

ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO MENSURADO PELO MÉTODO DIRETO E ESTIMADO POR EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO SEM A REALIZAÇÃO DE EXERCÍCIOS

Alessandra Claudino Frade¹; Fernando Gripp¹; Varley Teoldo da Costa¹; Leandro Vieira Lopes¹

RESUMO

Existem poucos estudos a respeito da capacidade aeróbia em atletas mensurada através de fórmulas de predição sem a utilização de exercícios físicos. O objetivo do presente estudo foi comparar o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) em jovens atletas mensurado através do método direto e estimado por equações de predição sem a necessidade de exercícios. A amostra foi composta por 20 atletas ($12,7 \pm 0,6$ anos; $168,08 \pm 7,7$ cm; $53,8 \pm 8,2$ kg). A avaliação da capacidade aeróbia utilizando o método direto foi realizada através do teste de espirometria de circuito aberto utilizando o protocolo de Bruce, em relação à fórmula de predição foi testada a desenvolvida por Bonen et al. (1979) utilizando as variáveis idade, massa corporal e estatura, direcionada ao cálculo do VO_{2max} em crianças e adolescentes. Comparando o valor de VO_{2max} mensurado pelo método direto ($49,4 \pm 5,2$ ml. Kg^{-1} . min^{-1}) e estimado pela equação de predição ($50,5 \pm 3,5$ ml. Kg^{-1} . min^{-1}) não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as duas metodologias. Conclui-se que é possível utilizar a fórmula de predição sem a realização de exercícios de Bonen et al. (1979) como forma alternativa para mensuração da capacidade aeróbia em jovens atletas.

Palavras-chave: Capacidade aeróbia, método direto, equações de predição

ABSTRACT

There are few studies about the aerobic capacity in athletes measured through prediction formulas without the use of physical exercises. The objective of this study was to compare the maximum oxygen consumption (VO_{2max}) in young athletes measured through the direct method and estimated by the prediction equations without the need for exercises. The sample was composed of 20 athletes ($12,7 \pm 0,6$ years; $168,08 \pm 7,7$ cm; $53,8 \pm 8,2$ kg). The assessment of aerobic capacity using the direct method was performed through the spirometry test of open circuit using the protocol of Bruce. The prediction formula tested was the developed by Bonen et al. (1979) using the variables age, body mass and height, directed to the calculation of VO_{2max} in children and adolescents. Comparing the value of VO_{2max} measured by the direct method (49.4 ± 5.2 ml. Kg^{-1} . min^{-1}) and estimated by the prediction equation (50.5 ± 3.5 ml. Kg^{-1} . min^{-1}), no statistically significant differences were found between the two methods. It follows that it's possible to use the prediction formula without the realization of exercises developed by Bonen et al. (1979) as an alternative way to measure the aerobic capacity in young athletes.

Key-words: Aerobic capacity, direct method, equations of prediction.

INTRODUÇÃO

Segundo Farinatti e Neto (2003) a aptidão cardiorrespiratória reduzida pode ser considerada um importante fator de risco, independente para o óbito por todas as causas, mas principalmente por doença coronariana. O trabalho específico direcionado ao sistema aeróbio de fornecimento de energia visa aumentar a resistência cardiovascular do indivíduo (LIMA, SILVA e SOUZA, 2005). A determinação desse parâmetro é obtida a partir do cálculo do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), que pode ser determinado pelo produto do débito cardíaco máximo (l/min) pela diferença arteriovenosa de oxigênio (ml de O_2 / l). Sendo assim o VO_{2max} está relacionado à capacidade funcional do coração (ACSM, 2000).

Fernandes (2003) afirma que a mensuração do VO_{2max} é um importante parâmetro fisiológico para prescrição de atividades físicas sob a forma de condicionamento físico normal (sedentários, obesos e idosos) ou especial (cardiopatas, pneumopatas, diabéticos etc.), ou ainda para a forma de treinamento físico e para a prescrição de atividades ocupacionais no ambiente de trabalho.

Existem diversos testes, tabelas e equações que estimam o VO_{2max} sob condições padronizadas numa tentativa de minimizar os custos e/ou simplificar procedimentos (SILVA e TORRES 2002).

