

**VALIDADE DE EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA DE VO₂ MAX EM MILITARES:
 PICO DE VELOCIDADE EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA VERSUS TESTE DE COOPER**

Hamilton dos Santos¹, Bianca dos Santos¹
 Jairo Luis Rosa¹ Junior, Matheus Timm Vieira¹
 Marcio Robson Verzola¹, Ramon Diego Waltrick¹, Charles Borges¹

RESUMO

O presente estudo visa verificar a validade da estimativa do VO₂ máx por meio do teste de Cooper (12 minutos no tempo), e compará-la com o valor da medida padrão-ouro por meio do teste incremental em esteira, (medida das trocas gasosas) e a comparação com protocolos como; VAMEVAL e ACSM (American College of Sports Medicine). A amostra foi composta por 35 sujeitos do sexo masculino (19,3 ± 0,4 anos; 70,8 ± 3,6 kg; 173,1 ± 5,5 cm). O teste t de student com amostras pareadas foi utilizado para comparar a variável VO₂ máx (software SPSS), e o nível de significância de 5% foi utilizado na análise. Resultados: medida direta (59,9 ± 4,6), estimativas do teste de Cooper (45,4 ± 3,6; p<0,001); VAMEVAL (55,7 ± 2,7; p<0,001); ACSM (58,9 ± 2,7; p=0,166). Conclusão: O protocolo ACSM é a estimativa que mais se assemelha à medida direta na análise da amostra envolvida.

Palavras-chave: VO₂ max, Equações de estimativa. Medida direta e indireta.

ABSTRACT

Validity of VO₂ max estimation equations in military: peak speed on ergometric treadmill versus cooper test

The present study aims to verify the validity of the VO₂ max estimate by means of the Cooper test (12 minutes in time), and to compare it with the value of the gold standard measurement by means of the incremental test on a treadmill (measurement of gas exchange) and comparison with protocols such as; VAMEVAL and ACSM (American College of Sports Medicine). The sample consisted of 35 male subjects (19.3 ± 0.4 years; 70.8 ± 3.6 kg; 173.1 ± 5.5 cm). Student's t test with paired samples was used to compare the variable VO₂ max (SPSS software), and the significance level of 5% was used in the analysis. Results: direct measurement (59.9 ± 4.6), Cooper's test estimates (45.4 ± 3.6; p <0.001); VAMEVAL (55.7 ± 2.7; p<0.001); ACSM (58.9 ± 2.7; p=0.166). Conclusion: The ACSM protocol is the estimate that most closely resembles the direct measure in the analysis of the sample involved.

Key words: VO₂ max. Estimation equations. Direct. Indirect measure.

1-Universidade do Estado de Santa Catarina-
 UDESC, Florianópolis-SC, Brasil.

E-mail dos Autores:
 hamiltonsantos1991@gmail.com
 bia.dossantos95@gmail.com
 jairo_personal@hotmail.com
 matheustimm91@gmail.com
 mrverzola@hotmail.com
 waltrick51@gmail.com
 charlesciclista@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A avaliação da aptidão física de um indivíduo é um fato importante na obtenção de dados de nível de condicionamento físico e ferramenta auxiliar para a prescrição de treinamento como medidas de avaliação desses fatores temos o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) que é a capacidade de captar, transportar e utilizar o oxigênio durante determinado esforço físico (Kravchychyn e colaboradores, 2015).

Shephard definiu que o consumo máximo de oxigênio é a medida mais comumente usada em laboratórios para mensurar o exercício físico, e que o VO_2 máx necessita ser melhor aprofundado não apenas por meio do esporte, mas também por suporte a saúde.

O critério clássico para avaliar a potência aeróbia é o método direto, onde o indivíduo é submetido a um estresse físico com cargas progressivas, sendo o mesmo um teste ergométrico onde são analisadas as frações de dióxido de carbono e oxigênio assim como a ventilação pulmonar.

Segundo Costa e colaboradores (2013) o método direto é considerado padrão-ouro para avaliação de índices fisiológicos, porém seus custos para aplicação são altos, necessitando de equipamentos, locais adequados e profissionais capacitados para melhor confiabilidade dos resultados.

Como uma alternativa mais acessível para obtenção do VO_2 máx existem os métodos indiretos que proporcionam um valor estimado através de equações preditivas.

Além do baixo custo para aplicabilidade de teste de medida indireta também há a facilidade de se avaliar uma escala maior de indivíduos. Entretanto a validade dos resultados a partir de métodos indiretos permanece questionada pela literatura, em função dos erros aleatórios e sistemáticos presentes nas equações.

