



Novo teste de estágios tipo vai e vem, máximo e submáximo, para prever o consumo máximo de oxigênio

New Maximal and Submaximal Multi-Stage Shuttle Tests to Predict Maximal Oxygen Uptake

CAMARDA, S.R.A.; BARROS NETO, T.L. Novo teste de estágios tipo vai e vem, máximo e submáximo, para prever o consumo máximo de oxigênio. **R. bras. Ci e Mov.** 2005; 13(2):7-15.

RESUMO – O consumo máximo de oxigênio é um importante índice de avaliação da função cardiopulmonar, podendo ser utilizado para diagnosticar dispnéia, avaliar o risco pré-operatório e priorizar pacientes para transplante de coração. Altos custos e necessidade de profissionais especializados inviabilizam a aplicação do teste para a população. Validar os testes indiretos de estágios, do tipo vai e vem máximo e submáximo, para prever o consumo máximo de oxigênio em indivíduos não atletas. Quarenta indivíduos foram submetidos a um teste cardiopulmonar em esteira, que permitiu medir consumo máximo de oxigênio diretamente. Dois dias após foi realizado o teste de estágios máximo, onde os indivíduos percorreram distâncias consecutivas de 15 metros, indo e vindo, com velocidade controlada por sinal sonoro. A partir dos dados obtidos no teste máximo, determinou-se a distância percorrida no teste submáximo. Foram utilizadas as funções estatísticas média e desvio-padrão para as variáveis idade $29,1 \pm 6,4$ anos, consumo máximo de oxigênio $45,52 \pm 8,49$ ml/kg/min, distância percorrida no teste de estágios máximo $1131,0 \pm 255,1$ metros e no teste submáximo $534,4 \pm 196,8$ metros. A associação entre as variáveis consumo máximo de oxigênio medido e o teste de estágios máximo ($r = 0,91$) e submáximo ($r = 0,81$), foi obtida pelo coeficiente de correlação linear de Pearson e regressão linear. O nível de significância foi 5% e $p < 0,05$. Nossos resultados demonstram que os testes de estágios, tipo vai e vem máximo e submáximo, são válidos para prever o consumo máximo de oxigênio.

PALAVRAS-CHAVE - Consumo de oxigênio, Teste de esforço, Validação, Fisiologia, Metabolismo.

CAMARDA, S.R.A.; BARROS NETO, T.L. New Maximal and Submaximal Multi-Stage Shuttle Tests to Predict Maximal Oxygen Uptake. **R. bras. Ci e Mov.** 2005; 13(2):7-15.

ABSTRACT – The maximal oxygen uptake is an important evaluation index of cardiopulmonary function; it could be used to diagnose dyspnea, to assess pre-operative risk and to prioritize patients for heart transplantation. High costs and the necessity of specialized professionals, make the application of the test for the population impossible. Validate the ability of maximal and submaximal multi-stage shuttle field tests to predict maximal oxygen uptake in non-athletes. Forty individuals were submitted to a cardiopulmonary test on treadmill, which allowed the maximal oxygen uptake to be directly measured. Two days later, the maximal multi-stage test was carried out, where individuals ran consecutive distances of 15 meters, going and coming, at a sound signal-controlled velocity. The distance completed in the submaximal test was determined from data gathered in the maximal test. Average and standard-deviation statistic functions have been used for the variables age 29.1 ± 6.4 years, maximal oxygen uptake 45.52 ± 8.49 ml/kg/min, covered distance in maximal multi-stage test 1131.0 ± 255.1 meters and submaximal multi-stage test 534.4 ± 196.8 meters. The association between the variables maximal oxygen uptake measured and multi-stage test maximal ($r = 0.91$) and submaximal multi-stage test ($r = 0.81$), has been determined by Pearson's correlation coefficient and linear regression. The level of significance was 5% and $p < 0.05$. Our results demonstrated that maximal and submaximal multi-stage tests are valid for predicting maximal oxygen uptake.

KEYWORDS - Oxygen consumption, Exercise test, Validation, Physiology, Metabolism.

