

Validação das Equações Metabólicas para Caminhada e Corrida Propostas pelo *American College of Sports Medicine* em Homens Entre 20 e 30 Anos de Idade



Validation of the ACSM Walking and Running Metabolic Equations Among Men Aged 20 to 30 Years

Ronaldo Domingues Filardo¹
Rosane C. Rosendo da Silva¹
Edio Luiz Petroski¹

1. Universidade Federal de Santa Catarina. Núcleo de Pesquisa em Cineantropometria e Desempenho Humano. Centro de Desportos. Campus Universitário Trindade – Florianópolis, SC

Endereço para correspondência:

Rosane C. Rosendo da Silva
DEF – Centro de Desportos – UFSC
88040-970 – Florianópolis, SC
Tel (48) 3721-6349
E-mail: rosane@cds.ufsc.br

Submetido em 27/03/2007
Versão final recebida em 04/05/2008
Aceito em 05/07/2008

RESUMO

O *American College of Sports Medicine* (ACSM) sugere equações para estimativa do gasto metabólico da caminhada e da corrida, concebidas a partir de pressupostos: 1) que o indivíduo esteja executando uma atividade em estado de equilíbrio e 2) que o consumo de oxigênio (VO_2) tem relação linear com a intensidade do trabalho. O objetivo deste estudo foi verificar a validade concorrente dessas equações metabólicas em homens regularmente ativos entre 20 e 30 anos de idade, tendo como medida critério a espirometria (TEEM-100, *AeroSport*). Participaram deste estudo 36 homens jovens e ativos. No primeiro dia, os voluntários executaram um teste máximo de exercício na esteira (ATL 10200, *Inbrasport*). Os indivíduos completaram um trabalho padronizado de 30 minutos com seis diferentes estágios de caminhada e corrida (80,4; 120,6 e 160,8 m.min⁻¹) com (5%) e sem inclinação, 48 a 96h após o teste máximo. Além da estatística descritiva, utilizaram-se a correlação linear de Pearson, o coeficiente de determinação, a ANOVA com um fator e o teste *t* pareado, com o nível de significância estabelecido em 0,05. Todos os procedimentos foram realizados no pacote estatístico *SPSS*. Os resultados apontaram para a superestimação do VO_2 em ambas as atividades ($p < 0,05$), sobretudo na corrida, com exceção para 80,4 e 120,6 m.min⁻¹, sem inclinação (diferença média de -30 a 20% para caminhada e de 3,2 a 12% para corrida). Os valores de erro padrão de estimativa (EPE) variaram entre 1,56 e 3,15 ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹ e em torno de 3,5 ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹, para caminhada e corrida, respectivamente. A correlação foi maior que 0,7 para todos os estágios. Contudo, seguindo os critérios estabelecidos por Lohman (1992), as equações não foram validadas. Dessa forma, em homens ativos, o EPE deverá ser considerado, pois as equações metabólicas propostas pelo ACSM superestimam os valores de VO_2 .

Palavras-chave: equações preditivas de VO_2 , estimativa do consumo de oxigênio, ACSM.

ABSTRACT

The American College of Sports Medicine (ACSM) has proposed equations for estimating metabolic cost of walking and running, which were based on two conditions: 1. that the subject is performing a steady state exercise, and 2. that the oxygen consumption (VO_2) has a linear relationship with the workload. The purpose of this study was to verify the concurrent validity of these equations among men, aged 20 to 30 years and who were regularly active, using the spirometry as a criterion measure (*AeroSport* TEEM-100 gas analyzer). The sample was composed of 36 men. On day 1, they performed a maximal exercise test on a treadmill (ATL 10200, *INBRASPORT*). The subjects completed a standard 6-stage protocol with different speeds (80.4, 120.6 and 160.8 m.min⁻¹) and grades (0 and 5%), 48 to 96 hours after maximal test. Besides descriptive statistics, other procedures included Pearson's linear correlation, the coefficient of determination, one-way ANOVA and paired t-Student test with level of significance established at 0.05. The analyses were performed with the *SPSS* package. The results showed that there was VO_2 overestimation for both activities ($p < 0.05$), especially for running, except at 80.4 and 120.6 m.min⁻¹, with no inclination (mean difference from -30 to 20% for walking and 3.2 to 12% for running). The standard error of the estimate (SEE) varied between 1.56 and 3.15 ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹ and around 3.5 ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹, for walking and running, respectively. Correlation coefficients were greater than 0.7 for all stages. However, according to Lohman's criteria (1992), the equations were not validated. Therefore, among young men, SEE should be taken into account, due to the fact that the ACSM equations for walking and running overestimate VO_2 values.

