caracterizada pelo contínuo processo de transição entre a infância e a vida adulta, com mudanças somáticas, psicológicas e sociais. Nesse período, ocorre um aumento de quase todos os órgãos e segmentos corporais, com ganho de significativos de estatura e massa corporal (WHO, 1995). Em meninos a massa muscular duplica e a massa gorda apresenta discreto aumento ou até mesmo declínio, enquanto nas meninas o aumento é de 50% na massa muscular e de até duas vezes na massa gorda (EISSA et al., 2009; LOOMBA-ALBRECHT e STYNE, 2009; SIERVOGEL et al., 2003).

O início da adolescência é marcado pela puberdade, processo fisiológico de maturação hormonal e crescimento somático que torna o organismo apto para a reprodução. Na puberdade, surgem e se desenvolvem os sinais mais precoces das características sexuais secundárias, e esta fase se prolonga até que as alterações morfológicas e fisiológicas se aproximem do estágio adulto (WHO, 1995). A idade de início ou término, magnitude e velocidade de tais mudanças são altamente dinâmicas e podem variar entre os indivíduos, em ambos os sexos, independente da etnia, e do meio ambiente onde vive o adolescente (COLLI, 2002).

As necessidades nutricionais durante a adolescência apresentam maior relação com a idade fisiológica do que com a cronológica, sendo diretamente proporcionais à velocidade de crescimento e às mudanças da composição corporal (COLLI, 1986). Dessa maneira, o emprego isolado da idade cronológica não deve ser utilizado como um indicador do estado de desenvolvimento do adolescente, já que indivíduos com a mesma idade podem estar em diferentes etapas de maturação sexual (COLLI e SILVA, 2002; VITALLE, 2000).

O estágio da maturação sexual passa a ser, nesse momento da vida, o indicador relevante tanto para o diagnóstico, como para o prognóstico das condições relacionadas ao estado nutricional. Sua avaliação pode ser feita segundo o critério de Tanner (1962), que divide a adolescência em cinco fases, se iniciando do estágio pré-pubertário (estágio 1), passando pela puberdade (dos estágios 2 a 4), e finalizando com o estágio pós-pubertário (estágio 5). A definição é feita com base nos estágios de desenvolvimento do adolescente para pelos pubianos, em ambos os sexos (P1, P2, P3, P4 e P5), desenvolvimento de mamas para as meninas (M1, M2, M3, M4 e M5) e de genitálias para os meninos (G1, G2, G3, G4 e G5).

É importante ressaltar, contudo, que as técnicas e critérios empregados na avaliação do desenvolvimento e maturação sexual do adolescente podem exercer influência sobre o diagnóstico e a definição do estágio de maturação sexual, prejudicando a comparabilidade das investigações e podendo influenciar as associações. Na pesquisa conduzida por Silva et al. (2007), a avaliação foi realizada por médico treinado, ao invés do método de autoavaliação considerado um procedimento validado mais prático e viável comumente empregado em estudos epidemiológicos (FRUTUOSO et al., 2003; IULIANO et al., 2004; MARIATH et al., 2006). Outro aspecto importante é o estágio de maturação considerado na análise de dados, uma vez que cada adolescente fornece dois indicadores (mama e pelos nas meninas; genitália e pelos nos meninos). Frutuoso et al. (2003) estabeleceram um escore de maturação sexual para cada adolescente, calculado pela média entre os estágios de desenvolvimento das mamas e pelos pubianos para as meninas e genitais e pelos pubianos para os meninos, uma vez que a maioria dos adolescentes não apresentou divergência entre os estágios dos dois indicadores de desenvolvimento sexual avaliados. Por outro lado, Iuliano et al. (2004) e Mariath et al. (2006), utilizaram como critério o menor estágio assinalado pelo adolescente entre os dois indicadores avaliados para cada sexo.

No período que antecede a puberdade (M1 e G1) e particularmente em meninos, no início da puberdade (G2), se observa o aumento do percentual de gordura, que servirá como reserva para o crescimento (CHIPKEVITHC, 1995). Já durante a puberdade ocorre alteração no padrão de secreção hormonal que desencadeia a secreção dos esteroides sexuais, predominantemente, a testosterona no menino e o estradiol nas meninas, responsáveis pelas modificações morfológicas do período puberal. Essas modificações morfológicas se iniciam pelo desenvolvimento das gônadas (ovários e testículos), dos órgãos sexuais e aparecimento das características sexuais secundárias. Na sequência ocorre a aceleração da velocidade de crescimento (também chamado de estirão puberal). Nesta fase, de acordo com o estágio de Tanner (G3 nos meninos ou M2 nas meninas), a velocidade de ganho de gordura corporal diminui, aumentando o ganho da massa muscular e óssea, refletindo o ganho de massa corporal do adolescente nesse período e aumento das necessidades nutricionais (CHIPKEVITHC, 1995; SAITO e SILVA, 2001; SIERVOGEL et al., 2003). Por fim, ocorre a menarca em meninas e espermarca em meninos, e a fusão das epífises ósseas com a parada do crescimento (SIERVOGEL et al., 2003).

Durante a puberdade ocorre aumento da capacidade física, resultante do desenvolvimento do coração, pulmões, fígado, baço, pâncreas, rins, tireoide,

suprarrenais, gônadas, com um pequeno aumento no sistema nervoso central (SAITO e SILVA, 2001). Frente às intensas modificações ocorridas na puberdade, em ambos os sexos, torna-se necessária à análise das práticas nutricionais conduzidas nesta fase, visto que segundo Bachrach (2005) este é um período importante para a construção de hábitos alimentares e adoção de estilo de vida saudável na vida adulta.

2.9.1 **Necessidades Energéticas na Adolescência**

Segundo Thompson (1998), os atletas adolescentes apresentam necessidades energéticas diferentes daquelas recomendadas para adultos. Nesta fase de crescimento grande importância é conferida, não somente ao valor calórico, mas também aos nutrientes, como proteína, ferro, cálcio, zinco e vitaminas A e C (ALMEIDA e SOARES, 2003). Entretanto, constata-se que em geral, os hábitos alimentares de adolescentes são frequentemente inadequados: substituem refeições por lanches de baixo valor nutritivo (FEIJÓ et al., 1997), ingerem quantidades insuficientes de leite e derivados, frutas, hortaliças (COSTA et al., 2004; LEAL et al., 2010) e quantidade demasiada de alimentos de alta densidade energética, ricos em sódio e açúcares, como os refrigerantes e os *"fast foods"* (ANDRADE et al., 2003; CARMO et al., 2006; CARVALHO et al., 2001; LEAL et al., 2010; LEVY et al., 2010; TORAL et al., 2007). De acordo com Estima et al. (2009), adolescentes com padrões insatisfatórios de consumo de refeições apresentam maior risco ao sobrepeso ou obesidade.

No Brasil, esta é a faixa etária em que se observa o menor consumo de alimentos como leguminosas, frutas, vegetais verde-escuros e alaranjados, enquanto o consumo de biscoitos recheados, refrigerantes e salgadinhos é elevado, e supera o de adultos e idosos (IBGE, 2011).

As carências nutricionais na adolescência podem ser resultantes de práticas alimentares inadequadas, que se fazem presentes entre os jovens devido a diversas mudanças comportamentais, tais como busca crescente de autonomia e independência, alterações psicológicas, definição da própria identidade, influência de amigos, rebeldia contra padrões familiares, demandas escolares e de trabalho, pressões e modificação das preferências alimentares (EISENSTEIN et al). Outros fatores também podem prejudicar a alimentação do adolescente, tais como o nível socioeconômico, os conflitos psicossociais e familiares que se manifestam durante as refeições, a falta de horário e tempo para o preparo e consumo de alimentos adequados, o abandono e a omissão de pais ou familiares envolvidos em atividades para garantir o sustento da família (EISENSTEIN et al., 2000; GARCIA et al., 2003).

Além dos fatores descritos, frequentemente se observa a prática de dietas para emagrecimento, muitas vezes decorrentes de distorção da imagem corporal e influência da mídia, e mesmo com aumento de apetite decorrente das elevadas necessidades nutricionais, nem sempre o adolescente seleciona os alimentos mais adequados as suas necessidades nutricionais (BASSLER et al., 1999). Assim, o constante monitoramento do consumo alimentar de adolescentes é fundamental como forma de prevenir as carências nutricionais, especialmente quando este estiver envolvido com a prática regular de exercícios físicos.

2.9.2 **O Atleta adolescente**

A alimentação adequada, em conjunto com a prática regular de exercícios físicos na adolescência, são fundamentais para o ótimo crescimento e desenvolvimento, assim como para a promoção da saúde (IGLESIAS-GUTIERREZ et al., 2008). Para que isto possa ocorrer os requerimentos de energia e nutrientes de atletas adolescentes precisam estar aumentados para que consiga suprir a demanda energética gerada pela prática regular da atividade física (IGLESIAS-GUTIERREZ et al., 2008; ROEMMICH et al., 2001). Em casos de deficiência nutricional pode haver alterações no crescimento, na maturação sexual e no desempenho físico.

A prática de esportes entre as crianças e adolescentes tem sido estimulada para garantir grau satisfatório de atividade física e prevenir doenças decorrentes do sedentarismo. Para manter a saúde, prevenir lesões e beneficiar o crescimento, assim como o desempenho físico, as crianças e adolescentes precisam consumir uma dieta adequada (PETRIE et al., 2004). Entretanto, muitas vezes a alimentação nesta faixa etária não segue as recomendações nutricionais esportivas, o que pode prejudicar o crescimento e a maturação, causar amenorreia, redução da densidade mineral óssea e culminar com o surgimento de transtornos alimentares (MEYER e PERRONE, 2008).

A disponibilidade de informações sobre as necessidades nutricionais e fisiológicas de crianças que participam de atividade física regular é limitada. Estima-se que o gasto energético na caminhada e na corrida sejam 30% mais elevado do que nos adultos (KRAHENBUHL e WILLIAMS, 1992). Além disso, devido à falta de informações não fica claro se as crianças e adolescentes que praticam esportes necessitam de um acréscimo de macronutrientes assim como ocorre com os adultos (MEYER e PERRONE, 2008). Sabe-se basicamente que as reservas de glicogênio são mais baixas nas crianças do que nos adultos e que as enzimas envolvidas no metabolismo glicolítico não estão inteiramente desenvolvidas (MONTFORT-STEIGER e WILLIAMS, 2007). Além disso, crianças e adolescentes parecem oxidar relativamente mais gordura do que carboidratos,

quando comparadas com adultos durante o exercício (MONTFORT-STEIGER e WILLIAMS, 2007) e apresentar menor tolerância à hipertermia, uma vez que podem transpirar 2,5 vezes menos, devido a distintos mecanismos de dissipação do calor, em comparação com adultos (COTUGNA et al., 2005; MONTFORT-STEIGER e WILLIAMS, 2007; PERRONE e MEYER, 2011).