Sérgio Ricardo de Abreu Camarda¹

Turibio Leite de Barros Neto²

¹ Mestre – Aluno de Doutorado - Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte (CEMAFE) Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina, São Paulo, Brasil;

² Professor Titular da Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina, São Paulo, Brasil, Coordenador do Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte (CEMAFE) e Fisiologista do São Paulo Futebol Clube.

Recebimento: 09/02/2005
Aceite: 06/06/2005

Introdução

O consumo máximo de oxigênio (VO_2max) é considerado o principal índice para determinação da capacidade funcional cardiopulmonar.² Porém, a medida direta é demorada, requer alta motivação por parte do avaliado, dificulta avaliar um grande número de indivíduos e sua determinação direta exige um equipamento capaz de analisar as frações expiradas de oxigênio, dióxido de carbono e volume de ar expirado. Conseqüentemente, inúmeros testes para prever o VO_2max foram desenvolvidos e estão descritos na literatura.⁷ Os testes indiretos para predição do consumo máximo de oxigênio, têm sido validados de duas formas: pela correlação entre o VO_2max medido diretamente e VO_2max estimado a partir de respostas fisiológicas ao exercício submáximo, como por exemplo a frequência cardíaca a uma determinada potência; pela correlação entre o VO_2max medido diretamente e o desempenho no teste, identificado pela distância percorrida por unidade de tempo.

Um dos testes mais populares, baseados na distância percorrida por unidade de tempo e correlacionada com a potência aeróbia máxima, é o teste de COOPER³, que consiste no avaliado percorrer a maior distância possível, numa pista de atletismo, em 12 minutos. Outro teste indireto, simples, de baixo custo, padronizado e reproduzível, baseado na distância percorrida para prever o VO_2max é o teste shuttle 20 m, criado por LEGER e LAMBERT⁸. O teste pode ser realizado em qualquer espaço que tenha 20 metros lineares, onde o avaliado percorre esta distância indo e vindo, com incrementos de carga progressiva. A velocidade do avaliado é ditada por um estímulo sonoro externo, diminuindo com isso a influência dos efeitos do investigador sobre o avaliado. Os autores consideraram o teste válido para prever o VO_2max em adultos do sexo masculino e feminino.

O presente estudo teve como objetivo validar os testes indiretos de estágios, do tipo vai e vem máximo e submáximo, para prever o consumo máximo de oxigênio em indivíduos não atletas.

Métodos

Quarenta indivíduos, vinte homens e vinte mulheres, não atletas, não fumantes e saudáveis com idade entre 18 e 40 ($29,1 \pm 6,4$) anos, foram recrutados voluntariamente, por divulgação nos departamentos da Universidade Federal de São Paulo. Antes do início do estudo, todos os indivíduos foram entrevistados e selecionados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

O critério de inclusão consistiu que os participantes tivessem idade de 18 a 40 anos, aparentemente saudáveis, índice de massa corpórea (IMC) menor que 30 kg/m^2 , não fumantes e não praticantes de atividade física regular (frequência menor que 3 vezes na semana por mais de 4 meses). Os voluntários assinaram um termo de consentimento de livre e esclarecido e o estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina.

No dia do teste, foi realizada uma anamnese com os dados pessoais e hábitos de vida, seguidos pela medida de peso e altura, aferidos por uma balança antropométrica calibrada. Após estes procedimentos, foi realizado um eletrocardiograma em repouso seguido de um teste de esforço em esteira, utilizando um protocolo de cargas crescentes⁵, para determinar o consumo máximo de oxigênio (VO_2max).

Dois dias após o teste cardiopulmonar, os indivíduos foram submetidos ao teste de estágios máximo, que consistiu no avaliado percorrer distâncias consecutivas de 15 metros, num recinto fechado, indo e vindo com velocidade inicial de $3,0 \text{ km/h}$ e incrementos de carga a cada 54 segundos de $1,0 \text{ km/h}$ até a exaustão.