Keywords: VO_2 prediction equations, oxygen consumption estimation, ACSM.

INTRODUÇÃO

Desde 1970, o *American College of Sports Medicine* (ACSM) sugere equações para estimativa do custo metabólico do exercício em seu *Manual para teste de exercício graduado e prescrição do exercício*⁽¹⁾. Essas equações foram geradas a partir de estudos laboratoriais, relacionando as medidas mecânicas do ritmo de trabalho aos seus equivalentes metabólicos. Contudo, somente na edição de 2003, foram incluídas as referências que deram suporte científico a essas equações metabólicas⁽²⁾, não tendo sido relatadas informações sobre a validação dessas equações até a presente data⁽³⁾.

A equação metabólica generalizada para caminhada e corrida é descrita como sendo consumo de oxigênio, $VO_2 = R + CV + CH$, onde R é o componente de repouso, que equivale a $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; CV , o componente vertical (CV), representando o deslocamento quando há inclinação no terreno ou na esteira; e CH , o componente horizontal, equivalente à velocidade do deslocamento.

As equações metabólicas foram concebidas a partir de dois pressupostos: o primeiro preconiza que o indivíduo esteja executando uma atividade aeróbia submáxima e em estado de equilíbrio, o que representa intensidade moderada (entre 45% e 59% do $VO_{2\text{máx}}$ ou entre 50 e 69% da frequência cardíaca máxima, FCM)⁽³⁾. A inobservância do estado de equilíbrio gera um erro padrão de estimativa de até 7% no VO_2 ⁽²⁾. O segundo pressuposto considera que o consumo de oxigênio tem relação linear com a intensidade de trabalho e aumenta conforme os incrementos de velocidade e/ou de inclinação. Dessa maneira, o aumento da velocidade na caminhada e na corrida, respectivamente, eleva o VO_2 em 0,1 e 0,2 $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, considerando uma pessoa de 70 kg ^(2,4). O custo do oxigênio da ascensão vertical em esteira rolante é aumentado em 0,9 $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ na caminhada⁽²⁾ e em 1,8 $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ na corrida⁽⁵⁾.

Além disso, a equação para caminhada deve ser utilizada em velocidades de deslocamento entre 50 e 100 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$, enquanto a da corrida, aplicada para velocidades superiores a 134 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. No intervalo entre 100 e 134 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ é sugerido que a equação de corrida seja utilizada, quando o indivíduo realmente correr⁽⁶⁾. Também é importante destacar que, mesmo tendo sido propostas para uso generalizado, as equações metabólicas do ACSM partem de estudos^(4,5) que não indicaram tal uso. As pesquisas de Dill⁽⁴⁾ e Nagle *et al.*⁽⁵⁾ forneceram os valores das constantes para essas equações; todavia, no estudo de Dill⁽⁴⁾, que utilizou uma amostra com apenas três homens, sendo dois com 23 anos e outro com 42 anos de idade, a conclusão apresentada foi a subestimação do custo metabólico, pois os indivíduos destreinados e menos hábeis consumiram mais 5% de oxigênio do que os mais hábeis, fato que condiz com o conceito de economia do movimento⁽⁷⁾. Os artigos originais não apresentaram valores de correlação e os erros de medida (erro constante, erro total e erro padrão de estimativa) das equações do ACSM.