O decréscimo de 1% da massa corporal induzido pela transpiração decorrente da prática de exercícios físicos parece comprometer o desempenho de *endurance* em crianças (WILK et al., 2002). Desta forma, a desidratação reduz o desempenho por afetar o sistema cardiovascular, a termorregulação, e a fadiga central (percepção de esforço). Não está claro em qual grau de desidratação o desempenho de *endurance* em adolescentes seria prejudicado, mas possivelmente estes devam seguir as mesmas orientações destinadas à população adulta (PETRIE et al., 2004).

O atendimento das necessidades calóricas deveria ser prioridade nutricional para atletas, uma vez que o balanço energético negativo compromete o crescimento e desempenho e invalida os benefícios do treinamento físico. Quando ocorre ingestão limitada de energia, não somente o tecido gorduroso é utilizado como fonte de energia, mas também pode haver perda de massa magra (ADA et al., 2009), uma vez que proteínas corporais seriam utilizadas como substrato energético ao invés de serem substratos para síntese tecidual (PETRIE et al., 2004). A redução da massa magra resulta na diminuição da força e resistências físicas, assim como compromete as funções imunológica, endócrina e musculoesquelética. Além disso, muitas vezes a carência calórica está associada com deficiências nutricionais que podem gerar disfunções metabólicas e/ou prejuízo na recuperação muscular (ADA et al., 2009; COTUGNA et al., 2005).

Informações precisas a respeito da adequada alimentação deveriam ser propagadas para que atletas pudessem optar por alimentos saudáveis. Entretanto, segundo Cotugna et al. (2005) jovens atletas e seus responsáveis muitas vezes estão mal informados ou têm ideias erradas sobre nutrição esportiva, apesar de demonstrarem amplo interesse pelo assunto. A desinformação já havia sido considerada por outros autores como possível responsável por equivocadas escolhas as quais poderiam afetar negativamente seus desempenhos físicos (JACOBSON et al., 2001; ROSENBLOOM et al., 2002).

Jacobson et al. (2001) relataram que 330 atletas universitários apresentavam pouco ou nenhum conhecimento a respeito da nutrição adequada, tendo em vista as

fontes de conhecimento mais consultadas: treinadores (19%), coordenadores de equipe (13%), revistas (10%), familiares (5,5%) e amigos (4%). Além disso, os autores sugeriram que as meninas seriam mais receptivas à obtenção de informações transmitidas por um nutricionista e que jovens atletas que estejam recebendo informação nutricional qualificada seriam mais capazes de responder assertivamente a questões referentes à importância da nutrição e o papel desempenhado por cada nutriente.

2.10 Pentatlo Moderno

O pentatlo moderno é um esporte olímpico praticado por homens e mulheres, individualmente ou em equipes, composto por cinco modalidades diferentes: hipismo, esgrima, natação, tiro esportivo e corrida (LE MEUR et al., 2012). O atleta que tiver o melhor desempenho e somar mais pontos em todas elas ganha a competição.

O esporte surgiu na Grécia Antiga em 708 a.C., tendo Lampis de Esparta como seu primeiro campeão. Era a modalidade mais nobre dos Jogos Olímpicos da Antiguidade, por premiar o atleta mais completo. Naquela época, as provas iniciais eram corrida, salto em distância, arremesso de disco e salto em altura. Então, os dois melhores colocados se enfrentavam em uma luta, e o vencedor ganhava não apenas o título, mas, também, prestígio na sociedade, passando a ser aclamado quase como um semideus.

No início do século XX, o Barão de Coubertin, fundador dos Jogos Olímpicos da Era Moderna, decidiu estimular a realização do pentatlo moderno e o esporte estreou nas Olimpíadas de 1912, em Estocolmo, Suécia. O evento para mulheres foi introduzido nos Jogos de Sydney em 2000.

O pentatlo moderno é praticado segundo categorias de acordo com a idade dos atletas (até 10 anos Jovem E; de 11 a 12 anos Jovem D; de 13 a 14 anos Jovem C; 15 a 16 anos Jovem B; 17 a 18 anos Jovem A; de 19 a 21 anos Júnior; 22 a 39 Sênior e acima de 40 anos Máster). Como é um esporte que exige do atleta um excelente preparo físico e técnico, as competições são realizadas de forma diferenciada por categoria. Os mais jovens competem o biatlo moderno, o qual engloba corrida e natação. Conforme o atleta vai crescendo, assim como sua forma física, técnica e sua experiência, o número de modalidades vai aumentando até chegar ao pentatlo moderno (Quadro 1) (BRASIL, 2012).

Quadro 1 - Características da competição de pentatlo moderno por categorias

Categoria	Características da competição
Jovem E8 (8 anos ou mais jovem)	Biatlo Moderno, nas seguintes distâncias: Natação – 50m e Corrida– 500m
Jovem E9 (9 anos)	Biatlo Moderno, nas seguintes distâncias: Natação – 50m e Corrida– 500m
Jovem E10 (10 anos)	Biatlo Moderno, nas seguintes distâncias: Natação – 50m e Corrida– 500m
Jovem D (11 e 12 anos)	Biatlo Moderno, nas seguintes distâncias: Natação – 100m e Corrida– 1000m
Jovem C (13 e 14 anos)	Biatlo Moderno (Natação e Corrida), nas seguintes distâncias: Natação – 100m e Corrida – 1000m
Jovem B (15 e 16 anos)	Triatlo Moderno (Tiro, Corrida e Natação), sendo que a prova de corrida será realizada na distância de 3 x 800m
Jovem A (17 e 18 anos)	Tetratlo Moderno (Tiro, Esgrima, Natação e Corrida) com as mesmas distâncias da categoria sênior.
Júnior (19 a 21 anos) e Sênior	**Pentatlo moderno** **1º)**Esgrima*(Espada);* **2º)**Natação: 200 metros livres; **3º)**Hipismo: *Concurso de saltos* - percurso de 350 a 450 metros, com 12 a 15 obstáculos. Os cavalos são fornecidos pela organização e atribuídos por sorteio a cada atleta 20 minutos antes da competição; **4º)**Evento Combinado (4 x 800m): consiste na junção do tiro esportivo com a corrida. O atleta parte da linha de chegada e corre cerca de 30 metros até o estande de tiro onde terá que executar 5 tiros certeiros no alvo em, no máximo, 50 segundos. Caso faça isso em menos tempo pode sair para correr a distância de 800 metros. Isso é feito 4 vezes, ou seja, são dados 40 tiros certeiros e percorridos 3200 metros correndo. Os atletas são escalonados de acordo com as pontuações adquiridas nos quatro eventos anteriores. Desta forma, quem ganha esta etapa será o vencedor.

Adaptado: www.pentatlo.org.br.

A Hungria, Suécia e a Rússia são as nações mais vitoriosas do esporte em Jogos Olímpicos. A única medalha olímpica do Brasil, da América Latina e do Hemisfério Sul no Pentatlo Moderno é um bronze conquistado por Yane Marques nas Olimpíadas de 2012, em Londres, Reino Unido, no ano em que o esporte completou 100 anos de programa olímpico (BRASIL, 2012).

O pentatlo moderno é disputado no Brasil desde 1922, mas durante muitos anos, a atividade ficou restrita ao âmbito das forças armadas. Foi apenas em 2001 que o esporte ganhou sua própria entidade com a fundação da Confederação Brasileira de

Pentatlo Moderno (CBPM). Atualmente, apenas cinco federações estão filiadas: Federação Gaúcha de Pentatlo Moderno (FGPM), Federação de Pentatlo Moderno do Distrito Federal (FPMDF), Federação Pernambucana de Pentatlo Moderno (FPEPM), Federação Paulista de Pentatlo Moderno (FPPM) e a Federação de Pentatlo Moderno do Estado do Rio de Janeiro (FPMERJ).

3 OBJETIVOS:

3.1 Objetivo Geral:

Analisar a concordância entre a calorimetria indireta e as equações preditivas de avaliação do gasto energético basal, em adolescentes brasileiros atletas de pentatlo moderno.

3.2 Objetivos Específicos:

- Avaliar a composição corporal dos atletas e o nível de maturação sexual;
- Analisar o gasto energético basal de atletas adolescentes de pentatlo por calorimetria indireta de toda a amostra e diferenciada por gênero;
- Avaliar a concordância entre o gasto energético basal, estimado com a Calorimetria Indireta, e as equações preditivas, na amostra inteira e dividida por gênero;
- Verificar a influência das variáveis massa corporal total, altura, composição corporal e idade dos atletas sobre o gasto energético basal aferido pela CI;

4 MÉTODOS

4.1 Sujeitos da pesquisa

A amostra do estudo transversal constituiu-se de 28 atletas, membros da Federação de Pentatlo Moderno do Rio de Janeiro – FPMRJ com idade entre 11 e 17 anos, sendo 17 do sexo masculino e 11 do feminino. Todos treinavam seis vezes na semana, com duração mínima de 3 horas por dia e praticavam o esporte há pelo menos um ano.

Três meses antes das avaliações os atletas foram orientados (sobre os critérios de exclusão) a não consumir/utilizar nenhuma substância ou alimento que fosse considerado termogênico, estimulante energético, inibidor de sono e/ou apetite e analgésicos.

A participação dos voluntários ocorreu mediante a assinatura de termo de consentimento dos mesmos e de um dos pais ou responsáveis. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro que emitiu parecer favorável à sua execução, sob o número 090/11.

4.2 Avaliação antropométrica e maturação sexual

As análises referentes à avaliação antropométrica e maturação sexual ocorreram: no Laboratório de Avaliação Nutricional (LANUTRI) do Instituto de Nutrição Josué de Castro – INJC/UFRJ e no Laboratório Interdisciplinar de Avaliação Nutricional (LAN) do Instituto de Nutrição – INU/UERJ.

4.2.1 Avaliação da massa corporal e estatura

Para avaliação da massa corporal, utilizou-se uma balança de equilíbrio da marca Filizola, com escala de 0,05kg. Estadiômetro, presente na balança, constituído por escala métrica com resolução de 1 mm foi utilizado para medir a estatura com o indivíduo de pé e descalço.

4.2.2 Avaliação da composição dos compartimentos corporais

O percentual de gordura corporal, massa magra, massa livre de gordura e massa gorda foram obtidos, 2 a 5 dias antes da CI, por meio do exame de Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), da marca GE-Healthcare, com o programa Encore 2008, versão 12.30.

O uso do DXA para determinar a composição corporal, do corpo todo e dos

seguimentos, aumentou ao longo da última década e é considerado um método padrão ouro. O teste ocorre durante cinco minutos, com o participante deitado em uma plataforma de digitalização, enquanto o detector com uma fonte de raios-X passa por cima dele de forma retilínea. A atenuação diferencial dos fótons de baixa e de alta energia do feixe permite a determinação das quantidades relativas de tecido ósseo mineral, massa livre de gordura e massa gorda em cada pixel da área de leitura. A exposição à radiação resultante a partir de uma análise de corpo inteiro é relativamente pequena (~ 0,3 μSv) e é menor do que a inevitável exposição diária a radiação (~ 2,0 μSv/24 h) tornando DXA adequada para a maioria das aplicações, incluindo testes pediátricos (LAFORGIA et al., 2009).

Os atletas estiveram em jejum de quatro horas e não participaram do treinamento físico no dia anterior ao exame.