Atualmente é possível determinar a eficiência do sistema cardiorrespiratório através da mensuração da capacidade aeróbia máxima (VO_{2max}). Existem dois métodos amplamente utilizados para a medição do VO_{2max} : o direto e o indireto. A medida direta do VO_{2max} submete o indivíduo a cargas crescentes e analisando as frações expiradas de oxigênio e dióxido de carbono durante o esforço e a ventilação pulmonar (LIMA, SILVA e SOUZA 2005). Quando a mensuração direta do VO_{2max} não é possível de ser realizada, pode ser utilizada uma ampla variedade de testes de esforço submáximos e máximos para estimar o VO_{2max} . Apesar da mensuração de forma indireta não ser tão precisa quanto o teste de medida direta, ela proporciona um resultado bastante preciso da aptidão de um indivíduo.

Devido à importância e a dificuldade de avaliar a capacidade cardiorrespiratória através de testes de exercícios, formas alternativas de avaliação tem sido desenvolvidas envolvendo equações de predição do VO_{2max} sem a necessidade de realização de exercícios físicos. É possível prever o VO_{2max} a partir de dados que independem do exercício. Esta predição sem exercício físico proporciona uma primeira estimativa útil para uma triagem rápida e uma possível classificação de grandes grupos de indivíduos (McARDLE, KATCH e KATCH, 2002).

Farinatti e Neto (2004) por meio de uma revisão de literatura apresentam diversas fórmulas de predição para diferentes grupos e faixas etárias. Taylor et al. (1978), Verma et al. (1980), Leon et al. (1981), Lee et al. (1988) e Verma et al. (1998) pesquisaram somente homens com idade adulta para o desenvolvimento da fórmula de predição sem exercícios físicos. Bruce et al. (1973), Milesis et al. (1987), Jackson et al. (1990), Siconolfi et al. (1985), Blair et al. (1989), Ainsworth et al. (1992), Myers et al. (1994), Whaley et al. (1995); Heil et al. (1995), Rankin et al. (1996), George et al. (1997), Mathews et al. (1999), desenvolveram fórmulas de predição do VO_{2max} envolvendo homens e mulheres com idade adulta. Somente quatro pesquisadores realizaram seus estudos envolvendo crianças e adolescentes, sendo eles: Verma et al. (1986); Bonen et al. (1979); Shephard et al. (1971) e Mayhew e Gifford (1975).

Shephard et al. (1971), desenvolveram o primeiro estudo com o objetivo de prever a aptidão cardiorrespiratória através de regressão múltipla e sem a realização de testes de exercício. Trinta e sete medidas antropométricas e índices de força corporal foram coletados em 46 crianças e adolescentes de ambos os sexos na cidade de Toronto (Canadá). As equações mais promissoras e de maior aplicabilidade para outros estudos foram aquelas baseadas na área de superfície corporal (calculada através das medidas da massa corporal e estatura). Segundo os autores, em crianças a aptidão cardiorrespiratória poderia ser predita pelo método desenvolvido.

Segundo Bonen et al. (1979) as equações de predição utilizando medidas de simples coleta podem ser uma ótima alternativa ao cálculo indireto da potência aeróbia. A partir de uma amostra de 100 garotos com idade de 6,7 a 14,8 anos os autores desenvolveram uma fórmula de predição de VO_{2max} através da análise de regressão múltipla utilizando as variáveis idade, massa corporal e estatura, obtendo um alto coeficiente ($R^2=0,88$).

Mayhew e Gifford (1975) utilizaram uma amostra de 31 garotos com idade entre $8,7 \pm 0,9$ com as variáveis volume de perna esquerda, dobra cutânea de coxa e de perna para o desenvolvimento da fórmula de predição do VO_{2max} . Inicialmente foi realizada a correlação das medidas antropométricas com o VO_{2max} , após esse procedimento a análise de regressão múltipla foi utilizada para selecionar a equação de predição.

Verma et al. (1986) desenvolveram um estudo onde o VO_{2max} , massa corporal e estatura foram obtidos para 70 garotos adolescentes saudáveis indianos com idade entre 11 e 18 anos usando técnicas simples. Uma matriz de correlação entre VO_{2max} , idade, estatura e massa corporal foi obtida. Foi observado que a massa corporal apresentou a maior correlação com o VO_{2max} e com isso a equação de regressão foi desenvolvida para determinação indireta do VO_{2max} .

Observamos, portanto, que entre as poucas fórmulas de predição para crianças e adolescentes, nenhuma utilizou amostras compostas por indivíduos treinados. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi comparar o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) em jovens atletas mensurado pelo método direto e estimado por equação de predição sem a necessidade de exercícios físicos.

DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Amostras

A amostra deste estudo foi composta por 20 jovens atletas, pertencentes à categoria mirim de um clube de futebol de Belo Horizonte de nível nacional, todos do gênero masculino, com traços étnicos variados e de diferentes estratificações de camada social. Os voluntários tinham de 12 a 13 anos de idade e tempo de treinabilidade de pelo menos um ano. O número de sessões de treinamento por semana é de no mínimo 3 vezes, com duração de 2 a 3 horas.

Procedimentos

Os voluntários foram considerados aptos a participar da pesquisa somente após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido pelos responsáveis e a liberação do departamento médico do clube, onde todos os atletas da equipe são obrigados a passarem anualmente conforme determinação da Comissão Médica da Confederação Brasileira de Futebol (CBF).

Os valores de massa corporal e estatura foram coletados inicialmente utilizando uma balança e um estadiômetro da marca Welmy. Posteriormente foi realizado o teste de VO_{2max} utilizando o método direto por meio da espirometria de circuito aberto modelo VO2000. Foi utilizado o protocolo de Bruce, com estágios com duração de três minutos, com inclinação da esteira em 2% e aumento de velocidade variando entre 1,7 a 6,0 mph, à medida que cada indivíduo vai ultrapassando os estágios. (MARINS e GIANNICHI, 2003). Os voluntários receberam todas as instruções e informações necessárias anteriormente ao início do teste.

Realizou-se uma fase de adaptação ao analisador de gases com duração de 5 minutos, com o intuito de estabilização das variáveis ventilatórias, adaptação ao aparelho e registro da FC de pré-exercício. Após a fase de adaptação ao analisador de gases realizou-se uma fase de adaptação à esteira onde os voluntários deveriam caminhar a 4 km/h durante dois minutos e automaticamente após os dois minutos iniciava-se o teste. Para medida da atividade metabólica, o consumo de oxigênio foi determinado pelo sistema de medida direta de oxigênio captado e da extração de gás carbônico em circuito aberto. As variáveis respiratórias foram registradas a cada ventilação, em todas as condições experimentais. Durante o teste foram registradas a temperatura e a umidade do ar no dia da realização do teste, estando estas entre 21 e 24 °C e 67 e 82%.

Para a estimativa da VO_{2max} dos voluntários foi realizada uma pesquisa para a escolha da fórmula de predição a ser utilizada neste estudo. O principal critério de escolha da fórmula foi que a mesma tivesse como objetivo a predição da aptidão cardiorrespiratória sem exercício em crianças e adolescentes, baseada em variáveis de simples aferição, como: peso, estatura e medidas antropométricas. A fórmula de predição utilizada foi a de Bonen et al (1979) onde: $VO_{2max} = - 1,543 + 0,051 (\text{idade}) + 0,014 (\text{estatura}) + 0,023 (\text{peso})$.

Análise Estatística

Foi realizado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, para testar se as amostras possuem distribuição normal. Após o resultado foi realizado a análise descritiva dos dados e aplicado o teste t pareado para amostras dependentes para verificação de diferenças estatísticas entre as duas metodologias utilizadas, comparando os valores de VO_{2max} mensurado pelo método direto e estimado pela equação de predição sem a realização de exercícios ($p < 0,05$).

Cuidados Éticos

Este estudo foi aprovado pelo comitê de Ética em pesquisa do Centro Universitário de Belo Horizonte – UNI-BH e respeitou as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (1997), envolvendo seres humanos (parecer Ético 087/05).

Foram tomados todos os cuidados para a preservação da privacidade e do bem-estar dos voluntários. Para isso, todas as condições experimentais do estudo e as informações foram reservadas aos pesquisadores.

DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

A **tabela 1** apresenta os valores médios e o desvio padrão da idade e características antropométricas do grupo de jogadores avaliados.

Tabela 1 - Média e desvio padrão da idade e características antropométricas dos voluntários

	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Idade (anos)
Média	53,8	168,1	12,6
Desvio Padrão	8,1	7,6	0,5

A **tabela 2** apresenta os valores médios e desvio padrão dos valores de VO_{2max} mensurado através do método direto e estimado pela equação de predição sem a realização de exercícios. Neste estudo não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os resultados das duas metodologias utilizadas.

Tabela 2 - Média e desvio padrão dos resultados do VO_{2max} $ml. Kg^{-1}. min^{-1}$ de jovens atletas obtidos pelo método direto e estimado pela equação de predição

	Método Direto	Fórmula de Predição
Média	49,37	50,47
Desvio Padrão	5,24	3,43

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

De acordo com os resultados do presente estudo não houve diferenças estatisticamente significativas no valor do VO_{2max} mensurado pelo método direto quando comparado com o VO_{2max} mensurado pela equação de predição desenvolvida por Bonen et al. (1979).