Alguns trabalhos procuraram examinar as equações do ACSM em ambientes extremos, como altitude⁽⁸⁾, em idosos^(9,10), em adolescentes⁽¹¹⁾, com cardíacos^(12,13) e com homens saudáveis, relacionando a estimativa do consumo de oxigênio^(14,15), seja em atividade constante ou em teste máximo. Esses estudos mostraram que as equações tendem a superestimar os valores de VO_2 . No entanto, a principal lacuna com relação ao estudo dessas equações está nas informações sobre a validação e acurácia, principalmente quanto à hipótese da sua utilização generalizada.

Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar a validade concorrente das equações metabólicas para caminhada e corrida propostas pelo ACSM em homens entre 20 e 30 anos de idade, tendo como critério a espirometria. Os dois pressupostos citados foram considerados separadamente.

MÉTODOS

Participaram deste estudo descritivo e correlacional 36 homens voluntários com idade entre 20 e 30 anos, alunos e usuários do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), regularmente ativos ou atletas, *i.e.*, envolvidos em programa de treinamento esportivo ou que praticassem exercício físico pelo menos três vezes por semana, com intensidades moderadas a intensas. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC (Projeto nº 059-04) e os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. As duas etapas do estudo foram realizadas no Laboratório de Esforço Físico da UFSC.

Na primeira etapa, os sujeitos foram submetidos a um teste máximo de exercício em esteira rolante (modelo ATL 10200, *Inbrasport*), em ambiente com temperatura média de 22°C, utilizando-se um protocolo máximo do tipo rampa⁽¹⁶⁾, com velocidade inicial de cinco $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ e incrementos de um $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ até o 11º minuto. Caso o indivíduo completasse esse estágio, um aumento de inclinação de 2,5% a cada minuto era realizado até o término do teste. O VO_2 foi mensurado com o analisador de gases *AeroSport* modelo TEEM-100 ($r = 0,96$, $E\% = 0,29 \text{ l O}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ para trabalho contínuo e subestimação de 3%⁽¹⁷⁾). Seguiram-se as recomendações do fabricante⁽¹⁸⁾ quanto à calibração do aparelho (*Gascal*) e antes de cada teste a função *Auto-cal* foi executada. Os valores de VO_2 foram coletados em 20 segundos e posteriormente a média do minuto foi calculada para as análises dos dados.

A frequência cardíaca foi acompanhada a cada minuto com o uso do monitor da marca *Polar* (*Polar Electro OY*, Finlândia), modelo S21. Ressalta-se que a utilização do teste de exercício teve somente a função de caracterização e seleção da amostra, isto é, indivíduos ativos e/ou atletas.

Na determinação do $VO_{2\text{máx}}$ foram utilizados como critérios os valores de: a) quociente respiratório superior a 1,1; b) VO_2 constante ou com variações inferiores a 2,1 $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ou 150 $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ nos últimos dois minutos do teste com aumento de carga; c) frequência cardíaca do teste maior que 90% da frequência cardíaca máxima estimada pela equação 220-idade⁽¹⁹⁾. No exercício padronizado (2ª etapa), usou-se apenas a estabilização do consumo de oxigênio.

Para o agendamento da segunda etapa, foi observado um intervalo mínimo e máximo de 48 e 96 horas, respectivamente, após o teste máximo de exercício, desde que não houvesse nenhuma sessão de treino ou atividade física intensa nesse intervalo de tempo. O trabalho padronizado foi composto por seis estágios com cinco minutos cada (tabela 1), justificado pelo tempo padrão dos ajustes cardiorrespiratórios, e, conseqüentemente, do transporte de oxigênio⁽²⁰⁾. Ao final de cada bloco de cinco minutos, a atividade pode ser considerada estável⁽¹⁹⁾. A adoção das velocidades entre 80,4 e 160 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ (ou 4,8 e 9,6 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) garantiu que os indivíduos executassem a caminhada e a corrida. No intervalo do 10º ao 19º minuto com a velocidade de 120,6 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ (7,2 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$), o VO_2 foi estimado pela equação que correspondesse à atividade motora que o avaliado praticasse⁽²⁾. Dessa forma, o número de sujeitos variou nessa velocidade, a saber: (a) oito indivíduos caminharam durante todo o tempo, (b) seis indivíduos caminharam do 10º ao 14º minutos e correram do 15º ao 19º minutos e (c) 22 indivíduos correram durante todo o intervalo.