4.2.3 **Avaliação da maturação sexual**

Um entrevistador treinado realizou questionário com perguntas sobre o desenvolvimento sexual e orientou os participantes a realizarem o autoexame com a escala de Tanner (1962) em fotos reais e desenho.

4.3 Avaliação do Gasto Energético

4.3.1 **Calorimetria Indireta**

Seguiu-se o protocolo da FAO/WHO/UNU (2004), no Laboratório da Avaliação Nutricional LANUTRI do Instituto de Nutrição da UFRJ. Os atletas receberam orientações a realizar jejum de doze horas e não participar do treinamento físico no dia anterior ao exame. Para evitar esforços físicos no dia, um motorista conduziu-os até o local. Na chegada dos atletas foram efetuadas entrevistas individuais para verificação acerca da adesão às orientações de preparo para a medição da TMB. Para a realização dos exames de CI, foi utilizado o calorímetro Vmax Encore 29 System (VIASYS HealthcareInc, Yorba Linda, CA). Os exames ocorreram sempre no período da manhã, em ambiente termoneutro, com pressão, umidade e temperatura controladas, com o paciente deitado, porém vigil, sendo avaliados, no máximo, dois sujeitos por dia. Captou-se o consumo de O2 e a produção de CO2 por meio de campânula (canopy), continuamente por 30 minutos. Para o cálculo desprezou-se os 10 minutos iniciais, de forma a garantir maior homogeneidade dos dados. Os valores obtidos de VO2 e VCO2 foram utilizados na equação proposta por Weir (1949), considerada o método padrão (WELLS et al., 2009).

4.3.2 Equações Preditivas

Para avaliar a concordância entre os métodos, foram utilizadas as equações mais presentes em revisão de literatura realizada antes do início do estudo: Harris e Benedict (1919) (HB), descrita na equação 1, Cunningham (1980) (CUN), equação 2, Henry e Rees (1991) (HR), equação 3 e WHO/FAO/UNU (FAO) (2004)/Schofield (1985), equação 4.

Equação 1:

Homem = 66,4730 + (13,7516 x MC) + (5,0033 x A) – (6,7550 x I)

Mulher = 655,0955 + (9,5634 x MC) + (1,84968x A) – (4,6756 x I)

Equação 2:

Ambos os sexos = 581,6 + 21,6 x MLG

Equação 3:

Homem (10 a 18 anos) = (0,084 x MC + 2,122) x 239

Mulher (10 a 18 anos) = (0,047 x MC + 2,951) x 239

Equação 4:

Homem (10 a 18 anos) = 17,686 x MC + 658,2

Mulher (10 a 18 anos) = 13,384 x MC + 692,6

MC: Massa corporal total em quilos (Kg); A: Altura em centímetros (cm); I: Idade em anos; MLG: Massa livre de gordura em quilos (Kg)

4.4 Hábitos de consumo alimentar e de suplementos

Para avaliar se os atletas seguiram todos os critérios para realização do exame de calorimetria indireta, foram utilizados três questionários de consumo alimentar, Recordatório de 24 horas (R24h) (Anexo 1), Questionário de Frequência Alimentar (QFA) (Anexo 2) e Registro Alimentar de três dias (RA3D) (Anexo 3). Segundo DWYER (2001), a utilização de mais de um método aumenta a exatidão da avaliação nutricional. Além da alimentação, foi avaliada a utilização de suplementos e medicamentos quanto ao tipo, finalidade, como estes eram utilizados e quem os sugeriu (Anexo 1).

O QFA, validada para adolescentes (ARAUJO et al., 2010), compreende uma lista de alimentos com uma seção de respostas sobre as quantidades consumidas (em medidas caseiras) e opções para relato da frequência com que estes alimentos ou grupo de alimentos são consumidos durante um determinado período de tempo (ex.: "diariamente", "uma vez por semana", "nunca", etc.). O instrumento foi utilizado para avaliação do consumo constante de determinados alimentos e suplementos que pudessem interferir no teste.

4.5 Registro da rotina e do treinamento físico

Em formulário específico, adaptado do questionário proposto por Bourchard et al. (1983) (Anexo 4), os atletas, ou seus respectivos responsáveis, foram orientados a registrar as atividades cotidianas realizadas (ex. quanto tempo dormiam, realizavam as refeições, permaneciam na escola (especificando a duração da Educação Física escolar, quando realizada), estudavam, assistiam televisão, utilizavam o computador, etc.). Este registro foi utilizado para o cálculo do gasto energético com as atividades rotineiras.

Para complementar estas informações considerou-se fundamental o registro do treinamento ao qual os atletas costumavam ser submetidos. Neste momento, foi solicitado que a equipe de treinadores fizesse esta anotação com o auxílio de fichas especialmente elaboradas. Nestas foram registradas todas as atividades realizadas por dia, por um período de duas semanas, a anterior e a semana do exame.

4.6 Análises estatísticas

As análises de concordância foram realizadas com várias estratégias estatísticas complementares (LUIZ e SZKLO, 2005) para explorar diferentes características relacionadas com uma possível equivalência entre os métodos de calorimetria estudados. O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) foi calculado para medir o grau de concordância entre a calorimetria indireta e os valores das equações de predição. O teste T-Student foi aplicado para comparar as médias de valores de GEB obtidos pelos métodos. Os seguintes métodos também foram utilizados: a abordagem tradicional de Bland e Altman (1999), e o gráfico de concordância-sobrevivência (LUIZ et al., 2003) para estudar o grau de discordância entre os métodos citados. Adotou-se o nível de significância de $p<0,05$.

A maturação sexual, altura, idade, massa corporal, gordura corporal, massa magra e massa livre de gordura foram utilizadas para as correlações com os valores dados de TMB por calorimetria indireta.

Utilizou-se o programa Statistical Program for Social Sciences, versão 20.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) para as analises estatísticas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Manuscrito

BASAL METABOLIC RATE OF ADOLESCENT MODERN PENTATHLON ATHLETES: AGREEMENT BETWEEN INDIRECT CALORIMETRY AND PREDICTIVE EQUATIONS

Loureiro, LL; Fonseca Junior, S; Passos, RB; Porto, CPM; Pierucci, APTR.

Abstract

Purpose: The accurate estimative of energy needs is crucial for an optimal physical performance among athletes and the BMR equations often are not well adjusted for adolescent athletes requiring the use of specific methods, such as the golden standard indirect calorimetry (IC). Therefore we had the aim to analyse the agreement between the BMR of adolescents pentathletes measured by IC and estimated by the predictive equations.

Methods: Twenty-eight athletes (17 males and 11 females) were evaluated for BMR, using IC and the predictive equations Harris and Benedict (HB), Cunningham (CUN), Henry and Rees (HR) and FAO/WHO/UNU (FAO). Body composition was obtained using DXA and sexual maturity data were retrieved through questionnaires. The correlations among anthropometric variables an IC were analysed by T-student test and ICC, while the agreement between IC and the predictive equations was analysed according to Bland and Altman and by survival-agreement plotting.

Results: The average BMR from IC and FAO considering the whole sample was significantly different ($p<0.05$). But the analysis by gender demonstrated that there was a statistical difference in FAO and HR equations in relation to IC ($p <0.05$) for the male subjects, while data from female subjects differed only for the HR equation ($p <0.05$).

Conclusion: The FAO equation underestimated athletes compared with IC (T Test). Evaluating the equations using Bland and Altman, ICC and Survival-Agreement, no equation has proven effective for this population. With differences of more than 300kcal, indirect calorimetry is still required for an individual approach for energy needs estimation.

Key words: basal metabolic rate, indirect calorimetry, predictive equations, athletes, adolescents, modern pentathlon.

Abbreviations

24hFR: 24-hour food recall

BMI: Body Mass Index

BMR: Basal Metabolic Rate

CUN: Cunningham Equation

DXA: Dual-energy X-ray absorptiometry

FAO: FAO/WHO/UNU Equation

FFQ: Food Frequencies Questionnaire

FPMRJ: Modern Pentathlon Rio de Janeiro Federation

HB: Harris and Benedict Equation

HR: Henry and Rees Equation

IC: Indirect Calorimetry

ICC: Intraclass Correlation Coefficient

TEE: Total Energy Expenditure

$VCO_{2:}$ Carbon Dioxide Volume

$VO_{2:}$ Oxygen Volume

Introduction

Humans total energy expenditure (TEE) is defined by the sum of basal metabolic rate (BMR), thermal effect of food, and the energy expenditure due to physical activity (Houssay 1969). In adolescents, the TEE is also influenced by the energy expenditure from anabolism/growth (Wang et al. 2001). The BMR is the energy required to maintain the physiological processes for absolute rest and fasting status (12 hours) and comprises approximately 70% of TEE in sedentary individuals and 45 to 60% in athletes and physically active individuals. Due to BMR be the main component of TEE the accuracy in its estimating becomes crucial for nutritional purposes and promoting proper physical development.

Considering the costs and beneficial aspects, the use of predictive equations is the best method for the BMR estimation in a group or population research approach. However, some authors have shown that these equations can provide elevated or reduced BMR estimative when applied in an individual level or in different ethnical groups or populations that are differentiated from the original studies that validated such equations(De Lorenzo et al. 2001; Luhmann and Neuhaeuser 2004; Miller et al. 2005; Campbell 2005; Compher et al. 2005). For this reason, several authors question the use of equations for BMR estimative, and recommend the use of indirect calorimetry (IC), which presents itself as a non-invasive gold standard method, characterized by safety and convenience.

In endurance sports, the accurate estimation of individual energy needs is necessary to establish appropriate dietary prescriptions, in order to provide athlete's improved recovery (Sling et al. 1994), reduced susceptibility to injury (Chen et al. 1989), and high performance. Given the complexity of Modern Pentathlon—which consists of five different events (fencing, swimming, jumping, and a combination of pistol shooting and cross-country running), the competition can last up to 8 hours, making physical exhaustion almost unavoidable. To date, very limited works have been available addressing physiological aspects of modern pentathlon (Le Meur et al. 2012) and there are no data on the literature that could support energy needs of pentathletes.

Therefore, the aim of this study was to evaluate the BMR of pentathletes by an indirect and scientifically certified method for this purpose, and to examine the agreement of the BMR most cited predictive equations Harris and Benedict (HB) (1919), Cunningham (CUN) (1980), Henry and Rees (HR) (1991) and FAO/WHO/UNU (FAO) (2004)/Schofield (1985) with the BMR measured by IC. Additionally, we aimed to verify the association among anthropometric variables and BMR measured by IC.

Methods

Subject sampling

The sample of cross-sectional study was consisted of 28 athletes—members of the Modern Pentathlon Rio de Janeiro Federation (FPMRJ)—with ages ranging between 11 and 17 years old, being 17 males and 11 females. They trained at least 3 hours a day, six times a week, and had been practicing this sport for at least one year. The subject sample corresponded to 96.5% of the universe of the FPMRJ adolescent athletes. The volunteers' participation was subject to the presentation of a written signed consent by athletes and endorsed by their parents or legal guardians. This research was approved by the Ethical Committee on Researches among Humans subjects of the University Hospital from the Federal University of Rio de Janeiro (Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ) by the protocol number 090/11.