Bonen et al (1979) obteve resultados semelhantes aos encontrados por Shephard et al. (1971), onde, utilizando variáveis antropométricas de simples aferição foi possível desenvolver uma fórmula de predição bastante precisa na estimativa do VO_{2max} em crianças e adolescentes.

Estudos relacionados com a estimativa de oxigênio utilizando fórmulas de predição sem testes de exercício em adolescentes são bastante escassos na literatura. McArdle, Katch e Katch (2001) afirmam que a obtenção de um VO_{2max} alto requer a integração de altos níveis das funções pulmonar, cardiovascular e neuromuscular, desta forma era de se esperar que indivíduos que treinam regularmente possuam um maior valor de VO_{2max} . A fórmula de Bonen et al. (1979) não foi desenvolvida especificamente para atletas, entretanto, é possível afirmar que esta foi capaz de fornecer um resultado fidedigno na mensuração do VO_{2max} .

As características antropométricas da amostra deste estudo são bastante semelhantes à amostra de garotos (n=100) que Bonen et al. (1979) avaliaram, obtendo os seguintes dados: massa corporal (kg) 18,8 – 82,2; estatura (cm) 113,5 – 189,5; idade (anos) 6,7 -14,8. Sendo assim, acreditamos que o fato do presente estudo não ter encontrado diferenças significativas no valor de VO_{2max} possa ser explicado devido às semelhanças existentes nas duas amostras utilizadas.

Dentre as fórmulas de predição encontradas na literatura somente quatro foram destinadas ao cálculo do VO_{2max} em crianças e adolescentes, sendo destas nenhuma específica para o grupo de atletas. Foram encontradas um número relativamente maior de fórmulas de predição para o público adulto, estas levam em consideração uma série de outras variáveis como: questionário sobre histórico de atividade física, habilidade funcional percebida, índice de massa corporal (IMC), medida da cintura, entre outros. Isto indica a necessidade de novas pesquisas para o desenvolvimento de fórmulas de predição para crianças, adolescentes e atletas utilizando outras variáveis.

Conclui-se que é possível utilizar a fórmula de predição sem a realização de exercícios de Bonen et al. (1979) como forma alternativa para mensuração da capacidade aeróbia em jovens atletas. Além da constatação da necessidade de novos estudos para desenvolvimento de fórmulas de predição específicas para os diferentes grupos, tais como idoso, jovens e crianças, devido ao seu caráter prático e aplicabilidade epidemiológica.

REFERÊNCIAS

ACSM- American College of Sports Medicine: Testes de Esforço e Prescrição de Exercício. 5ª ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2000, 314 p.

AINSWORTH B.E.; RICHARDSON M.T.; JACOBS D.R.; LEON A.S. Prediction of cardiorespiratory fitness using physical activity questionnaire data. *Medicine, Exercise, Nutrition and Health*. v. 1, p. 75-82, 1992

BLAIR S.N.; KANNEL W. B.; KOHL H.W.; GOODYEAR N. WILSON P.W.F. Surrogate measures of physical activity and physical fitness. *Am J Epidemiol*. v. 129, p. 1145 -1156, 1989

BONEN, V.H; HEYWARD, K. J.; CURETON, R. A.; BOILEAU, and MASSEY, B.H. Prediction of maximal oxygen uptake in boys, ages 7-15 years. *Med. Sci. Sports*, v. 11, n.1, p.24-29, Oct. 1979.

BRUCE R.A.; KUSUMI F. HOSMER D. Maximal oxygen and nomographic assesment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am He art J*. v.85, p. 546-568, 1973

FARINATTI, P. T. V.; NETO, G. A. M. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes de exercício e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: revisão descritiva e análise dos estudos. *Rev. Bras. Méd. Esporte*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 5, p. 304-314, Out. 2003.