Um percurso de 15 metros foi demarcado por fitas adesivas no comprimento e na largura e a velocidade do indivíduo durante o teste foi ajustada por um sinal sonoro (bip) gravado num "cd" acoplado a um "cd player", de forma que se alcançasse a marca determinada exatamente no tempo do sinal, evitando com isso, interferências externas por parte do avaliador. No início do teste e no momento do incremento de carga foi dado um triplo bip e a velocidade era aumentada, começando então um novo estágio.



Foi considerado um turno completo quando a marca de 15 metros atingida com o toque de um dos pés na mesma. Em seguida, o indivíduo volta para o primeiro marcador que deve ser alcançado no tempo do próximo sinal. Se o percurso fosse feito muito rápido, o avaliado deveria esperar no marcador até o próximo sinal sonoro, e se muito lento, deveria aumentar sua velocidade durante o percurso.

A frequência cardíaca foi monitorada e registrada a cada cinco segundos pelo freqüencímetro (Polar Acurex Plus, Polar Electro Finland), e a distância máxima percorrida anotada a cada 15 metros.

A interrupção se deu quando o avaliado não conseguiu atingir a marca dos 15 metros por duas vezes consecutivas. A metragem final do avaliado correspondeu ao último marcador alcançado.

Para a determinação da distância percorrida submáxima, do teste de estágios submáximo, foram utilizados os dados obtidos no teste máximo. O valor da frequência cardíaca a 85% da máxima prevista em função da idade pela fórmula $FCM = [208 - (0.7 \times \text{idade})]^{13}$, onde FCM é a frequência cardíaca máxima prevista, correspondeu a um determinado tempo “x”, e este, por sua vez, a uma distância “y” no teste de estágios máximo. Após a determinação da distância “y”, percorrida pelo avaliado, foi testada a correlação entre o VO2max medido no teste cardiopulmonar e a distância percorrida ao se atingir 85% da frequência cardíaca máxima prevista.

Para testar a objetividade, todos os testes foram realizados pelo autor do estudo e por dois auxiliares, que também explicavam os procedimentos para os voluntários e anotavam os dados da distância percorrida e frequência cardíaca.

Resultados

Os resultados das variáveis idade, peso corporal, altura e índice de massa corpórea, consumo máximo de oxigênio, frequência cardíaca máxima atingida no teste cardiopulmonar e frequências cardíacas atingidas nos testes de estágios máximo e submáximo, estão expressos em média e $\pm$ desvio padrão. Foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson e regressão linear para investigar a associação entre as variáveis VO2max e as distâncias percorridas nos testes de estágios máximo e submáximo, adotando o nível de significância de 5% e $p < 0,05$.

Em todos os testes realizados, as medidas obtidas pelo autor foram iguais às anotadas pelos auxiliares.

Dos sessenta e seis participantes do estudo, quarenta pessoas completaram o programa. A média de idade dos indivíduos foi de $29,1 \pm 6,4$ anos, índice de massa corpórea de $22,75 \pm 2,31 \text{ kg/m}^2$, consumo máximo de oxigênio e frequência cardíaca máxima atingida no teste cardiopulmonar de $45,52 \pm 8,49 \text{ ml/kg/min}$ e $188,03 \pm 6,11$ batimentos por minuto, respectivamente.

Os resultados do desempenho dos avaliados nos testes de estágios máximo e submáximo estão apresentados na tabela 1.