Assessment of **anthropometric***, body composition and sexual maturity*

For the assessment of body mass, a Filizola scale with 0,05kg resolution was used. For measuring height, it was used a 1mm-resolution metric stadiometer, where the individual was measured while standing barefoot. The body fat percentage, lean mass, fat free mass and fat tissue mass was calculated through GE-Healthcare's Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) using Encore 2008 version 12.30 software. Sexual maturity was assessed through self-examination based on the Tanner scale (1962) using real life photographs and drawings as standarts.

Assessment of basal metabolic rate (BMR)

Examinations were conducted by indirect calorimetry, following the FAO/WHO/UNU (2004) protocol, at the Nutritional Evaluation Laboratory LANUTRI at the Nutrition Institute of UFRJ. During three months before the exam, athletes were instructed regarding to no use of any thermogenic food or supplement, energetic stimulating, sleep or appetite inhibitor, analgesic or any other substance known to interfere in the basal metabolic rate in this period.

In addition, one day before the test, the athletes were instructed to have a 12 hour fast and not to join in any physical practice at the day before the examination. To avoid physical exertion on the day of the examination, the patients were taken home by a driver. Upon athletes' arrival, individual interviews were conducted in order to verify obedience to guidelines of BMR measuring protocol. For the IC examinations, the Vmax Encore 29 System (VIASYS Healthcare Inc., Yorba Linda, CA) calorimeter was used. The

examinations took place invariably in the morning, in thermoneutral environment with controlled pressure, humidity and temperature, with the patient supine, yet awake, being examined a maximum of two subjects per day. The consumption of oxygen and the production of carbon dioxide were obtained by canopy and continuously checked for 30 minutes. For the calculation, the initial 10 minutes were discarded in order to guarantee higher data homogeneity (Adriens et al. 2003). The values of VO_2 and VCO_2, were used at the equation proposed by Weir (1949), considered the standard method (Wells 1998).

Predictive Equations

To evaluate the agreement between methods, were used the most present equations in the literature review conducted before the start of the study: Harris and Benedict (1919), described in equation 1, Cunningham (1980), equation 2, Henry and Rees (1991), equation 3 and WHO/ FAO/UNU (FAO) (2004)/Schofield (1985), equation 4.

Equation 1:

Male = 66.4730 + (13.7516 x BM) + (5.0033 x H) – (6.7550 x A)

Female = 655.0955 + (9.5634 x BM) + (1.84968 x H) – (4.6756 x A)

Equation 2:

Both genders = 581.6 + 21.6 x FFM

Equation 3:

Male (10-18 years) = (0.084 x BM + 2.122) x 239

Female (10-18 years) = (0.047 x BM + 2.951) x 239

Equation 4:

Male (10-18 years) = 17.686 x BM + 658.2

Female (10-18 years) = 13.384 x BM + 692.6

BM: Body Mass in kilogram (Kg); H: Height in centimeters (cm); A: Age in years; FFM: Free Fat Mass in kilogram (Kg)

Food and supplements consumption

To evaluate if the athletes followed all the criteria for the BMR assessment, three different food consumption questionnaires were applied: 24-hour food recall (24hFR) and food frequencies questionnaire (FFQ). The 24hFR was used to evaluate the athlete's

routine on the previous day. During the reporting of their food also questions about his day were made to check if the athletes were fasting for 12 hours and did not do physical activity. Data from the FFQ were used to control food intake in three months as exclusion criteria. Further, the use of supplements and medicines, as well as the type, the aim, the way of its use and who prescribed, were also investigated.

Routine and physical training register

An adapted version of the questionnaire proposed by Bouchard et al. (1983) was used to assess daily activities of the athletes (e.g.: hours of sleep, timing of meals, time spent in school – with special detailing of physical education classes, when applicable – studying, watching television, using a computer). The form was self-response or registered by their respective physical trainers. This register was used to calculate the energetic expenditure with the daily activities and was captured for a time interval of two weeks (the week of the examination and the week before).

Statistical analyses

The intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated to measure the degree of concordance between indirect calorimetry and the values of predictive equations; the T-test was applied to compare the BMR mean values. The following methods were also used: the traditional Bland and Altman (1999) approach and survival-agreement plots to study the degree of agreement between aforementioned methods (Luiz et al. 2003). The significance level of $p<0.05$ was adopted. Height, age, body mass, BMI, body fat, lean mass and fat free mass have been used in correlations with given values of BMR through indirect calorimetry. For statistical analyses, the Statistical Program for Social Sciences version 20.0 (SPSS, Chicago, IL USA) has been used.

Results

Body composition data—expressed in mean ± standard deviation, according to gender — are presented in Table 1. All athletes were in the normal range for body mass index (BMI) and body fat percentage. As to sexual maturity, athletes were distributed in pre pubertal (n = 1), pubertal (n = 22) and post pubertal (n = 5). When correlated IC data with the variables through the ICC, was found significant correlation with fat free mass (0.745), height (0.705), and weight (0.676), under 0.01 level and under 0.05 level it was found a negative correlation of IC with body fat percentage (-0.502).

Table 1 – Main Characteristics of Modern Pentathlon athletes, according to the gender (n=28); X±SD.

	Total	Gender	
		Male (n=17)	Female (n=11)
Age (years)	15 (±2)	15 (±2)	14 (±3)
Body Weight (kg)	55.95 (±8.28)	58.52 (±8.69)	52.60 (±6.69)
Height (cm)	166.00 (±8)	169.00 (±7)	161.00 (±6)
BMI (kg/m²)	20.30 (±1.54)	20.38 (±1.66)	20.19 (±1.44)
Fat Body (%)	18.33 (±6.85)	14.24 (±1.97)	23.66 (±7.33)
Fat Free Mass (%)	80.89 (±8.14)	84.96 (±3.77)	74.60 (±9.20)

The BMR data from the studied sample, measured and estimated, is presented in Table 2. Data analysis from all the athletes studied, demonstrated that only FAO had significant difference between the assessed average values ($p<0.01$), which overestimated the values from IC. The gender specific analysis, exhibited in Table 3, demonstrated that among males FAO and HR overestimated compared to IC. The BMR results among female athletes showed that all predictive equations achieved a difference lower than 2% ($p>0.05$), with the exception of the HR ($p=0.03$), that underestimated the BMR.

Table 2 – Basal metabolic rate (Kcal.day-1) of the studied sample, measured (IC) and estimated by the equations (FAO, HB, HR and CUN), (n=28).

	Mean ± SD	Median	Minimum	Maximum
Indirect Calorimetry	1506.14 ±196.23	1495.30	1243.59	2039.63
FAO/WHO/UNU	1564.26 ±196.91	1507.13	1230.64	1880.30
Harris & Benedict	1515.83 ±166.17	1459.12	1258.22	1793.08
Henry & Rees	1514.27 ±239.11	1468.80	1156.86	1894.41
Cunningham	1514.50 ±194.33	1496.8	1161.85	1814.48

Table 3 – Statistical parameters from comparison between BMR values obtained by indirect calorimetry in relation to different predictive equations, according to gender.

	Indirect Calorimetry					
	Total (n=28)		Male (n=17)		Female (n=11)	
	Test T	ICC	Test T	ICC	Test T	ICC
FAO/WHO/UNU (FAO)	0.009*	0.673	0.009*	0.466	0.553	0.677
Harris & Benedict (HB)	0.213	0.720	0.225	0.565	0.766	0.667
Henry & Rees (HR)	0.300	0.697	0.021*	0.506	0.030*	0.531
Cunningham (CUN)	0.781	0.753	0.599	0.644	0.765	0.712

*p<0,05; Test T: value of p, ICC: Intraclass correlation index

When BMR was analysed considering the values obtained per individuals from IC and the equations in Bland and Altman (1999) scatter plots, on Fig. 1, there were found differences up to 350 Kcal.day^{-1} among the tested methods.

The agreement-survival plotting (Figure 2) confirms the findings of the Bland and Altman (1999) graphs, regarding the lack of agreement between the methods when evaluating the BMR at the individual level. In this analysis values were presented in modulus, not taking positive or negative signs into account.

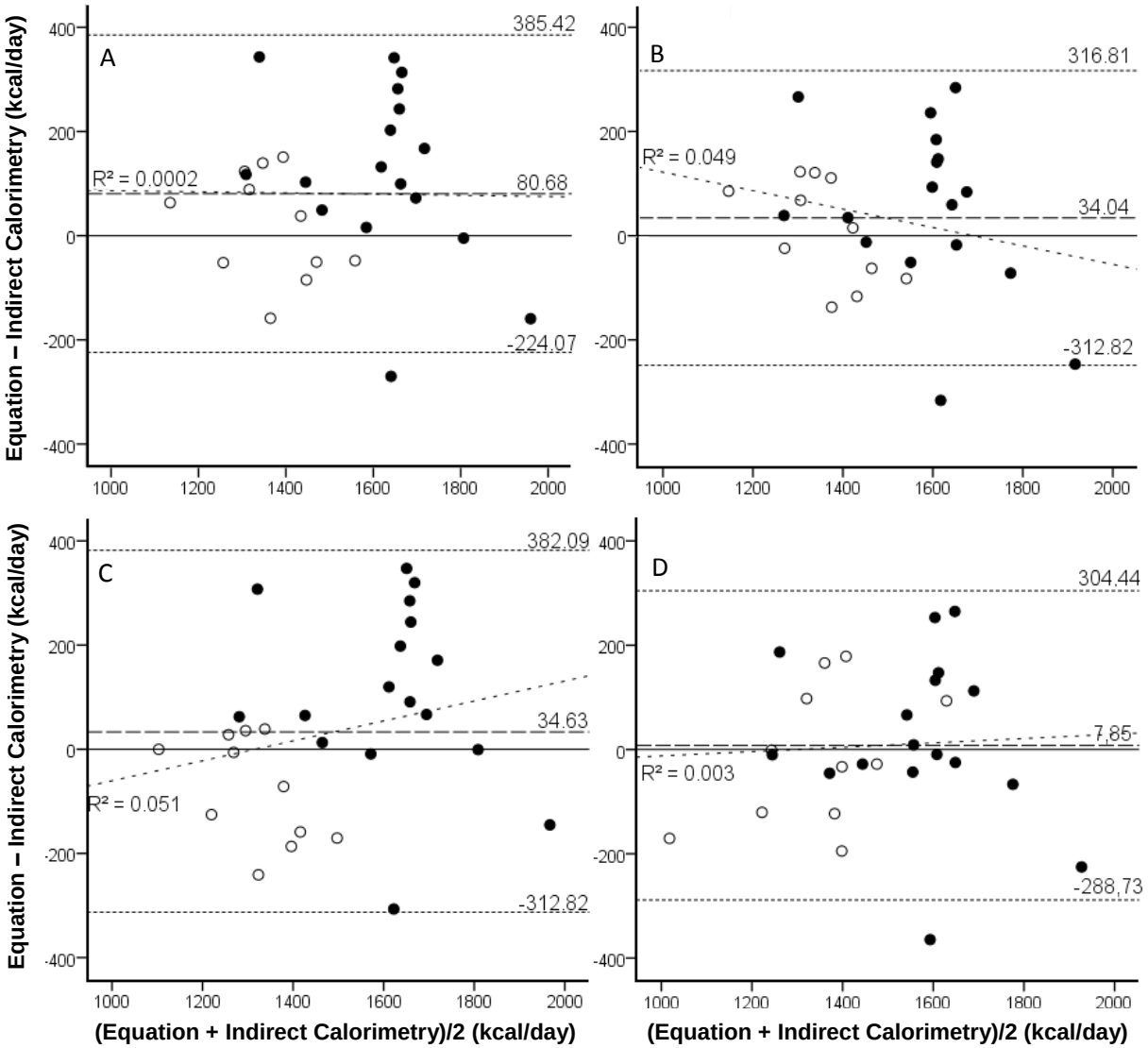

Figure 1 – Bland and Altman (1999) scatter plots for male (filled dot) and female (open dot). Graphs represent equations of (A) FAO (2004); (B) Harris and Benedict (1919); (C) Henry and Rees (1991) and (D) Cunningham (1980). The dashed lines represent the mean bias and 95% limits of agreement of the raw data.

