



ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE O PROTOCOLO POLAR FITNESS TEST® PARA PREDIÇÃO DE $\dot{V}O_{2max}$ E ERGOESPIROMETRIA

ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN POLAR FITNESS TEST® PROTOCOL AND ERGOSPIROMETRY

Moacir Marocolo¹
Octávio Barbosa Neto¹
Jeferson Macedo Vianna²
André de Assis Lauria³
Fábio Lera Orsatti¹
Gustavo Ribeiro da Mota¹

1. Departamento de Ciências do Esporte – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM – Uberaba, MG, Brasil.
2. Programa de Mestrado em Biodinâmica do Movimento Humano – UFJF/UFV – Juiz de Fora, MG – Viçosa, MG, Brasil.
3. Faculdade de Educação Física e Desportos – Universidade Federal de Juiz de Fora – UJFJ – Juiz de Fora, MG, Brasil.

Correspondência:

Universidade Federal do Triângulo Mineiro – Departamento de Ciências do Esporte
Av. Frei Paulino, 30, Abadia 38025-180 – Uberaba, MG
E-mail: isamjf@gmail.com

RESUMO

Introdução: A importância da mensuração do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) é justificada por sua aceitação internacional como o melhor parâmetro fisiológico para avaliar a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório tanto em atletas como em não atletas que treinam fisicamente com objetivo de obter melhor saúde. **Objetivo:** Verificar a concordância entre os protocolos Polar Fitness Test® para a estimativa do $\dot{V}O_{2max}$ e o teste de esforço máximo com medida direta de gases. **Métodos:** Dezesete homens ativos (22,5 ± dois anos) participaram. Em repouso, aplicou-se o protocolo Polar Fitness Test® e, em seguida, a coleta direta de gases sob o esforço máximo, em esteira, seguindo o protocolo de Bruce. **Resultados:** Houve diferença significativa entre os valores médios dos métodos para estimativa do $\dot{V}O_{2max}$. O protocolo Polar Fitness Test® subestimou o $\dot{V}O_{2max}$ em média 15% (IC_{95%}: 24; -53%) comparado com a medida direta de gases. Os valores obtidos pelo Polar Fitness Test® não tiveram boa correlação com a medida direta em ergoespirometro ($r = 0,1$). **Conclusão:** O protocolo Polar Fitness Test® não é válido para a estimativa do $\dot{V}O_{2max}$ em homens jovens ativos fisicamente.

Palavras-chave: eficiência, consumo de oxigênio, coleta direta, estimativa, frequência cardíaca.

ABSTRACT

Introduction: The importance of maximal oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$) measurement is justified by its international acceptance as the best physiological parameter to assess the functional capacity of the cardiorespiratory system in both athletes and non-athletes who physically train in order to achieve better health. **Objective:** To determine the agreement between the Polar Fitness Test® protocols to estimate of $\dot{V}O_{2max}$ and the maximal exercise test with direct gas measurement. **Methods:** Seventeen active males (22.5 ± 2 years) participated in the study. At rest, the Polar Fitness Test® protocol by direct gas collection under maximum effort on treadmill and the Bruce protocol were applied. **Results:** Significant difference in the $\dot{V}O_{2max}$ estimation was observed between methods. The Polar Fitness Test® protocol underestimated $\dot{V}O_{2max}$ a mean of 15% (CI_{95%}: 24;-53%) when compared to the direct protocol. The values obtained by the Polar Fitness Test® did not correlate well with direct measurement in ergospirometer ($r = 0.1$). **Conclusion:** The Polar Fitness Test® protocol is not valid to estimate $\dot{V}O_{2max}$ in physically active young men.

Keywords: efficiency, oxygen consumption, ergospirometer, estimation, heart rate.

INTRODUÇÃO

A importância da mensuração do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) é justificada por sua aceitação internacional como o melhor parâmetro fisiológico para avaliar a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório tanto em atletas^{1,2} como em não atletas que treinam fisicamente com objetivo de obter melhor saúde³. Além disso, tem sido utilizado também como base para prescrição de exercícios físicos para indivíduos com doenças crônicas não transmissíveis como, por exemplo, diabéticos⁴.