Para análise dos dados, além da estatística descritiva, foi utilizada a análise de variância para um fator (ANOVA *one-way*) seguida do teste de *post-hoc* de Scheffé para verificar a estabilização de VO_2 . Para a validade concorrente foram calculados a correlação linear de Pearson (r), o coeficiente de determinação (R^2) e os erros de medida (erro

Tabela 1. Estágios da 2ª etapa do presente estudo e valores estimados de consumo de oxigênio pelas equações sugeridas pelo ACSM (2003)

Tempo	Velocidade		Inclinação	VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	
	(m.min ⁻¹)	(km.h ⁻¹)		Caminhando	Correndo
1-4	80,4	4,8	0	11,5	
5-9	80,4	4,8	5	18,7	
10-14	120,6	7,2	0	15,5	27,6
15-19	120,6	7,2	5	26,4	33,0
20-24	160,8	9,6	0		35,6
25-29	160,8	9,6	5		42,8

constante, EC, erro total, ET, e o erro padrão de estimativa, EPE) e o teste *t* pareado entre valores mensurados e estimados, seguindo os critérios de Lohman⁽²¹⁾. Para ser válida, a equação deve, simultaneamente, estimar valores estatisticamente semelhantes aos valores medidos e apresentar coeficiente de correlação maior do que 0,79. Os valores de erro, de acordo com a literatura⁽¹⁹⁾, devem ser menores do que 5ml O₂. kg⁻¹.min⁻¹. O nível de significância foi estabelecido em 0,05 e todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o pacote computacional SPSS, versão 10.

RESULTADOS

A tabela 2 apresenta as características morfofuncionais da amostra estudada. Foi observado, com relação aos critérios para determinação do VO₂ max, que 97,2% (n = 35) dos indivíduos atingiram a FC Max > 90% da prevista pela idade, que todos (n = 36) obtiveram QR maior ou igual a 1,1 e 91,6% (n = 33) atingiram ambos os critérios. Todavia, somente 12 indivíduos (33,3%) estabilizaram o VO₂ com o avanço do teste até a última velocidade atingida do teste.

Somente na observância do pressuposto 1, que considera o estado de equilíbrio em uma atividade submáxima, é que as estimativas de VO₂ de atividade com as equações metabólicas podem ser realizadas⁽²⁾. Dessa maneira, considerando os valores de VO₂max e FCM

Tabela 2. Valores descritivos da amostra de homens jovens de 20 a 30 anos de idade

Variáveis	Média ± desvio-padrão	Valores mínimo e máximo
Idade (anos)	23,95 ± 3,25	20,01 - 29,98
Massa Corporal (kg)	72,89 ± 8,49	58,20 - 97,70
Estatura (cm)	177,98 ± 5,92	163,50 - 190,00
VO ₂ max		
Absoluto (l O ₂ .min ⁻¹)	3,61 ± 0,46	2,86 - 4,95
Relativo (ml O ₂ .kg ⁻¹ .min ⁻¹)	49,72 ± 5,23	38,43 - 61,13
RQ	1,15 ± 0,06	0,99 - 1,30
FCM (bpm)	186,92 ± 9,61	166 - 205
% FCM (bpm)	92,89 ± 17,20	

atingidos no teste de exercício máximo (1ª etapa), pode-se considerar que a intensidade do VO₂, na faixa de atividade moderada (50 a 69% da FCM ou 45 a 59% do VO₂max⁽²⁾), ocorreu até o 24º minuto pelo consumo de oxigênio e até o 19º minuto pela FC. Ainda considerando o estado de equilíbrio, pode-se observar que a variação na intensidade nos dois minutos finais de cada estágio não ultrapassou 1%, sendo a maior diferença encontrada (0,8ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹) entre o 29º e 30º minutos, conforme demonstrado na figura 1 (A e B) para a caminhada e a corrida.