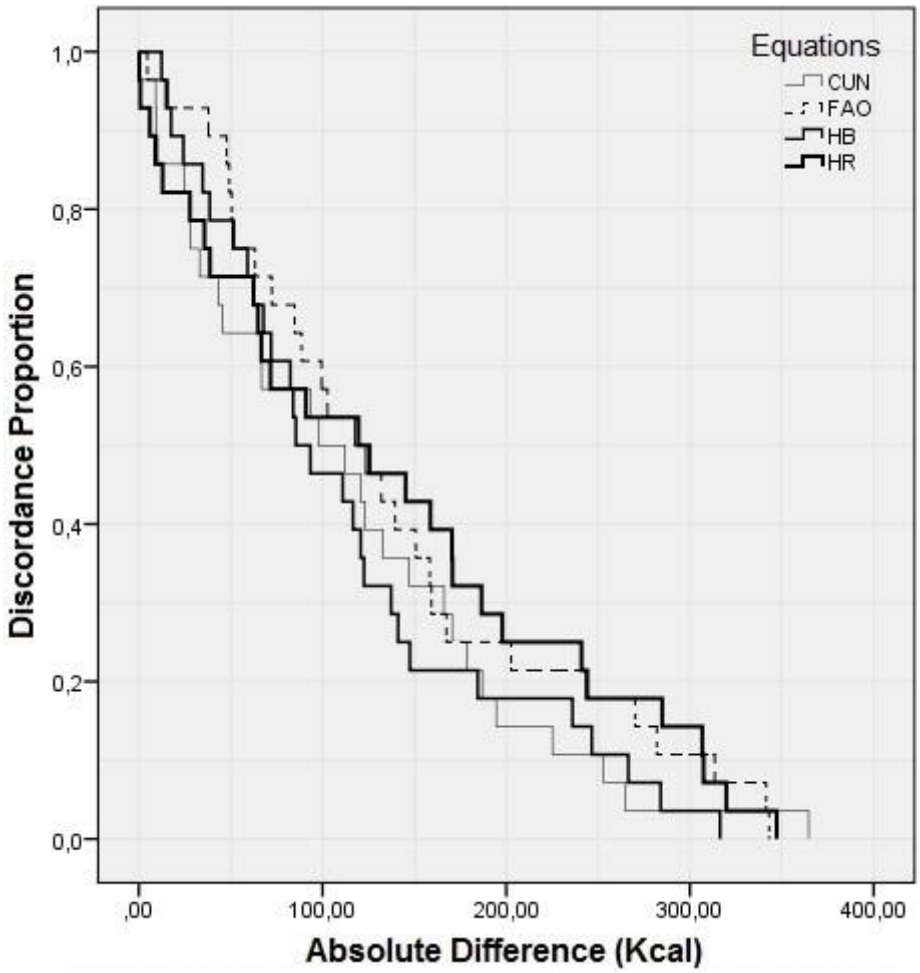

Figure 2 - Survival-agreement plot for indirect calorimetry and predictive equations.

Discussion

In the literature, there is still no consensus on the accuracy of BMR predictive equations in diverse populations or specific groups, such as athletes. Several studies have suggested that currently validated prediction equations overestimate BMR in relation to the value obtained by IC (Cruz et al. 1999; Wahrlich and Anjos 2001; Afonzo-Gonzalez et al. 2004; Oliveira et al. 2008; Rodrigues et al. 2010). On the other hand, with athletes, the results from some studies show an underestimation of energy expenditure (Cocate et al. 2009; Carlsohn et al. 2011).

This study has been conducted to assess the applicability of BMR prediction equations — commonly used in the general population — for the assessment of adolescent modern pentathlon athletes daily energy expenditure, using (IC) as gold standard, and to correlate anthropometric and body composition variables to BMR values obtained by the IC.

The sample of adolescent athletes examined in this study presented anthropometric features similar to other studies conducted with sedentary Brazilian adolescents (Fonseca et al. 2010; Fonseca et al. 2011). Despite these adolescents are involved in oriented physical training activities and compete in official events of the sport in question, their body features are still in development, and therefore are similar to the sedentary population.

Although only FAO differ significantly from IC when evaluated data in average, the results analyses according to Bland and Altman (1999) and to survival-agreement (Luiz et al. 2003) showed that there is no strong concordance between the equations and the standard IC method.

In accordance with Bland and Altman (1999), the results of the ICC showed that despite the means did not differ between the equations, the correlation is not high. The correlations are different when evaluated by gender, suggesting better applicability of one or another equation based on these criteria. The FAO had the lowest correlation for males, but for females obtained a better correlation than HR and HB.

Fonseca et al (2010, 2011), investigating sedentary adolescent of both genders observed no significant statistical difference between IC averages and BMR predictive equations. Still, by Bland and Altman (1999) and Linear Regression, the authors determined that there is no concordance between studied methods, confirming the results of the present study.

Considering the plot of survival-agreement, if a range of 100kcal of difference from the equations in relation to IC is assumed as acceptable for the energy expenditure estimative, only 50% of these subjects would be fitted. According to the survival-

agreement, the degree of incompatibility accepted should be less than 20%. Thus, assuming that 20% of incompatibility for the adolescent athletes present in this study, differences from 180 to 250 kcal in the BMR estimative should be accepted.

The question of what bias should be acceptable needs to be evaluated in a practical point of view, and cannot be answered using only population statistical measurements (Luiz and Szklo, 2005). In theory an under- or overestimation of 10% in the prediction of BMR seems insignificant for a population, but it can be more relevant in an individual approach, especially in this study, where individual differences reached 23% of BMR from IC. Frankenfield et al. (2005) in a literature review, showed a good example of what was observed in the present study. Considering that 50% of the studied sample obtained 500 kcal under the mean and that the other 50% obtained 500 kcal above the mean, it becomes clear that the predictive equations have no differences between means but a weak degree of correlation.

For instance, if we consider a subject from this study's sample, whose BMR was underestimated in average 300 Kcal (15% of BMR), considering all the tested equations, his daily energy requirement would be underestimated in about 540-690 Kcal/day, depending on the physical activity level (PAL) (ranging between 1,8 and 2,3 for trained athletes (FAO, 2004)). This variation can be a major interference in the dietary prescription for the individual (Hofsteenge et al. 2010) and would possibly result in a monthly loss of body weight of about 2,7kg, which could cause deficit in energy-protein recovery, increase the risk of fatigue and muscle damage among other factors that could interfere with the performance of a high level athlete. On the other hand, an overestimation would possibly result in body weight and body fat gain. Although it is not clear which body composition are ideal for pentathletes to achieve good physical performance, a high body fat percentage is not desirable, considering the demands of the involved modalities. Besides, an increase of body weight would require a bigger effort to move during exercise, increasing the athlete's physical exhaustion.

Studies have found weak correlations between height and BMR (Wahrlich and Anjos, 2001; Rodrigues et al. 2010), disagreeing with the results found in the present study. This strong correlation indicates that the height variable should be considered in possible future studies and equations for this population. As expected, the body fat percentage showed an inverse correlation to the BMR measured through IC, which is in accordance to other studies (Wahrlich and Anjos, 2001; ADA 2009). The strong correlations observed between fat free mass and body weight in this study corroborate with the literature (Illner et al. 2000; Speakman and Selman, 2003; Schneider and Meyer 2005; Cocate et al. 2009). Illner et al. (2000) showed a high correlation between fat free

mass and BMR, in 26 eutrophic individuals. The fat free mass being responsible for 85% of the metabolic rate variation. In another study, Speakman & Selman (2003) reported that lean mass contributes with 50-70% of the BMR. With similar results, Johnston et al. (2005) found that the fat free mass explained 62.3% of the difference in BMR values of 150 people from both genders. Although there are many articles demonstrating high correlation of fat-free mass with BMR, there are few equations that use this variable. We believe it is extremely important to include this variable not only in a future equation for this population but for all equations directed to athletes.

It is possible that the result found in this study diverges from studies that reported underestimation of BMR by predictive equations when working with athletes — except for the FAO equation —, since the lean mass of evaluated individuals was not as expressive when compared to those cited in the literature (Oliveira et al. 2008; Cocate et al. 2009).

Although the sample in this study might be considered smaller than other studies that evaluated BMR, here we evaluated subjects that represented over 90% of modern pentathlon adolescent athletes in the country. Consequently, we need more studies with larger sample of pentathletes adolescents to furnish a strong conclusion about the accuracy of the predictive equations in this population and also to modelling a specific equation for such population.

Conclusion

The FAO equation tends to overestimate BMR in relation to CI for the group of modern pentathlon athletes. Stratifying by gender, the HR differed when evaluated only women. Despite the other equations do not show significant difference compared with IC, the results when evaluated by ICC, Bland and Altman (1999) agreement and survival, it is possible to affirm that no equation was effective for this sample. To avoid errors in assessments of adolescents in modern pentathlon athletes, the use of CI and individual monitoring is required for improve performance. The findings of this study are relevant because adolescent athletes need an accurate measurement of the energy expenditure to improve their performance and not harm your health. Due to the high cost of the IC, the most viable alternative is still the predictive equation. Therefore, more studies are needed to establish a specific equation for this population or obtain a conclusion about the validity of the existing equations.

Acknowledgements

We thank to Modern Pentathlon Federation of Rio de Janeiro (FPMRJ) for helping us with the athletes and evaluations needed. The Nutritional Evaluation Laboratory (LANUTRI) and the Laboratory of Nutritional Assessment (LAN) that allowed us to perform

exams IC and DXA. The DAFEE team for the assistance in the necessary data collection for this work.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest

References

Adriaens MPE, Schoffelen PFM, Westerterp, KR. (2003) Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of physical activity before testing. Br J Nutr 90:419–423

Alfonzo-Gonzalez G, Doucet E, Almeras N, Bouchard C, Tremblay A. (2004) Estimation of daily energy needs with the FAO/WHO/UNU 1985 procedures in adults: comparison to whole-body calorimetry measurements. Eur J Appl Physiol 58:1125-1131.