A potência aeróbia pode ser determinada em laboratórios experimentais, por meio de ergômetros caros (esteiras, bicicletas etc) e com medidas diretas em espirômetros, durante exercício⁵. Entretanto, na prática, avaliações simples, como as realizadas em bancos, pista ou esteira rolante são também eficazes, de baixo custo e de grande viabilidade e praticidade em suas aplicações⁶⁻⁸. As estimações indiretas representam

ferramenta útil à disposição do treinador e do atleta, principalmente por se basearem em observações colhidas no ambiente real, com todos os fatores influenciadores presentes, e não nas condições de laboratórios fechados⁹. No entanto, são necessários dispositivos apropriados de mensuração que sejam confiáveis e válidos¹⁰. Além disso, sabemos que a potência aeróbia máxima varia com o peso corporal, hábitos de atividade física, idade e sexo^{5,11}.

O protocolo denominado Polar Fitness Test® se propõe a prever o $\dot{V}O_{2max}$ testando o indivíduo em repouso e se baseia na utilização da variabilidade da FC (VFC). A VFC é a variação que ocorre entre batimentos cardíacos sucessivos em ritmo sinusal. Como o modelo do frequencímetro utilizado no Polar Fitness Test® consegue registrar os sinais de VFC, que são obtidos a partir do registro dos intervalos RR, é possível estimar o $\dot{V}O_{2max}$. Tal estimativa ocorre graças ao tradicional efeito fisiológico, do treinamento físico aeróbio, que é a maior estimu-

lação do sistema nervoso parassimpático em repouso. Consequentemente, há também aumento da modulação autonômica e da VFC⁽¹²⁾.

Nesse sentido, este protocolo (Polar Fitness Test[®]) possibilita a aplicação de teste de $\dot{V}O_{2max}$ em algumas situações em que não haja instrumentos padronizados para tal fim e/ou em indivíduos inaptos a realizarem testes máximos ou submáximos. É evidente que em algumas ocasiões isto seria útil.

Neste contexto, o protocolo Polar Fitness Test[®] estima o valor do $\dot{V}O_{2max}$ a partir de uma "rede neural artificial", tendo como variáveis de entrada: idade, sexo, estatura, peso, nível de atividade física e VFC⁽¹³⁾.

A coleta de dados por meio do Polar Fitness Test[®], além de ser um método portátil, rápido e barato para mensurar o $\dot{V}O_{2max}$, pode incentivar novos trabalhos. Apesar disso, comparações entre o método direto com análise de gases e o protocolo em questão que o validaram não foram estudadas sistematicamente. Desse modo, este estudo teve como objetivo verificar a concordância entre o protocolo Polar Fitness Test[®], para a estimativa do $\dot{V}O_{2max}$ e teste de esforço máximo com análise direta de gases, em indivíduos ativos, sexo masculino e idade entre 19 e 27 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) sob o parecer 171/2008. Além disso, todos os participantes foram informados sobre os objetivos e potenciais riscos envolvidos neste estudo e assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Para participar deste estudo, os indivíduos deveriam obedecer aos seguintes critérios de inclusão/exclusão: sexo masculino, não fumar, não ser portador de doenças cardiovasculares e outras que poderiam impedir a participação em testes físicos máximos e que utilizavam qualquer tipo de medicamento na época do estudo. Adicionalmente, o nível de atividade física deveria ser classificado acima de 2 de acordo com a tabela 1⁽⁴⁾.

De 29 voluntários, 17 atenderam aos critérios descritos e, portanto, foram selecionados. A característica da amostra consta da tabela 2.

Os indivíduos foram inicialmente submetidos à anamnese e medidas antropométricas. Em seguida, permaneceram em posição supina (repouso) por cinco minutos e aplicou-se o protocolo Polar Fitness Test[®] (frequencímetro Polar[®] modelo RS800) que utiliza idade, sexo, estatura, massa corporal e nível de atividade física por autoavaliação (tabela 1).

Foi realizado o teste de esforço máximo em esteira rolante (KT-10200 ATL, Inbramed[®]), seguindo o protocolo de Bruce^(11,15), utilizando analisador de gases (Teem 100/Inbrasport[®]), no Laboratório de Avaliação Motora da Faculdade de Educação Física da UFJF.