FARINATTI, P. T. V.; NETO, G. A. M. LOURENÇO, P. M. C. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes de exercícios e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: uma revisão sistemática. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 48-56, jan-fev. 2004

FERNANDES, J.F. A prática da avaliação física: testes, medidas e avaliação física em escolares, atletas e academias de ginástica. 2 ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003, 266

GEORGE, J.D.; STONE, W. J.; BURKETT, L. N. Non-exercise VO_{2max} estimation for physically active college students. *Med. Sci. Sports Exerc*. v. 22, p. 415-423, Mar. 1997

HEIL D.P.; FREEDSON P.S.; AHLQUIST L.E.; PRICE J.; RIPPE J. Nonexercise regression models to estimate peak oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc*. v. 27, p. 599-606, 1995

JACKSON A.S.; BLAIR S.N.; MAHAR M.T.; WIER L.T.; ROSS R.M.; STUTEVILLE JE. Prediction of functional aerobic capacity exercise testing. *Med Sci Sports Exerc*. v. 22, p.863-870, 1990

LEE T.H.; SHAMMASH J.B.; RIBEIRO J.P.; HARTLEY L.H. SHERWOOD J. GOLDMAN L. Estimation of maximum oxygen uptake from clinical data: Performance of the specific activity scale. *Am Heart J*. v.115, p. 203-204,1988

LEON A.S.; JACOBS D.R.; DEBACKER G.; TAYLOR H.L. Relationship of physical characteristics and life habits to treadmill capacity. *Am J Epidemiol*, v.113, p.653-660, 1981

LIMA, A. J.; SILVA, D. V. G.; SOUZA, A. O. S. Correlação entre as medidas direta e indireta do VO_{2max} em atletas de futsal. *Rev Bras Med Esporte*, v. 11, n. 3, p. 164- 166, Mai/ Jun. 2005.

MARINS, J. B.; GIANNICHI R. S. **Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático**. 3 ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003

McARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, V. *Fisiologia do exercício: Energia, Nutrição e Desempenho humano*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001, 1113 p.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCK, V. *Fundamentos de fisiologia do exercício*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, 667 p.

MATHEWS C.E.; HEIL D.P.; FREEDSON P.S.; PASTIDES H. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. *Med Sci Sp orts Exerc*. v. 31, p. 486-493, 1999

- MAYHEW J.L.; GIFFORD P. B. Prediction of maximal oxygen uptake in pre-adolescent boys from anthropometric parameters, *Res Quart*, v. 46, p. 302-311, 1975
- MILESIS C.A. Prediction of treadmill performance from clinical characteristics in healthy persons. *J Cardiopulm Rehabil*. v. 7, p. 365-373, 1987
- MYERS J.; DOD.; HERBER W.; RIBISL P.; FROELICHER V. F. Anomogram to predict exercise capacity from a specific questionnaire and clinical data. *Am J Cardiol*. v. 73, p. 591-596, 1994
- RANKIN S.L.; BRIFFA T.G.; MORTON A.R.; HUNG J. A specific activity questionnaire to measure the functional capacity of cardiac patients. *Am J Cardiol* v. 77, p. 1220-1223, 1996.
- SHEPHARD R. J.; WEESE C. H.; MERRIMAN J. E.; Prediction of maximal oxygen intake from anthropometric data. *Int. Z Angew Physiol*, v.29, p.119-130, 1971
- SICONOLFI S.F.; GARBER C.E.; LASATER T.M.; CARLETON R.A. A simple, valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies. *Am J Epidemiol*. v.121, p.382-390, 1985
- SILVA, A. C.; TORRES, F.C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo. V. 8, n.3, p 107-116, Mai/jun, 2002
- VERMA S.S.; BHARADWAJ H. MALHOTRA M.S.; Prediction of maximal aerobic power in healthy indian males from anthropometric measurements. *Z Morphol Anthropol* v. 71, p. 101-106, 1980
- VERMA, S. S. ; GUPTA R. K.; DISHORE N.; GUPTA S. J.. A simple Relationship between aerobic power and body weight in Indian adolescent boys, *Indian J Méd Sci*. v. 40, n. 4, p. 93-96, Oct. 1986.
- VERMA, S.S. et al. Prediction of maximal aerobic power in healthy Indian males 21-58 years of age. *Z Morphol Anthropol*. v. 82, p. 103-110, 1998.
- TAYLOR H.L.; JACOBS D.R.; SCHUCKER B.; KNUDSEN J.; LEON A.S.; DEBACKER G. A questionnaire for the assessment of leisure time physical activities. *J. Chronic Dis*. v. 31, p.741-755, 1978.
- WHALEY M.H.; KAMINSKY L.A.; DWYER G.B.; GETCHELL L.H. Failure of predicted VO_{2max} to discriminate physical fitness in epidemiological studies. *Med Sci Sports Exerc*. v. 27, p. 85-91, 1995

¹ Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH – Belo Horizonte - MG