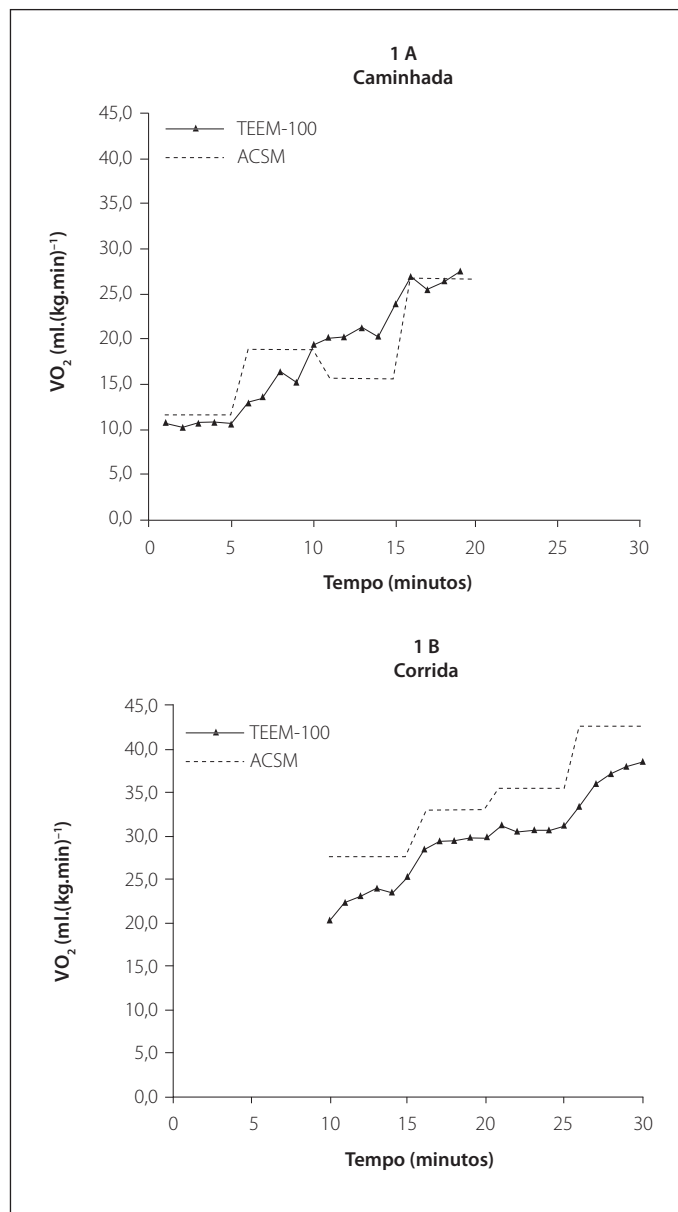


Figura 1. Valores mensurados e estimados do consumo de oxigênio por minuto em homens de 20 a 30 anos de idade.

Observou-se o aumento do VO₂ e da FC com o aumento das cargas de trabalho, demonstrando que o desenho experimental do estudo respeitou o pressuposto 2 (linearidade do aumento do VO₂). Independente do tipo de incremento (velocidade ou inclinação), esses aumentos ocorriam até o 3º minuto de cada estágio com subsequente estabilização entre o 4º e 5º minuto^(22,23).