Tabela 1. Classificação do nível de atividade, segundo o Polar Fitness Test[®]⁽¹⁴⁾.

Nível	Atividade física semanal
1 Baixo	< 30min
2 Médio	30 a 60min
3 Alto	60 a 180min
4 Máximo	> 180min

Tabela 2. Características gerais dos participantes.

	Média	DP	Mínimo	Máximo
Idade	22,4	2,0	19	27
Peso	71,7	10,0	49,1	93,7
Estatura	177,7	8,4	158,8	189,6
%G	8,6	3,9	3,5	16,7
FC _{Rep}	60,5	7,9	45	78

Das principais características do protocolo destacam-se o tempo de duração do estágio, constante em três minutos, a velocidade de trabalho variando entre 1,7 a 6,0MPH (2,73 a 9,65km/h) e aumentos constantes da inclinação em 2% (1,8°)^(11,15). É também um teste de esforço que possui uma estimativa realista da potência aeróbia máxima⁽¹⁶⁾. Para confirmar o teste como sendo máximo foi utilizado um critério secundário, a permuta respiratória (R) superior a um (1,0)⁽¹⁷⁾.

Ao final do teste de esforço máximo, foram registrados: FC_{max} e o pico de $\dot{V}O_{2max}$ (mais alto valor de captação de oxigênio medido durante o teste⁽¹⁷⁾).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para analisar a validade concorrente do método de predição em relação ao método direto, para estimar o $\dot{V}O_{2max}$, foram comparadas as médias por meio do teste *t* de Student pareado (95% de significância), correlação linear de Pearson e coeficiente de determinação (R²). Para determinar a concordância entre as medidas foram utilizados os coeficientes de correlação de concordâncias e intraclasse. Ainda foram analisados a diferença média (DM) e o erro padrão de estimativa (EPE) entre as técnicas e análise da dispersão dos resíduos.

RESULTADOS

A tabela 3 apresenta os resultados referentes à validade concorrente do método de predição (Polar Fitness Test[®]) em relação ao método direto, para estimar o $\dot{V}O_{2max}$. Houve diferença significativa (*p* < 0,01) entre as médias, sendo a DM = -7,0ml/kg/min. A correlação entre os métodos foi de *r* = 0,09 (*p* = 0,742). O R² indica que menos de 1% do $\dot{V}O_{2max}$ predito foi explicado pelo $\dot{V}O_{2max}$ direto.

Observou-se baixo grau de concordância nas estimativas, sendo 0,06 (IC_{95%}: -0,23 a 0,43) e 0,06 (IC_{95%}: -0,27 a 0,37) para os coeficientes de correlação intraclasse e concordância, respectivamente.

A figura 1 indica que o erro médio entre os métodos direto e de predição foi de 14,8% ± 19,7% e IC_{95%} de 23,9%; -53,4% (limite de concordância).

Tabela 3. Análise de validade concorrente do método de predição para a estimativa de $\dot{V}O_{2max}$ (mL.kg.min⁻¹).

Métodos	Média	DP	r	R ²	DM
$\dot{V}O_{2max}$ Direto	52,1	6,4	0,09	0,008	-7,0*
$\dot{V}O_{2max}$ Polar ¹	45,1	7,5			

DM = diferença média; *r* = coeficiente de correlação; *r*² coeficiente de determinação; $\dot{V}O_{2max}$ obtido pelo Polar Fitness Test[®] **p* < 0,01 (teste *t* de Student pareado).