A aplicação do teste de Cooper ainda é utilizada atualmente como uma forma fidedigna para se avaliar o VO_2 máx de indivíduos, sendo ela uma alternativa de fácil aplicabilidade, entretanto nota-se uma dificuldade por parte do indivíduo avaliado de se manter motivado durante o teste e manter um ritmo adequado durante a realização dele.

Cooper (1968) define o "ranking" do teste de Cooper por meio de seus resultados práticos sendo; inferiores a 1,6km (muito fraco), 1,6km até 2km (fraco), 2km até 2,4km

(médio), 2,4km até 2,8km (bom), superiores a 2,8km (excelente).

Uma alternativa para estimar a menor velocidade em que o VO_2 máx é atingido é a determinação do pico de velocidade (PV), como apresentado no estudo de Silva e colaboradores, (2011); Lucas e colaboradores (2016), onde o PV obtido no teste de Carminatti (T-CAR) não apresentou diferença significativa quando comparado com a velocidade aeróbia máxima obtida em teste de laboratório.

Sendo está uma alternativa para estimar o VO_2 máx, e tendo como o erro padrão de estimativa (EPE) 4,3 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (~7%), o que é considerado aceitável para a equação de predição. Entretanto não se pode deixar de levar em consideração a correlação moderada ($r=0,46$) apresentada no referido estudo.

Corroborando com os resultados obtidos por (Carminatti e colaboradores, 2013) mostraram que o PV obtido através do teste de Vameval (TVAM) e do T-CAR foram similares e que está variável é válida para avaliar a potência aeróbia de um indivíduo, porém deve-se ter cautela em intercambialidade do tempo até a exaustão no PV.

A utilização do PV através dos testes de campo ou em esteira estão se tornando uma alternativa para mensuração da potência aeróbia, porém este fato está melhor relacionado aos testes de linha reta, pois em testes de mudanças de sentido em curtos espaços de tempo ou sem pausa entre os estímulos, não tem sido uma boa alternativa para avaliação do PV (Buchheit e colaboradores, 2008).

As equações para estimativa de VO_2 máx através do PV podem ser estimadas em protocolos já validados na literatura como o Vameval (Cazorla, 1990) tendo como intuito principal avaliação da aptidão aeróbia de um indivíduo, bem como ser utilizada para prescrição de treinamento levando em consideração praticidade e baixo custo de testes de campo e/ou em esteiras ergométricas existentes em clubes e academias.

Considerando o contexto supracitados, o presente estudo tem como objetivo avaliar a fidedignidade das equações avaliativas indiretas comparadas com o padrão ouro a partir de testes em esteira e em pista.

MATERIAIS E MÉTODOS**Amostra**

Participaram da pesquisa 35 sujeitos do sexo masculino ($19,3 \pm 0,4$ anos; $70,8 \pm 3,6$ kg; $173,1 \pm 5,5$ cm), militares, que obtiveram os melhores índices de aptidão física exigidos regularmente dentro do exército, foi assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O trabalho foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisas envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC) - ACCE: 68704717.0.0000.0118 bem como, foi autorizado pelo DECEX, órgão interno do Exército o qual é responsável pelos estudos realizados referente ao exército, e ao Comandante do 63º Batalhão de Infantaria.

Protocolo

As medidas antropométricas aferidas: estatura (estadiômetro profissional da marca Sanny,) e massa corporal (balança marca Toledo), foram padronizadas por Lohman e colaboradores (1988), sendo ambas mensuradas segundo Gordon e colaboradores (1988) e realizadas antes do teste incremental no LAPEDH. O teste incremental foi realizado na esteira rolante ergométrica motorizada da marca (Inbramed Millenium, modelo Super ATL), o analisador de gases (Quark PFTergo - Cosmed Srl, Roma, Itália) foi utilizado para determinar o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) durante os testes. Antes do início de cada teste o analisador de gases foi calibrado usando o ar ambiente e as concentrações conhecidas dos gases O_2 (16%) e CO_2 (5%) de acordo com as instruções do fabricante.

A turbina do analisador foi calibrada por meio de uma seringa com volume de três litros. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada por telemetria Polar (Polar Electro Oy).

O teste incremental foi realizado em uma esteira ergométrica com inclinação fixa de 1%, com o protocolo de Vameval (Cazorla, 1990) modificado na parte inicial, onde os militares iniciaram o teste a uma velocidade de 7 Km/h e duração de 5min.

Na sequência foi adotado o incremento fixo de 0,5 Km/h a cada minuto até ocorrer a exaustão máxima voluntária. Durante o teste, foram mensuradas continuamente a FC e o consumo de oxigênio (VO_2).