Para a caminhada, não foi observado um padrão na estimativa, embora os valores de VO₂ tenham sido diferentes do medido (*p* < 0,05), exceto na velocidade de 80,4 m.min⁻¹, como pode ser observado na tabela 3. Os valores do EPE variaram entre 1,56 e 3,15ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹,

Tabela 3. Valores estimados e mensurados de consumo de oxigênio ($\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) no minuto final de cada estágio

Tempo (min)	Velocidade ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	Inclinação (%)	Atividade motora	n	ACSM	TEEM	Dif%	Valor p
						$\bar{x} \pm s$		
5	80,4	0	Caminhada	36	11,5	$11,37 \pm 1,97$	1,1	ns
10	80,4	5		36	18,7	$15,13 \pm 1,56$	19,6	< 0,05
15	120,6	0		14	15,5	$20,24 \pm 2,05$	-30,2	< 0,05
20	120,6	5		8	26,4	$27,46 \pm 0,98$	12,1	< 0,05
15	120,6	0	Corrida	22	27,6	$23,48 \pm 2,66$	4,1	ns
20	120,6	5		28	33,0	$29,77 \pm 3,55$	3,2	< 0,05
25	160,8	0		36	35,6	$31,35 \pm 3,98$	12,0	< 0,05
30	160,8	5		36	42,8	$39,08 \pm 3,46$	3,7	< 0,05

Nota: Dif% (percentual da diferença entre valores estimado e medido)

considerando-se a presença ou não de inclinação e ainda para todo o trabalho de caminhada (tabela 4). O comportamento observado com a equação da corrida foi de superestimação ($p < 0,05$). Quando os indivíduos correram na velocidade de $120,6 \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$, sem inclinação, não foi observada diferença significativa entre os valores estimados e os mensurados pelo TEEM-100. A variação do EPE ficou em torno de $3,5 \text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

A tabela 4 apresenta os demais valores para a validação das equações, *i.e.*, r , R^2 , EC e ET. Foi observada correlação significativa entre os valores mensurados e estimados, com coeficientes acima de 0,70. Os valores de erro constante e de erro total foram similares entre as equações, quando comparadas as atividades com e sem inclinação. No entanto, na análise conjunta de todas as intensidades de trabalho, o erro constante foi menor na equação da caminhada. Nenhuma das equações pode ser considerada válida, uma vez que os critérios não foram alcançados simultaneamente, ou seja, valores estimados significativamente diferentes, coeficiente de correlação linear $> 0,79$ e erros $< 5 \text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Tabela 4. Indicadores estatísticos da validade concorrente das equações do ACSM em homens de 20 a 30 anos de idade*

Equação	r	R ²	EC	ET	EPE
Caminhada					
Sem inclinação	0,90	0,81	-1,19	2,97	2,79
Com inclinação (5%)	0,70	0,49	3,62	3,94	1,56
Total	0,78	0,61	0,65	3,26	3,15
Corrida					
Sem inclinação	0,74	0,55	1,38	5,43	3,54
Com inclinação (5%)	0,80	0,64	3,48	4,90	3,49
Total	0,84	0,70	3,60	5,02	3,52

Nota: r = coeficiente de correlação de Pearson, R^2 = coeficiente de determinação, EC = erro constante, ET = erro total e EPE = erro padrão de estimativa em $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

DISCUSSÃO

O presente trabalho se propôs a investigar a validade concorrente das equações do ACSM, dada a praticidade de aplicação dessas equações como técnica indireta para estimativa do VO_2 . Não foram encontrados estudos de validação na literatura consultada em amostras com adultos jovens brasileiros, o que justifica a realização do presente estudo, pois indivíduos dessa faixa etária representam grande parcela dos praticantes de atividade física em academias, clubes e parques. Por sua praticidade e aplicabilidade, uma das maiores contestações da utilização das equações do ACSM seria sua validade, indicando, dessa forma, a necessidade de estudos que identifiquem essa propriedade. Os achados deste estudo sugerem que as equações superestimam o VO_2 nas velocidades utilizadas, exceto em $80,4$ e $120,6 \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ (apenas quando os indivíduos correm).