American Dietetic Association. (2009) Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. J Am Diet Assoc 109(3):509-527.

Bland JM, Altman DJ. (1999) Measuring agreement in method comparison studies. Stat Methods Med Res 8:135–160.

Bouchard, C, Tremblay A, Leblanc C, Lortie G, Savard R, Theriault G. (1983) A method to assess energy expenditure in children and adults. Am J Clin Nutr 37(3):461-467

Campbell CG. (2005) Predict vs. measured energy expenditure in critically ill, underweight patients. Nutr Clin Pract 20(2):276-280.

Carlsohn A, Rosenberger FS, Cassel M, Mayer F. (2011) Resting metabolic rate in elite rowers and canoeists: difference between indirect calorimetry and prediction. Ann Nutr Metab 58:239–244

Chen JD, Wang JF, Li KJ, Zhao YW, Wang SW, Jiao Y, Hou XY. (1989) Nutritional problems and measures in elite and amateur athletes. Am J Clin Nutr 49(5):S1084-1089.

Cocate PG, Alfenas RCG, PereiraLG, Marins JCB, Bressan J, Cecon PR. (2009) Resting metabolic rate of cyclists estimated by mathematical equations and obtained by indirect calorimetry. Rev Bras Med Esporte 15(5):360-364.

Compher C, Cato R, Bader J, Kinosian B. (2004) Harris-Benedict equations do not adequately predict energy requirements in elderly hospitalized African Americans. J Med Assoc 96(2):209-214.

Cruz CM, Silva AF, Anjos LA. (1999) Basal metabolic rate is overestimated by predictive equations in college aged women of Rio de Janeiro, Brazil. Arch Latinoam Nutr. 49:232-237.

Cunningham JJ. (1980) A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. Am J Clin Nutr 33:2372–2374.

De Lorenzo A, Tagliabue A, Andreoli A, Testolin G, Comelli M, Deurenberg P. (2001) Measured and predict resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18-59y. Eur J Clin Nut 55(3):208-214.

FAO (Food and Agriculture Organization): Human Energy Requirements. (2004) Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. [Technical Report Series 1].

Fonseca PHS, Duarte MFS, Barbetta PA. (2010) Validation of the equations that estimate the resting metabolic rate in adolescent girls. Arq Bras Endocrinol Metab 54(1):30-36

Fonseca PHS, Duarte MFS. (2011) Validity of the equation of Henry and Rees that estimates the resting metabolic rate in male adolescents. Rev Paul Pediatr. 29(2):202-207.

Frankenfield DC, Roth-Yousey L, Compher C. (2005) Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. J Am Diet Assoc 105(5):775–789.

Harris JA, Benedict FG. (1919) A biometric study of basal metabolism in man. 2th ed. Boston: Carnegie Institution of Washington.

Henry CJK, Rees DG. (1991) New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. Eur J Clin Nut 45:177-185.

Hofsteenge GH, Chinapaw MJM, Waal HAD, Weijs Peter JM. (2010) Validation of predictive equations for resting energy expenditure inobese adolescents. Am J Clin Nutr 91:1244–1254.

Houssay BA. (1969) El intercambio material y energético del organismo. In: Fisiol Humana. Buenos Aires: Librería El Ateneo Editorial, pp 487-502.

Illner K, Brinkmann G, Heller M, Bosy-Westphal A, Muller MJ. (2000) Metabolically active components of fat free mass and resting energy expenditure innonobeses adults. Am J Physiol Endocrinol Metab 278:E308-315.

Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. (2005) Factors influencing variation in basal metabolicrate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxinebut not sex, circulating leptin, or triiodothyronina. Am J Clin Nutr 82:941-948.

Le Meur Y, Hausswirth C, Abbiss C, Baup Y, Dorel S. (2010) Performance factors in the new combined event of modern pentathlon. J Sports 28(10):1111-1116

Luhrmann PM, Neuhaeuser BM. (2004)Are equations published in literature for predicting resting metabolic rate accurate for use in the eldely? J Nutr Health Aging 8(3):144-149.

Luiz RR, Costa AJL, Kale PL, Werneck GL. (2003) Assessment of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. J Clin Epidemiol 56:593–597

Luiz RR, Szklo M. (2005) More than one statistical strategy to assess agreement of quantitative measurements mayusefully be reported. J Clin Epidemiol. 58:215–216.

Miller MD, Daniels LA, Bannerman E, Crotty M. (2005) Resting energy expenditure measured longitudinally following hip fracture compared to predictive equation: is an injury adjustment required? Br J Nutr 94(6):976-982.

Oliveira FCE, Cruz ACM, Oliveira CG, Cruz ACRF, Nakajima VM, Bressan J. (2008) Energy expenditure of healthy brazilian adults: a comparison of methods. Nutr Hosp 23(6):554-561

Rodrigues AE, Mancini MC, Dalcanale L, Melo ME, Cercato C, Alfredo Halpern. (2010) Characterization of metabolic resting rate and proposal of a new equation for a female Brazilian population. Arq Bras Endocrinol Metab. 54(5):470-476.

Schofield WN. (1985) Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. Hum Nutr Clin Nutr 39(1):5–41

Schneider P, Meyer F. (2005) Are basal metabolic rate prediction equations appropriate for overweight and obese adolescents?. Rev Bras Med Esporte 11(3):193-196.

Singh A, Pelletier PA, Deuster PA. (1994) Dietary requirements for ultra-endurance exercise. Sports Med 18(5):301-308.

Speakman JR, Selman C. (2003) Physical activity and resting metabolic rate. Proc Nutr Soc 62:621-634.

Tanner JM. (1962) Growth and adolescence. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Wang Z, Heshka S, Zhang K, Boozer CN, Heymsfield SB. (2001) Resting energy expenditure: systematic organization and critique of prediction methods. Obes Res 9(5):331-336.

Wahrlich V, Anjos LA. (2001) Validation of predictive equations of basal metabolic rate of women living in Southern Brazil. Rev Saúde Publ 35:39-45.

Weir JBD. (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. J Physiol 109:1-9.

Wells JCK. (1998) Energy metabolism in infants and children. Nutrition 14(10):817-820.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. **Med Sci Sports Exerc,** v. 41, n. 3, p. 709-31, 2009.

ADRIAENS, M. P. E. et al. Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of daily habitual physical activity before testing. **Br J Nutr,** v. 90, p. 419-423, 2003.

ALFONZO-GONZALEZ, 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, n. 8, p. 1125-31, 2004.

ALMEIDA, T. A. et al. Perfil dietético e antropométrico de atletas adolescentes de voleibol. **Rev Bras Med Esporte,** v. 9, n. 4, p. 191-97, 2003.

ANDRADE, R. G. et al. Consumo alimentar de adolescentes com e sem sobrepeso do Município do Rio de Janeiro Food intake in overweight and normal-weight adolescents in the city of Rio de Janeiro. **Cad Saúde Públ,** v. 19, n. 5, p. 1485-95, 2003.

ARAUJO, M. C. et al. Validation and calibration of a semiquantitative food frequency questionnaire designed for adolescents. **J Am Diet Assoc,** v. 110, n. 8, p. 1170-7, 2010

ARCHER, E. et al. Validity of U.S. nutritional surveillance:National Health and Nutrition Examination Survey caloric energy intake data, 1971-2010. **PLoS One,** v. 8, n. 10, 2013..

AUB, J. C.; et al. Clinical calorimetry: Nineteenth paper the basal metabolism of old men. **Arch Intern Med (Chic),** v. 19, n. 5, p. 823-31, 1917.

BACHRACH, L. K. Calcium and peak bone mass: How much is needed and when? **Bonekey Rep,** v. 2, n. 4, p. 11-4, 2005.

BALLOR, D. L. et al. Resting Metabolic-Rate and Coronary-Heart-Disease Risk-Factors in Aerobically and Resistance-Trained Women. **Am J Clin Nutr,** v. 56, n. 6, p. 968-74, 1992.

BANDINI, L. G. et al. Accuracy of Dietary Reference Intakes for determining energy requirements in girls. **Am J Clin Nutr,** v. 98, n. 3, p. 700-4, 2013.

BANDINI, L. G. et al. Accuracy of standardized equations for predicting metabolic rate in premenarcheal girls. **Am J Clin Nutr,** v. 62, p. 711-14, 1995.

BANDINI, L. G. et al. Relation of body composition, parental overweight, pubertal stage, and race-ethnicity to energy expenditure among premenarcheal girls. **Am J Clin Nutr,** v. 76, n. 5, p. 1040-7, Nov 2002. ISSN 0002-9165 (Print)

0002-9165 (Linking). Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12399276>.

BANNING, M. Obesity: pathophysiology and treatment. **The journal of the Royal Society for the Promotion of Health,** v. 125, p. 163-67, 2005.

BASSLER, K. H. et al. **The health benefits of vitamins and minerals.** Brussels: Erna, 1999.

BAXTER-JONES, A. D. G. et al. Controlling for maturation in pediatric exercise science. **Pediatr Exerc Sci,** v. 17, n. 1, p. 18-30, 2005.

BIANCULLI, C. **Crecimento físico y endocinología en la pubertad**. Organización Panamericana de la Salud**:** 87-94 p. 1995.

BLAND, J. M. et al. Measuring agreement in method comparison studies. **Stat Methods Med Res,** v. 8, n. 2, p. 135-60, 1999.

BOSY-WESTPHAL, A. et al. The age-related decline in resting energy expenditure in humans is due to the loss of fat-free mass and to alterations in its metabolically active components. **J Nutr,** v. 133, n. 7, p. 2356-62, 2003.

BOUCHARD, C. et al. A method to assess energy expenditure in children and adults. **Am J Clin Nutr,** v. 37, n. 3, p. 461-7, 1983.

BUTTE, N. F. et al. Validation of cross-sectional time series and multivariate adaptive regression splines models for the prediction of energy expenditure in children and adolescents using doubly labeled water. **J Nutr,** v. 140, p. 1516-23, 2010.

BYRNE, H. K. et al. The effects of a 20-week exercise training program on resting metabolic rate in previously sedentary, moderately obese women. **Int J Sport Nutr Exe,** v. 11, n. 1, p. 15-31, 2001.

CAMPBELL, C. G. et al. Predicted vs measured energy expenditure in critically ill, underweight patients. **Nutr Clin Pratice,** v. 20, p. 276-80, 2005.

CARMO, M. B. D. et al. Consumo de doces, refrigerantes e bebidas com adição de açúcar entre adolescentes da rede pública de ensino de Piracicaba, São Paulo. **Rev Bras Epidemiol,** v. 9, p. 121-30, 2006.

CARVALHO, C. M. R. G. D. et al. Consumo alimentar de adolescentes matriculados em um colégio particular de Teresina, Piauí, Brasil. **Rev Nutr,** v. 14, p. 85-93, 2001

CASPERSEN, C. J. et al. Physical-Activity, Exercise, and Physical-Fitness - Definitions and Distinctions for Health-Related Research. **Public Health Reports,** v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985. ISSN 0033-3549. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:A1985AFX9800005 >.

CHEN, J. D. et al. Nutritional problems and measures in elite and amateur athletes. **Am J Clin Nutr,** v. 49, p. 1084-9, 1989.