As trocas gasosas foram registradas a cada respiração através de uma máscara conectada a um analisador de gases de circuito aberto pela qual os indivíduos ventilaram durante todo teste.

Os dados de VO_2 foram plotados em função da velocidade em médias de 30 segundos, sendo que o maior valor atingido no teste foi considerado o VO_2 máx (média de 30 segundos).

A Frequência Cardíaca Máxima ($FC_{máx}$) foi considerada o maior valor atingido durante o teste. O pico de velocidade (PV) foi determinado conforme Kiupers e colaboradores (1985).

Para estimar o VO_2 max segundo o protocolo de Vameval (Cazorla, 1990) em sujeitos com idade ≥ 18 anos foi utilizada a seguinte equação:

$$VO_2 \text{ maxVameval} = 3,5 * PV$$

Onde: PV é o pico de velocidade obtido no final do teste incremental em $km \cdot h^{-1}$; e VO_{2max} é expresso em $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

Segundo a equação proposta pelo American College of Sport Medicine (ACSM, 2003) para se estimar o VO_2 max tem-se a equação:

$$VO_2 \text{ maxACSM} = 3,5 + (vel * 0,2) + [(incl/100) * vel * 0,9]$$

Onde: VO_2 max é expresso em $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$; e Vel = velocidade final em $m \cdot min^{-1}$; incl = % de inclinação da esteira

O teste de campo realizado foi o teste de Cooper de 12 minutos (Costa e colaboradores, 2013) na pista de saibro de 400 metros nas dependências do 63º Batalhão de Infantaria, sendo realizado uma bateria única para avaliação dos indivíduos, tendo como objetivo estimar a potência aeróbia máxima (VO_2 max).

Para facilitar a mensuração exata da distância percorrida durante o teste, foram distribuídos cones a cada 20m na pista. Para a estimativa do VO_2 max segundo o teste de Cooper foi utilizada a seguinte equação:

$$VO_2 \text{ maxCooper} = D - 504/45$$

Análise e estatística

Após a confirmação da normalidade da distribuição dos dados por meio do teste Shapiro-Wilk, optou-se pela estatística descritiva para apresentar os resultados das variáveis (média e DP, valores mínimo e máximo).

Para comparar a média do VO₂ maxMedido versus VO₂ maxCooper, VO₂ maxVameval, VO₂ maxACSM, respectivamente, foi utilizado o teste t de

Student para amostras pareadas. A associação entre as variáveis foi testada por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Foi utilizado o software SPSS (v.17, SPSS, Inc. Chicago, IL) e o nível de significância de 5% foi adotado em todas as análises.

RESULTADOS

A tabela 1 aponta as variedades antropométricas.

Tabela 1 - Valores (média ± DP, mínimo e máximo) das variáveis antropométricas:

Variáveis (n = 35)	Média ± DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	19,3 ± 0,38	18,0	20,5
Estatura (cm)	173,1 ± 5,48	161	186
Massa corporal (kg)	70,8 ± 9,55	53,0	95,4

A tabela 2 demonstra os valores em média do consumo máximo de oxigênio (VO₂ max em ml/kg/min).

Tabela 2 - Valores (média ± DP, Intervalo de Confiança IC95 oxigênio (VO₂max):

Variáveis (n = 35)	Média ± DP	IC (95%)	
		Inferior	Superior
VO ₂ maxMedido (ml/kg/min)	59,9 ± 4,6	58,3	61,5
VO ₂ maxCooper (ml/kg/min)	45,4 ± 3,6*	44,2	46,6
VO ₂ maxVameval (ml/kg/min)	55,7 ± 2,7*	54,8	56,7
VO ₂ maxACSM (ml/kg/min)	58,9 ± 2,7	58,0	59,9

A tabela 3 indica os valores de correlação entre o VO₂ maxMedido vs. VO₂ maxCooper, VO₂ maxVameval vs. VO₂ maxACSM:

*p<0,05 - Diferença significante em relação ao VO₂maxMedido

Tabela 3 - Valores das correlações entre o VO₂maxMedido vs. VO₂maxCooper, VO₂maxVameval vs. VO₂maxACSM:

Variáveis (n = 35)	VO ₂ maxCooper (ml/kg/min)	VO ₂ maxVameval (ml/kg/min)	VO ₂ maxACSM (ml/kg/min)
VO ₂ maxMedido (ml/kg/min)	r = 0,41 p = 0,017	r = 0,52 p = 0,002	r = 0,52 p = 0,002

DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou comparar os valores do VO₂maxMedido (padrão-ouro) com os valores das medidas indiretas (Vameval, Cooper e ACSM) a fim de analisar a validade das estimativas de VO₂ max, respectivamente.