Quanto ao estado de equilíbrio (pressuposto 1), houve a estabilização da FC e do VO_2 , demonstrada pela comparação realizada entre os últimos minutos de cada estágio ($p > 0,05$). O aumento da carga ocorreu após o estabelecimento do estado de equilíbrio, minimizando possíveis interferências do estágio anterior no VO_2 do estágio subsequente, na medida em que o indivíduo já estaria preparado para um novo incremento de carga. Assim, o efeito cumulativo da carga sobre o VO_2 parece ser desprezível, não conferindo uma limitação ao estudo. Além disso, outros estudos^(8,24,25) têm sido realizados com *design* semelhante ao utilizado.

Alguns estudos⁽⁹⁻¹¹⁾ demonstraram que as equações do ACSM apresentam problemas na estimativa do consumo de oxigênio. Quanto à validação da equação da caminhada do ACSM, Maliszewski & Pull⁽⁹⁾ relataram estudo com 21 indivíduos (de 55 a 75 anos de idade) que realizaram um trabalho de no mínimo sete minutos a $80 \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. Esses autores concluíram que a equação metabólica subestimou o consumo de oxigênio significativamente ($p < 0,0001$) em relação aos valores mensurados ($\text{VO}_2 = 14,8 \text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), sugerindo que essa equação não seria indicada para estimativa do VO_2 em idosos, devido ao erro observado. No presente estudo, só foi observada diferença significativa quando a caminhada nessa velocidade foi realizada com inclinação de 5%.

Para Walker *et al.*⁽¹¹⁾, que desenvolveram a validação cruzada com adolescentes, ambas as equações do ACSM subestimaram o VO₂ (caminhada: R = 0,87, ET = 8,46ml.kg⁻¹.min⁻¹, EPE = 3,12ml.kg⁻¹.min⁻¹ e corrida: R = 0,86, ET = 3,62ml.kg⁻¹.min⁻¹, EPE = 3,55ml.kg⁻¹.min⁻¹). A menor eficiência mecânica entre os adolescentes, quando comparados com os adultos, pode ter sido uma das causas para o erro de estimativa, fato anteriormente relatado por Ng⁽²⁶⁾. No caso do presente estudo, a amostra selecionada foi composta por indivíduos fisicamente ativos e, portanto, supostamente mais eficientes. É possível que essa seleção possa ter criado um viés no estudo, resultando em superestimação das equações do ACSM. Todavia, os valores de EPE dos dois estudos são bastante similares.

Em um estudo⁽⁸⁾ com 22 indivíduos testados em situações de altitude e ao nível do mar, a equação da caminhada foi validada na esteira em velocidade fixa de 50m.min⁻¹ em várias inclinações (10, 15, 18, 21, 24 e 27%). Apenas em 0 e 5% de inclinação, os valores medidos foram maiores (p < 0,05). O EPE encontrado foi de 2,2 e 2,0ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹, respectivamente, na altitude e ao nível do mar. Embora o presente estudo tenha investigado velocidades maiores de caminhada (80,4 e 120,6m.min⁻¹), os valores estimados de VO₂ da caminhada com e sem inclinação foram diferentes dos obtidos diretamente em três situações (tabela 3).

Quando a equação metabólica para corrida foi estudada em intensidades entre 50% e 85% do VO₂ pico ou entre 134 e 158m.min⁻¹ em homens a 0%, 3% e 6% de inclinação, Ruiz & Shermam⁽¹⁵⁾ concluíram

que essa equação significativamente superestimou o custo de oxigênio em 88% dos indivíduos. Os resultados do presente estudo corroboram a superestimação da equação de corrida.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as equações de caminhada e de corrida propostas pelo ACSM (2003) superestimaram o consumo de oxigênio de atividade durante a caminhada e a corrida com e sem inclinação em amostra brasileira de homens jovens. Os coeficientes de correlação e de determinação foram superiores a 0,7 e os valores de erro padrão de estimativa variaram entre 1,56 e 3,54ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹. Contudo, os critérios estabelecidos para a validação das equações não foram atingidos de maneira simultânea no presente estudo.