CHIPKEVITHC, E. Estirão pubertal. In: CHIPKEVITHC, E. (Ed.). **Puberdade e adolescência: aspectos biológicos, clínicos e psicossociais**. São Paulo: Roca, 1995.

COCATE, P. G. et al. Taxa Metabólica de Repouso de Ciclistas Estimada Por Equações e Obtida Por Calorimetria Indireta. **Rev Bra Med Esp,** v. 15, p. 360-364, 2009.

COLLI, A. S. Conceito de adolescência. In: MARCONDES, E.;VAZ, F. A. C., *et al* (Ed.). **Pediatria básica: Pediatria Geral e Neonatal**. São Paulo: Sarvier, 2002. p.655.

COLLI, A. S. et al. Crescimento e desenvolvimento In: MARCONDES, E.;VAZ, F. A. C., *et al* (Ed.). **Pediatria básica: pediatria geral e neonatal**. São Paulo: Sarvier, 2002. p.600-6.

COMPHER, C. et al. Harris-Benedict equations do not adequately predict energy requirements in elderly hospitalized African Americans. **J Natl Med Assoc,** v. 96, p. 209-214, 2004.

COSTA, M. C. O. et al. Estilo de vida de adolescentes: consumo alimentar, de bebida alcoólica e atividade física em Teixeira de Freitas–Bahia. **Rev Baiana Saúde Pública,** v. 28, p. 151-66, 2004.

COTUGNA, N. et al. Sports Nutrition for Young Athletes. **J Sch Nurs,** v. 21, n. 6, p. 323-28, 2005.

CRUZ, C. M. et al. A. Basal metabolic rate is overestimated by predictive equations in college aged women of Rio de Janeiro, Brazil. **Arch Latinoam Nutr,** v. 49, n. 3, p. 232-37, 1999.

DA ROCHA, E. E. et al. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care,** v. 9, p. 247-56, 2006.

DA ROCHA, E. E. M. et al. Can measured resting energy expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? **Curr Opin Clin Nutr Metab Care,** v. 8, p. 319-28, 2005.

DE LORENZO, A. et al. Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18-59 y. **Eur J Clin Nutr,** v. 55, p. 208-14, 2001.

DE OLIVEIRA, E. P. et al. Comparison of predictive equations for resting energy expenditure in overweight and obese adults. **J Obes,** v. 2011, p. 534714, 2011.

DOLEZAL, B. A. et al. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. **J Appl Physiol,** v. 85, n. 2, p. 695-700, 1998.

DWYER, J. Avaliação do consumo alimentar. In: SHILS, M. E.;OLSON, J. A., *et al* (Ed.). **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9. Barueri: Manole, 2001. p.1001-26.

EISENSTEIN, E. et al. Nutrição na adolescência. **J. pediatr,** v. 76, n. 3, p. 263-74, 2000.

EISSA, M. A. et al. Trajectories of fat mass index, fat free-mass index, and waist circumference in children: Project HeartBeat! **Am J Prev Med,** v. 37, n. 1 Suppl, p. S34-9, 2009.

ELIA, M. Organ and Tissue Contribution to Metabolic-Rate. In: KINNEY, J. M. e TUCKER, H. N. (Ed.). **Energy Metabolism: Tissue Determinants and Cellular Corollaries**. New York: Raven Press, 1992. p.61-79.

ESTIMA, C. C. P. et al. Meal consumption patterns and anthropometric measurements in adolescents from a low socioeconomic neighborhood in the metropolitan area of Rio de Janeiro, Brazil. **Appetite,** v. 52, n. 3, p. 735-9, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS UNIVERSITY. **Human energy requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation**. Rome, p.107. 2004

FEIJÓ, R. B. et al. Estudo de hábitos alimentares em uma amostra de estudantes secundaristas de Porto Alegre. **Pediatria,** v. 19, n. 4, p. 257-62, 1997.

FETT, C. A. et al. Gasto energético de repouso medido vs. estimado e relação com a composição corporal de mulheres; Resting energy expenditure measured vs. estimated and this relationship with body composition in women. **Arq. bras. endocrinol. metab,** v. 50, n. 6, p. 1050-58, 2006.

FIDANZA, F. **Nutritional status assessment. A manual for population studies**. London: Chapman and Hall, 1991.

FIGUEROA-COLON, R. et al. Reproducibility of measurement of resting energy expenditure in prepubertal girls. **Am J Clin Nutr,** v. 64, p. 533-36, 1996.

FITZ, J. G. Regulation of cellular ATP release. **Trans Am Clin Climatol Assoc,** v. 118, p. 199-208, 2007.

FLODMARK, C. E. et al. Red cell sodium-potassium adenosine triphosphatase sites and intracellular sodium increased in obese school children. **Miner Electrolyte Metab,** v. 18, n. 1, p. 6-8, 1992.

FRANKENFIELD, D. et al. 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. 775-89, 2005.

FRANKENFIELD, D. C. et al. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. **J Am Diet Assoc,** v. 103, n. 9, p. 1152-9, 2003.

FRUTUOSO, M. F. P. et al. Níveis séricos de hemoglobina em adolescentes segundo estágio de maturação sexual. **Rev. nutr,** v. 16, n. 2, p. 155-62, 2003.

GALLAGHER, D. et al. Small organs with a high metabolic rate explain lower resting energy expenditure in African American than in white adults. **Am J Clin Nutr,** v. 83, n. 5, p. 1062-7, 2006.

GALLAGHER, D. et al. Smaller organ tissue mass in the elderly fails to explain lower resting metabolic rate. **Ann Ny Acad Sci,** v. 904, p. 449-55, 2000.

GALLAGHER, D. et al. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. **Am J Physiol,** v. 275, n. 2 Pt 1, p. 249-58, 1998.

GARCIA, E. S. Taxa metabólica basal de jogadores profissionais de futebol. **Rev Bras Educ Fís Esp,** v. 20, p. 82-84, 2006.

GARCIA, G. C. B. et al. Estado nutricional e consumo alimentar de adolescentes de um centro de juventude da cidade de São Paulo. **Rev Nutr,** v. 16, n. 1, p. 41-50, 2003.

GARTHE, I. et al. Effect of nutritional intervention on body composition and performance in elite athletes. **Eur J Sport Sci,** v. 13, n. 3, p. 295-303, 2013.

GRANDE, F. Energy expenditure of organs and tissues. In: KINNEY, J. M. (Ed.). **Assessment of energy metabolism in health and disease.** Columbus, OH: Ross Laboratories, 1980. p.88–92.

GUY, J. A.; MICHELI, L. J. Strength training for children and adolescents. **J Am Acad Orthop Surg,** v. 9, p. 29-36, 2001.

HARRIS, J. A. et al. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. **Proc Natl Acad Sci U S A,** v. 4, n. 12, p. 370-3, 1918.

HASSON, R. E. et al. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. **J Sci Med Sport,** v. 14, n. 4, p. 344-51, 2011.

HAUGEN, H. A. et al. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. **Nutr Clin Pract,** v. 22, n. 4, p. 377-88, 2007.

HAWKINS, M. et al. Erythrocyte sodium content, sodium transport, ouabain binding capacity and Na+, K+-ATPase activity in lean and obese subjects. **Horm Metab Res,** v. 16, n. 6, p. 282-5, 1984.

HE, Q. et al. Smaller organ mass with greater age, except for heart. **J Appl Physiol,** v. 106, n. 6, p. 1780-4, 2009.

HEIRD, W. C. Nutritional requirements during infancy. In: SHILS, M. E.;OLSON, J. A., *et al* (Ed.). **Modern nutrition in health and disease**. 9. Baltimore: Williams & Wilkins, 1999. p.839-55.

HENRY, C. J. et al. New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. **Eur J Clin Nutr,** v. 45, n. 4, p. 177-85, Apr 1991.

HEYMSFIELD, S. B. et al. How much may I eat? Calorie estimates based upon energy expenditure prediction equations. **Obes Rev,** v. 7, p. 361-70, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. IBGE. Rio de Janeiro. 2011

IGLESIAS-GUTIERREZ, E. et al. Food preferences do not influence adolescent high-level athletes' dietary intake. **Appetite,** v. 50, n. 2-3, p. 536-43, 2008.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)**. Washington (DC): The National Academies Press, 2005.

ISMAIL, M. et al. Predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in Malaysian adults. **Malays J Nutr,** v. 4, p. 73-80, 1998.

IULIANO, B. A. et al. Anemia em adolescentes segundo maturação sexual. **Rev. nutr,** v. 17, n. 1, p. 37-43, 2004.

JACOBSON, B. H.; SOBONYA, C.; RANSONE, J. Nutrition practices and knowledge of college varsity athletes: a follow-up. **J Strength Cond Res,** v. 15, n. 1, p. 63-8, 2001.

JOHNSTONE, A. et al. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. **Am J Clin Nutr**, p. 941-8, 2005.

KEYS, A. et al. Basal Metabolism and Age of Adult Man. **Metabolism,** v. 22, n. 4, p. 579-87, 1973

KEYTEL, L. R. et al. Free living energy expenditure in post menopausal women before and after exercise training. **Int J Sport Nutr Exe,** v. 11, n. 2, p. 226-37, 2001.

KIORTSIS, D. N. et al. Effects of a low-calorie diet on resting metabolic rate and serum tri-iodothyronine levels in obese children. **Eur J Pediatr,** v. 158, n. 6, p. 446-50, 1999.

KRAHENBUHL, G. S. et al. Running economy: changes with age during childhood and adolescence. **Med Sci Sports Exerc,** v. 24, n. 4, p. 462-6, 1992.

KREMS, C. et al. Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to changes in body composition. **Eur J Clin Nutr,** v. 59, n. 2, p. 255-62, 2005.

LAFORGIA, J. et al. Validation of DXA body composition estimates in obese men and women. **Obesity,** v. 17, n. 4, p. 821-26, 2009.

LAZZER, S. et al. Relationship between basal metabolic rate, gender, age, and body composition in 8,780 white obese subjects. **Obesity,** v. 18, n. 1, p. 71-8, 2010.

LE MEUR, Y. et al. Physiological demand and pacing strategy during the new combined event in elite pentathletes. **Eur J Appl Physiol,** v. 112, n. 7, p. 2583-93, 2012.

LEAL, G. V. D. S. et al. Consumo alimentar e padrão de refeições de adolescentes, São Paulo, Brasil; Food intake and meal patterns of adolescents, São Paulo, Brazil. **Rev. bras. epidemiol,** v. 13, n. 3, p. 457-67, 2010.

LEVY, R. B. et al. Consumo e comportamento alimentar entre adolescentes brasileiros: Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), 2009. **Rev C S Col,** v. 15, p. 3085-97, 2010.

LOOMBA-ALBRECHT, L. A.; STYNE, D. M. Effect of puberty on body composition. **Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes,** v. 16, n. 1, p. 10-5, 2009.

LÜHRMANN, P. M.; NEUHÄEUSER BERTHOLD, M. Are the equations published in literature for predicting resting metabolic rate accurate for use in the elderly? **J Nutr Health Aging,** v. 8, p. 144-9, 2004.