De acordo com estudo publicado por Corbett e colaboradores (2008), o teste de Cooper é adequado para avaliação da aptidão aeróbia de sujeitos jovens ativos com idade média de 22 anos e familiarizados com a corrida.

No entanto, na comparação entre os resultados do VO₂ maxMedido (59,9 ml/kg/min) e o VO₂ maxCooper (45,4 ml/kg/min) no presente estudo, foi encontrada uma diferença significativa ($p < 0,05$) e de grande magnitude, ou seja, a estimativa de VO₂ maxCooper se mostrou subestimada em quase 25%. Além disso, a correlação foi fraca ($r = 0,41$; $p = 0,017$) entre os dois testes.

Este resultado vai de encontro ao achado de Cooper (1968) que avaliou 115 soldados da Força Aérea onde através de seu teste de 12 minutos versus o teste realizado em laboratório, obteve uma correlação alta ($r = 0,90$). Uma justificativa para tal fato é a grande variação da idade da amostra, assim como resultados muito heterogêneos de uma variável estudada Costa e colaboradores, (2013).

Embora a alternativa de avaliação do teste de Cooper seja uma avaliação de estimativa mais barata e de fácil aplicação, não se pode deixar de levar em consideração os possíveis erros na execução e coleta, quando comparados aos testes de medida direta.

Outra comparação realizada no presente estudo foi entre o VO₂ maxMedido e a estimativa de VO₂ max a partir do PV obtido no protocolo de Vameval (Cazorla, 1990), aplicado na esteira ergométrica.

Nesse caso, houve diferença significativa (VO₂ maxVameval menor), porém, uma diferença em média de 4,2 ml/kg/min (~7%). Quanto a correlação, se mostrou significativamente moderada ($r = 0,52$; $p = 0,002$).

Segundo Da Silva e colaboradores (2011) o PV está associado com a velocidade de consumo máximo de oxigênio, entretanto destaca que em testes incrementais este índice fisiológico também é influenciado pela capacidade e potência anaeróbia como

também pela capacidade neuromuscular para correr em altas velocidades.

Como apresentado no artigo, o PV em testes de campo é um índice de fácil obtenção, elevada validade e reprodutibilidade, e por isso vem sendo utilizado frequentemente em avaliações da potência aeróbia em jogadores de futebol.

A partir desses achados, como também referido no estudo de Floriano e colaboradores (2009), o PV é uma variável fisiológica que vem sendo bastante utilizada como avaliação de atletas, bem como na prescrição individualizada de treinamento.

Estes resultados podem ser levados em consideração com os achados do presente estudo, que traz uma correlação moderada entre os valores de comparação do VO₂ máxMedido com a estimativa do VO₂ máx a partir do PV proposto no protocolo de Vameval.

Esta alternativa ainda se mostra mais fidedigna em relação a avaliação da capacidade aeróbia quando comparada a avaliada pelo teste de Cooper, onde os valores do VO₂ máx se mostraram menores do que o apresentado pelo protocolo de Vameval.

Outro aspecto a ser ressaltado é a facilidade de aplicação do protocolo de Vameval em avaliações realizadas em academia e clubes, sem a necessidade de equipamentos sofisticados, o que de certa forma facilita o processo de avaliação e pode levar a um melhor direcionamento na prescrição do treinamento.

Em relação a terceira comparação do presente estudo, VO₂ maxMedido (59,9 ml/kg/min) vs. VO₂ maxACSM (58,9 ml/kg/min), não foi encontrada diferença significativa ($p = 0,166$) e a correlação se mostrou moderada e significativa ($r = 0,52$; $p = 0,002$).

Cabe destacar que o VO₂ max estimado pelo ACSM também é calculado a partir do PV obtido na esteira ergométrica, incluindo na equação a inclinação utilizada durante o teste.

Portanto, nesse estudo, ainda que o PV utilizado na equação do Vameval foi o mesmo, os resultados estimados se mostraram válidos na comparação com os resultados medidos (padrão-ouro), ainda que mereçam cautela na utilização em função da correlação apenas moderada.

No estudo de Filardo e colaboradores. (2008), investigaram-se a validade concorrente das equações do ACSM, dada a praticidade

de aplicação das equações sugeridas através das diretrizes a fim de se estimar o VO_2 max a partir do método indireto.