As principais implicações estão relacionadas à aplicação dessas equações metabólicas no cotidiano, sobretudo, para a orientação do exercício físico em lugares tais como centros de treinamentos e parques, onde há limitação para a medição direta do VO₂. Na utilização das equações deverá ser levado em consideração o seu erro de estimativa. Contudo, sugerem-se outros estudos com amostras diversas de sexo, idade e condição física, a fim de continuar a investigação da validade das equações metabólicas do ACSM.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American College of Sports Medicine. Guidelines for Graded Exercise Testing and Exercise Prescription. Philadelphia: Lea & Febiger, 1975.
2. American College of Sports Medicine. Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. 5a. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003.
3. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
4. Dill DB. Oxygen used in horizontal and grade walking and running on the treadmill. *J Appl Physiol* 1965;20:19-22.
5. Nagle FJ, Balke B, Naughton JP. Gradational step tests for assessing work capacity. *J Appl Physiol* 1965;20:745-8.
6. Heyward VH. Advanced fitness assessment & exercise prescription. Champaign, IL: Human Kinetics, 1997.
7. Brandon LJ. Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med* 1995;19:268-77.
8. Dalleck LC, Vella CA, Kravitz L, Robergs RA. The accuracy of the American College of Sports Medicine metabolic equation for walking at altitude and higher-grade conditions. *J Strength Cond Res* 2005;19:534-7.
9. Maliszewski AF, Puhl SM. Predicting the energy cost of walking in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(5 Suppl):165.
10. Peterson MJ, Pieper CF, Morey MC. Accuracy of VO₂ max prediction equations in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:145-9.
11. Walker JL, Murray TD, Jackson AS, Morrow JR Jr, Michaud TJ. The energy of horizontal walking and running in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:311-22.
12. Dakin KA, Palmer C, Darby LA, et al. Validity of the ACSM equations for estimating oxygen consumption for cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(5 Suppl):50.
13. Foster C, Crowe AJ, Daines E, Dumit M, Green MA, Lettau S. Predicting functional capacity during treadmill testing independent of exercise protocol. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:752-6.
14. Rondon MU, Forjaz CL, Nunes N, do Amaral SL, Barretto AC, Negrão CE. Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol* 1998;70:159-66.
15. Ruiz A, Shermam NW. An evaluation of the accuracy of the American College of Sports Medicine metabolic equation for estimating the oxygen cost of running. *Journal of Strength and Conditioning Research* 1999;13:219-23.
16. Tebexreni AS, Lima EV, Tambeiro VL, et al. Protocolos tradicionais em ergometria, suas aplicações práticas "versus" protocolo de rampa. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2001;11:519-28.
17. Wideman L, Stoudemire NM, Pass KA, McGinnes CL, Gaesser GA, Weltman A. Assessment of the aersport TEEM 100 portable metabolic measurement system. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:509-15.
18. AeroSport Inc. Manual de operações TEEM-100. Porto Alegre: INBRASPORT.
19. Powers SE, Howley ET. Fisiologia do exercício. Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 5a. ed. Barueri, SP: Manole, 2005.
20. Astrand P-O, Rodahl K, Dahl H, et al. Tratado de Fisiologia do Trabalho: bases fisiológicas do exercício. 4a. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
21. Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1992.
22. Bruce R, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 1973;85:546-62.
23. Silva AEL, Gagliardi JFL, Lotufo RFM, et al. Ajustes lineares vs. quadráticos da curva de consumo de oxigênio em teste progressivo. *Rev Bras Ciência e Mov* 2003;11:13-8.
24. Greiwe JS, Kohrt WM. Energy expenditure during walking and jogging. *J Sports Med Phys Fitness* 2000;40:297-302.
25. Montoye HJ, Ayen T, Nagle F, Howley ET. The oxygen requirement for horizontal and grade walking on a motor-driven treadmill. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:640-5.
26. Ng NK. METCALC software: metabolic calculations in exercise and fitness. In: Series METCALC software: metabolic calculations in exercise and fitness. Champaign: Human Kinetics, 1995.