LUIZ, R. R. et al. Assessment of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. **J Clin Epidemiol,** v. 56, n. 10, p. 963-7, 2003.

LUIZ, R. R. et al. More than one statistical strategy to assess agreement of quantitative measurements may usefully be reported. **J Clin Epidemiol,** v. 58, n. 3, p. 215-6, 2005.

LUSTOSA, A. M. R. et al. Taxa metabólica basal de homens residentes na cidade de Goiânia. **Rev Bras Med Esporte,** v. 19, n. 2, p. 96-8, 2013.

MANINI, T. M. Energy expenditure and aging. **Ageing Res Rev,** v. 9, n. 1, p. 1-11, 2010.

MARIATH, A. B. et al. Prevalência de anemia e níveis séricos de hemoglobina em adolescentes segundo estágio de maturidade sexual. **Rev. bras. epidemiol,** v. 9, n. 4, p. 454-61, 2006.

MARSON, F. et al. Correlation between oxygen consumption calculated using Fick's method and measured with indirect calorimetry in critically ill patients. **Arq. Bras. Cardiol,** v. 82, n. 1, p. 72-6, 2004.

MARTINSEN, M. et al. Dieting to win or to be thin? A study of dieting and disordered eating among adolescent elite athletes and non-athlete controls. **Br J Sports Med,** v. 44, n. 1, p. 70-6, 2010.

MATTHEWS, D. E. et al. Impact of 2H and 18O pool size determinations on the calculation of total energy expenditure. **Obes Res,** v. 3 Suppl 1, p. 21-9, 1995.

MELO, C. M. D. et al. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade:[revisão]. **Arq. bras. endocrinol. metab,** v. 52, n. 3, p. 452-64, 2008.

MEYER, F. et al. Considerações nutricionais para crianças e adolescentes que praticam esportes. **Arq Sanny Pesq Saúde,** v. 1, n. 1, p. 49-56, 2008.

MILLER, M. D. et al. Resting energy expenditure measured longitudinally following hip fracture compared to predictive equations: is an injury adjustment required? **Br J Nutr,** v. 94, p. 976-982, 2005.

MILLER; MILLIRON, B. J. et al. Common Prediction Equations Overestimate Measured Resting Metabolic Rate in Young Hispanic Women. **Top Clin Nutr,** v. 28, n. 2, p. 120-35, 2013.

MONTFORT-STEIGER, V. et al. Carbohydrate Intake Considerations for Young Athletes. **J Sports Sci Med,** v. 6, n. 3, p. 343-52, 2007.

OLIVEIRA, F. C. E. D. et al. Gasto energético de adultos brasileños saludables : una comparación de métodos BRAZILIAN ADULTS : A COMPARISON. **Nutr Hosp,** v. 23, p. 554-61, 2008.

OSHIMA, S. et al. Relative contribution of organs other than brain to resting energy expenditure is consistent among male power athletes. **J Nutr Sci Vitaminol,** v. 59, n. 3, p. 224-31, 2013.

OSHIMA, S. et al. Fat-free mass can be utilized to assess resting energy expenditure for male athletes of different body size. **J Nutr Sci Vitaminol,** v. 57, n. 6, p. 394-400, 2011.

PAUL, D. R. et al. Effects of the interaction of sex and food intake on the relation between energy expenditure and body composition. **Am J Clin Nutr,** v. 79, n. 3, p. 385-89, 2004.

PERRONE, C. A.; MEYER, F. Avaliação do estado hidroeletrolítico de crianças praticantes de exercício físico e recomendação de hidratação. **Rev. Bras. Ciênc. Esporte,** v. 33, p. 773-86, 2011.

PETRIE, H. J.; STOVER, E. A.; HORSWILL, C. A. Nutritional concerns for the child and adolescent competitor. **Nutrition,** v. 20, n. 7-8, p. 620-31, 2004.

PIERS, L. S. et al. The validity of predicting the basal metabolic rate of young Australian men and women. **Eur J Clin Nutr,** v. 51, n. 5, p. 333-7, 1997.

PIERS, L. S. et al. Is there evidence for an age-related reduction in metabolic rate? **J Appl Physiol,** v. 85, n. 6, p. 2196-204, 1998.

PORTER, C. et al. Indirect calorimetry in critically ill patients: role of the clinical dietitian in interpreting results. **J Am Diet Assoc**, v. 96 p. 49-57, 1996.

POTTEIGER, J. A. et al. Changes in resting metabolic rate and substrate oxidation after 16 months of exercise training in overweight adults. **Int J Sport Nutr Exerc Metab,** v. 18, n. 1, p. 79-95, 2008.

REINEHR, T. et al. Thyroid hormones before and after weight loss in obesity. **Arch Dis Child,** v. 87, n. 4, p. 320-3, 2002.

RODRIGUES, A. E. et al. Characterization of metabolic resting rate and proposal of a new equation for a female Brazilian population. **Arq Bras Endocrinol Metabol,** v. 54, n. 5, p. 470-6, 2010.

RODRIGUES, A. E. et al. Analysis of resting metabolic rate evaluated by indirect calorimetry in obese women with low and high caloric intake. **Arq Bras Endocrinol Metabol,** v. 52, n. 1, p. 76-84, 2008.

RODRIGUEZ, N. R. et al. Nutrition and athletic performance. Joint position statement of ACSM/ADA/DC. **Med Sci Sports Exerc,** v. 41, n. 3, p. 709-31, 2009.

ROEMMICH, J. N.; RICHMOND, R. J.; ROGOL, A. D. Consequences of sport training during puberty. **J Endocrinol Invest,** v. 24, n. 9, p. 708-15, 2001.

ROSENBLOOM, C. A. et al. Nutrition knowledge of collegiate athletes in a Division I National Collegiate Athletic Association institution. **J Am Diet Assoc,** v. 102, n. 3, p. 418-20, 2002.

SAITO, M. I.; SILVA, L. E. V. **Adolescência: prevenção e risco**. São Paulo: Atheneu, 2001.

SALLY, E. D. O. F. et al. Metabolismo Basal durante a gestação: revisão sistemática. **Ciênc Saúde Colet,** v. 18 p. 413-30, 2013.

SANCHO MARTÍNEZ, A. et al. Valoración del gasto energético en los niños. Implicaciones fisiológicas y clínicas. Métodos de medición. **An Pediatr,** v. 68, n. 2, p. 165-80, 2008.

SANTA-CLARA, H. et al. Effects of exercise training on resting metabolic rate in postmenopausal African American and Caucasian women. **Metabolism,** v. 55, n. 10, p. 1358-64, 2006.

SCAGLIUSI, F. B. et al. The study of energy expenditure through doubly labeled water: principles, use and applications. **Rev Nutr,** v. 18, n. 4, p. 541-51, 2005.

SCHNEIDER, P. et al. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? **Rev Bras Med Esporte,** v. 11, n. 3, p. 193-6, 2005.

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

SCHUTZ, Y. The basis of direct and indirect calorimetry their potentials. **Diabetes Metab Rev,** v. 11, n. 4, p. 383-408, 1995.

SCHUTZ, Y. et al. Whole-body protein turnover and resting energy expenditure in obese, prepubertal children. **Am J Clin Nutr,** v. 69, n. 5, p. 857-62, 1999.

SHETTY, P. Energy requirements of adults. **Public Health Nutr,** v. 8, n. 7A, p. 994-1009, 2005.

SIERVOGEL, R. M. et al. Puberty and body composition. **Horm Res,** v. 60, n. Suppl 1, p. 36-45, 2003.

SILVA, F. C. D. et al. Proporção de anemia de acordo com o estadiamento puberal, segundo dois critérios diagnósticos. **Rev. nutr,** v. 20, n. 3, p. 297-306, 2007.

SINGH, A. et al. Dietary Requirements for Ultra-Endurance Exercise. **Sports Medicine,** v. 18, p. 301-308, 1994.

SPEAKMAN, J. R. The history and theory of the doubly labeled water technique. **Am J Clin Nutr,** v. 68, n. 4, p. 932s-38s, 1998.

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, n. 2, p. 308-15, 2001.

TAGUCHI, M. et al. Resting energy expenditure can be assessed by fat-free mass in female athletes regardless of body size. **J Nutr Sci Vitaminol,** v. 57, n. 1, p. 22-9, 2011.

TANNER, J. M. **Growth at adolescence.** 2nd Ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962. p325.

THOMPSON, J. L. Energy balance in young athletes. **Int J Sport Nutr,** v. 8, p. 160-74, 1998.

TORAL, N. et al. Consumo alimentar e excesso de peso de adolescentes de Piracicaba, São Paulo. **Rev. nutr,** v. 20, n. 5, p. 449-59, 2007.

TOTH, M. J. et al. Resting Metabolic-Rate and Cardiovascular-Disease Risk in Resistance-Trained and Aerobic-Trained Middle-Aged Women. **Int J Obesity,** v. 19, n. 10, p. 691-8, 1995.

TURLEY, K. R. et al. Resting metabolic rate measured after subjects spent the night at home vs at a clinic. **Am J Clin Nutr,** v. 58, p. 141-4, 1993.

VERMOREL, M. et al. Contributing factors and variability of energy expenditure in non-obese, obese, and post-obese adolescents. **Reprod Nutr Dev,** v. 45, n. 2, p. 129-42, 2005.

VITALLE, M. S. S. Crescimento e desenvolvimento físico na adolescência. In: CARVALHO, E. S. e CARVALHO, W. B. (Ed.). **Terapêutica e prática pediátrica.**São Paulo: Atheneu, 2000.

VOLP, A. et al. Energy expenditure: components and evaluation methods. **Nutr Hosp,** v. 26, p. 430-40, 2011.

VOLPE, S. L. et al. Effect of chromium supplementation and exercise on body composition, resting metabolic rate and selected biochemical parameters in moderately obese women following an exercise program. **J Am Coll Nutr,** v. 20, n. 4, p. 293-306, 2001.

WAHRLICH, V. et al. Validation of predictive equations of basal metabolic rate of women living in Southern Brazil. **Rev Saúde Publ,** v. 35, n. 1, p. 39-45, 2001.

WAHRLICH, V. et al. Basal metabolic rate of Brazilians living in the Southwestern United States. **Eur J Clin Nutr,** v. 61, n. 2, p. 289-93, 2007.

WAKABAYASHI, H. et al. Evaluation of the effect of age on functioning hepatocyte mass and liver blood flow using liver scintigraphy in preoperative estimations for surgical patients: Comparison with CT volumetry. **J Surg Res,** v. 106, n. 2, p. 246-53, 2002.

WANG, Z. High ratio of resting energy expenditure to body mass in childhood and adolescence: a mechanistic model. **Am J Hum Biol,** v. 24, n. 4, p. 460-7, 2012.

WANG, Z. et al. A cellular-level approach to predicting resting energy expenditure across the adult years. **Am J Clin Nutr,** v. 81, n. 4, p. 799-806, 2005.

WANG, Z. et al. A cellular level approach to predicting resting energy expenditure: Evaluation of applicability in adolescents. **Am J Hum Biol,** v. 22, n. 4, p. 476-83, 2010.

ANEXOS