Porém os valores achados através desse estudo que tinha como objetivo validar equações de estimativa na corrida e na caminhada superestimaram o VO_2 máx, destacando exceção desses resultados nos valores da corrida (80,4 e 120,6 m.min⁻¹) apresentado no referido estudo. No mesmo estudo, o autor ainda ressalta problemas advindo da validação das equações de estimativa do ACSM.

Por Filardo e colaboradores (2008), quanto a validação da caminhada em relato de um estudo com 21 indivíduos (55 a 77 anos de idade) onde foi realizado um trabalho de no mínimo sete minutos a 80 m.min⁻¹, concluíram que a equação metabólica subestimou o VO_2 máx de forma significativa ($p < 0,001$) em relação aos valores mensurados (VO_2 max = 148 ml.kg⁻¹.min⁻¹), levando a conclusão de que essa equação não seria válida para estimar o VO_2 máx em idosos.

Existem diversos estudos que avaliam a aplicabilidade de testes de medida direta versus de medida indireta, porém a legitimidade dos achados fica subestimada pois muitos testes não são específicos para determinada faixa etária.

CONCLUSÃO

As estimativas de VO_2 max a partir do pico de velocidade obtido em esteira ergométrica pela equação de Vameval e pelo ACSM se mostraram alternativas acessíveis para serem utilizadas em academias e clubes que disponham desse equipamento.

Como conclusão do presente estudo, a estimativa de VO_2 max ACSM se mostrou mais válida e similar aos valores do padrão-ouro de avaliação da potência aeróbia.

Recomenda-se novos estudos a fim de justificar a baixa correlação apresentadas nos demais testes utilizados no presente estudo, como novas pesquisas relacionadas a aplicação das diretrizes do ACSM.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1-Buchheit, M.; Lepretre, P. M.; Behaegel, P. M.; Millet, G. P.; Cuvelier, G.; Ahmaidi, S. Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2008.

2-Carminatti, L. J.; Lima-Silva, A. E.; Oliveira, F. R. Aptidão aeróbia em esportes intermitentes: evidências de validade de construto e resultados em teste incremental com pausas. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. Vol. 3. Núm. 1. p. 1201. 2013.

3-Cazorla, G. Field tests to evaluate aerobic capacity and maximal aerobic speed. in: *Proceedings of the International Symposium of Guadeloupe*. Edits: Actshng and Areaps. 1990. 151-173.

4-Cooper, K. H. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake: Correlation Between Field and Treadmill Testing. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*. Vol. 203. Núm. 3. p. 201-204. 1968.

5-Corbett, K.; e colaboradores. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 29. Núm. 3. p. 147-152. 2008.

6-Costa, E. C.; e colaboradores. Validade da medida do consumo máximo de oxigênio e prescrição de intensidade de treinamento aeróbio preditos pelo teste de cooper de 12 minutos em jovens sedentários. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. São Paulo. Vol. 2. p. 246-254. 2013.

7-Filardo, R. D.; Rosendo da Silva, R. C.; Petroski, E. L. Validação das equações metabólicas para caminhada e corrida propostas pelo American College of Sports Medicine em homens entre 20 e 30 anos de idade. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 14. Núm. 6. p.523-527. 2008.

8-Floriano, L. T.; e colaboradores. Influência de uma temporada no pico de velocidade e no limiar anaeróbio de atletas de futebol. *Revista Brasileira de Futsal e Futebol*. São Paulo. Vol. 1. Núm. 3. p.259-269. 2009.

9-Gordon, C. C.; Chumlea, W. C.; Roche, A. F. Stature, recumbent length, and weight.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpex.com.br

Anthropometric standardization reference manual. Champaign. Human kinetics Books. p. 177. 1988.

10-Kravchychyn, A.; Kravchychyn, N. M. comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do VO₂ máx. Vol. 21. p.17-21. 2015.

11-Lucas, R. D.; e colaboradores. Estimativa do Consumo Máximo de Oxigênio a partir do Teste de Carminatti (T-Car) em Atletas de Futebol e Futsal. Caderno de Educação Física e Esporte. Vol. 14. Núm. 1. p. 11-18. 2016.

12-Lohman, T.; Roche, A. F.; Martorell, R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign. Human Kinetics. 1988. 117.

13-Silva, J. F.; Guglielmo, A. G. L.; Carminatti, L.; Oliveira, F.; Dittrich, N.; Paton, C. Validity and reliability of a new fieldtest (Carminatti's test) for soccer players compared with laboratory based measures. Journal of Sports Sciences. Vol. 29. Núm. 15. p. 1621-8. 2011.

Recebido para publicação em 23/10/2020

Aceito em 15/03/2021