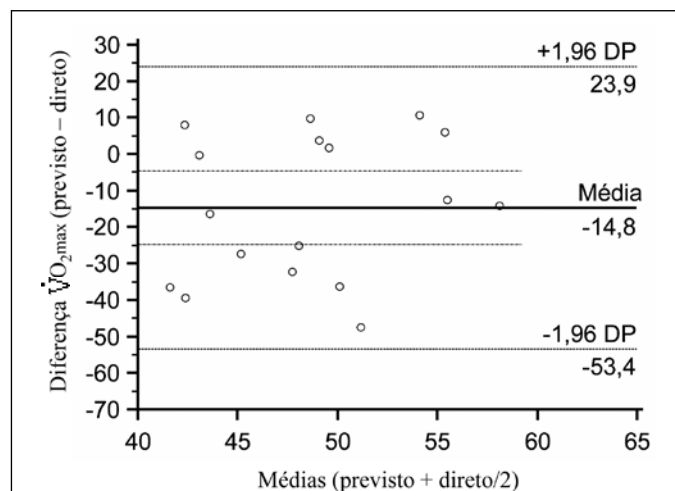


Figura 1. Análise dos escores residuais do obtida pelos métodos de predição e direto. A linha contínua representa o erro médio e a linha tracejada representa o erro médio e o intervalo de confiança (95%).

DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi verificar a concordância entre os testes Polar *Fitness Test*[®] e de esforço máximo direto em homens fisicamente ativos. Nossos resultados mostraram que não há concordância entre os dois protocolos analisados.

O teste considerado padrão ouro para determinação do $\dot{V}O_{2max}$ envolve análise direta da troca gasosa¹⁷ e este procedimento foi executado neste estudo, o que confere alta confiabilidade aos nossos resultados. Da mesma maneira, para comparação com o protocolo Polar *Fitness Test*[®], foram obedecidas todas as diretrizes recomendadas^{13,14}.

Em relação aos valores encontrados em nossa amostra, os valores de $\dot{V}O_{2max}$ obtidos pelo método direto ($52,1 \pm 6,4 \text{ mL.kg.min}^{-1}$) demonstraram que os participantes realmente podem ser considerados ativos fisicamente¹⁸, o que está em consonância com nossos critérios de exclusão e inclusão.

Segundo Kinnunen *et al.*¹³, o resultado do teste de validação do freqüencímetro apresentou coeficiente de correlação elevado de 0,8 com testes máximos em esteira. No presente estudo, os resultados demonstraram que houve diferença significativa entre as médias de $\dot{V}O_{2max}$ nos métodos propostos, direto e de predição pelo Polar *Fitness Test*[®]. É importante salientar que os erros na estimativa de $\dot{V}O_{2max}$ pelos métodos diretos e de predição (figura 1) sugerem que a média nas diferenças ($14,8\% \pm 19,7\%$) são altas e as variações de $\dot{V}O_{2max}$ são extremas, pois 95% da amostra apresentam um erro entre 24% e -53% (variação de 77%), notando-se, assim, que a equação proposta pelo Polar *Fitness Test*[®] não é adequada para estimar o $\dot{V}O_{2max}$. A baixa concordância foi confirmada pelos coeficientes de correlação de concordâncias e intraclasse.

Nossos resultados corroboram os achados de Krueel *et al.*¹⁹, que encontraram em 61 acadêmicos de educação física, saudáveis e não atletas, com idade entre 18 e 24 anos, uma reprodutibilidade alta do protocolo, porém sem validade, devido à acurácia questionável.

Os erros mensurados pelo Polar *Fitness Test*[®] podem ocorrer em virtude de uma das variáveis de entrada (nível de atividade física) ser autoavaliativa (1 a 4) desencadeando diferenças importantes no cálculo do $\dot{V}O_{2max}$.

Apesar de o protocolo Polar *Fitness Test*[®] utilizar o fato estabelecido na literatura de que a VFC é maior em repouso em indivíduos bem treinados quando comparados com sedentários^{12,20} e, portanto, que há correlação entre maiores valores de $\dot{V}O_{2max}$ e VFC em repouso, nossos resultados mostraram que tal associação não tem boa acurácia. Nesse sentido, em situações nas quais os valores absolutos de $\dot{V}O_{2max}$ necessitam ser altamente exatos, como em atletas de alto rendimento, o uso do Polar *Fitness Test*[®] parece ser inapropriado.

Entretanto, uma aplicabilidade do protocolo Polar *Fitness Test*[®] seria a viabilidade de uso em condições de repouso (indivíduos lesionados ou com alto risco a testes máximos), caso haja uma boa concordância com os valores reais no grupo amostral a ser empregado. Além disso, uma boa reprodutibilidade já demonstrada por Krueel *et al.*¹⁹ possibilitaria a identificação das possíveis modificações do $\dot{V}O_{2max}$ em situações nas quais testes máximos não são preconizados, como, por exemplo, no meio da temporada competitiva de atletas, permitindo assim melhor ajuste da carga de treino.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que o protocolo Polar *Fitness Test*[®] não apresenta concordância com o teste de esforço máximo em esteira rolante, utilizando-se uma amostra homogênea, de indivíduos ativos e jovens, e tende a subestimar os valores de $\dot{V}O_{2max}$. É necessário estudos com amostras maiores, populações não homogêneas, a fim de se validar este protocolo de estimativa do $\dot{V}O_{2max}$.

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

REFERÊNCIAS

- Mollard P, Woorons X, Letournel M, Lamberto C, Favret F, Pichon A, et al. Determinants of maximal oxygen uptake in moderate acute hypoxia in endurance athletes. *Eur J Appl Physiol* 2007;100:663-73.
- Alvarez JC, D'Ottavio S, Vera JG, Castagna C. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *J Strength Cond Res* 2009;23:2163-6.
- Nybo L, Sundstrup E, Jakobsen MD, Mohr M, Hornstrup T, Simonsen L, et al. High-Intensity Training Vs. Traditional Exercise Interventions for Promoting Health. *Med Sci Sports Exerc* 2010 Feb 26.
- Leite SA, Monk AM, Upham PA, Bergenstal RM. Low cardiorespiratory fitness in people at risk for type 2 diabetes: early marker for insulin resistance. *Diabetol Metab Syndr* 2009;1:8.
- Mitchell JH, Blomqvist G. Maximal oxygen uptake. *N Engl J Med* 1971;284:1018-22.
- Leite PF. Fisiologia do Exercício, Ergometria e Condicionamento Físico. 4a, editor. São Paulo: Rober editorial; 2000.
- Cao ZB, Miyatake N, Higuchi M, Miyachi M, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Predicting VO2max with an objectively measured physical activity in Japanese women. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:179-86.
- Flouris AD, Metsios GS, Famiis K, Geladas N, Koutedakis Y. Prediction of VO2max from a new field test based on portable indirect calorimetry. *J Sci Med Sport* 2010;13:70-3.
- Moreira SB. Equacionando o Treinamento: a matemática das provas longas. Rio de Janeiro: Shape Editora; 1996.
- Fernandes Filho J. A Prática da Avaliação Física. Rio de Janeiro, RJ: Shape Editora; 2003.
- Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 1973;85:546-62.
- Jurca R, Church TS, Morss GM, Jordan AN, Earnest CP. Eight weeks of moderate-intensity exercise training increases heart rate variability in sedentary postmenopausal women. *Am Heart J* 2004;147:e21.
- Kinnunen H, Väinämö K, Hautala A, Mäkilä T, Tulppo M, Nissilä S, editors. Artificial neural network in predicting maximal aerobic power, 2000.
- Peltola K, Hannula M, Held T, Kinnunen H, Nissilä S, Laukkanen R, et al, editors. Validity of polar *fitness test* based on heart rate variability in assessing vo2max in trained individuals. Abstract in Proc 5th Annual Congress of ECSS; 2000; Jyväskylä, Finland.
- Bruce RA. Exercise testing of patients with coronary heart disease. Principles and normal standards for evaluation. *Ann Clin Res* 1971;3:323-32.
- Froelicher VF Jr, Lancaster MC. The prediction of maximal oxygen consumption from a continuous exercise treadmill protocol. *Am Heart J* 1974;87:445-50.
- Mcardle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 6a, editor. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2008.
- ACSM. Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2006.
- Krueel LFM, Coertjens M, Tartaruga LAP, Pusch HC. Validade e Fidedignidade do Consumo Máximo de Oxigênio Predito pelo Freqüencímetro Polar M52. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2003;2:147-56.
- Davy KP, Willis WL, Seals DR. Influence of exercise training on heart rate variability in post-menopausal women with elevated arterial blood pressure. *Clin Physiol* 1997;17:31-40.