Discussão

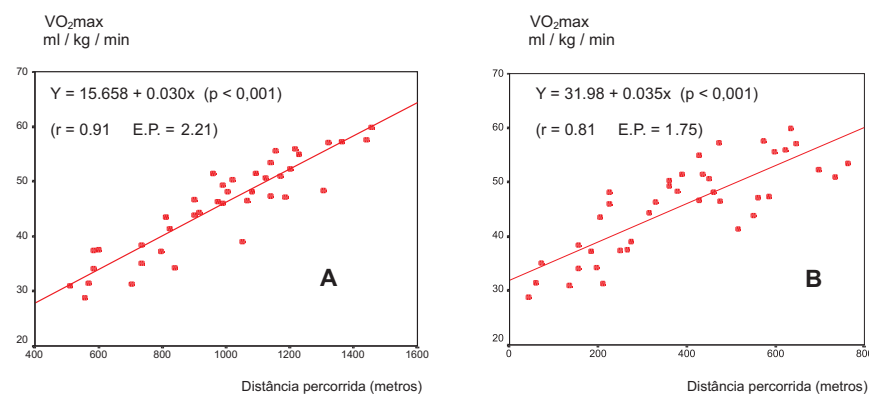
Em 1982 LEGER E LAMBERT⁸ criaram e validaram o teste “shuttle run 20 m”, onde o indivíduo começava correndo a uma velocidade de 8,0 km/h com incrementos de cargas a cada 2 minutos. Este protocolo obteve alta correlação (0,91) entre a distância percorrida e consumo máximo de oxigênio medido. Alguns estudos mostraram a aplicabilidade deste tipo de teste em pacientes com insuficiência cardíaca moderada e grave⁶ e portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica.¹²

Tabela 1. Resultados do desempenho dos avaliados nos testes de estágio máximo e submáximo.

DP TEM (m)	DP TES (m)	FC TEM (bpm)	FC TES (bpm)
1131,0 $\pm$ 255,1	535,4 $\pm$ 196,8	185,4 $\pm$ 6,3	159,5 $\pm$ 3,8

Média e desvio padrão da distância percorrida em metros (DP) e da frequência cardíaca em batimentos por minuto (FC) nos testes de estágio máximo (TEM) e submáximo (TES).

Figura 1. **(A)** Relação entre o consumo máximo de oxigênio medido (VO_2max) e o teste de estágios máximo e **(B)** consumo máximo de oxigênio medido e o teste de estágios submáximo.



Cada ponto representa os valores individuais dos avaliados. Estão apresentadas nos gráficos, as equações de regressão, "r" de Pearson, nível descritivo "p" e erro-padrão (E.P.).

Utilizando o teste shuttle, PALICZKA *et al*¹⁰ e RAMSBOTTOM *et al*¹¹ encontraram um coeficiente de correlação alto ($r = 0,93$) para prever VO_2max em um grupo de corredores de 10,0 km e 5,0 km, respectivamente. Contudo, MACSWEEN *et al*⁹, não conseguiram validar um teste "shuttle" para prever o consumo máximo de oxigênio em uma população de pacientes com artrite reumatóide ($n = 10$) e pacientes cardíacos ($n = 10$).

A correlação entre o consumo máximo de oxigênio e a distância percorrida no teste de estágios máximo foi alta ($r = 0,91$) sendo esta correlação igual a encontrada por LÉGER e LAMBERT⁸ para o teste "shuttle run 20 m" (Figura 1a).

A variação da média do consumo máximo de oxigênio medido em nosso estudo $45,52 \pm 8,49$ ml/kg/min, demonstram que há uma variabilidade genética do consumo máximo de oxigênio.⁴ Os indivíduos que apresentaram consumo máximo de oxigênio por volta de 30 ml/min/kg eram saudáveis, contudo não praticavam nenhum tipo de atividade física e possuíam maior índice de massa corpórea.

As vantagens dos testes de estágios do nosso estudo em relação ao "shuttle run 20 m" são: a) o fato de termos um teste indireto num espaço linear menor; b) o protocolo do teste inicia numa carga baixa (3,0 km/h), possibilitando a participação de indivíduos com baixo condicionamento físico; c) o incremento da carga do teste é constante, aumento 1,0 km/h a cada 54 segundos, facilitando o entendimento

do teste tanto por parte do avaliado quanto para a coleta de dados do avaliador.

Para o teste de estágios submáximo, a correlação entre o consumo máximo de oxigênio e a distância percorrida ao se atingir 85% da FCM prevista foi significativa ($r = 0,81$) e tornou-se o grande diferencial em relação a outros testes tipo "shuttle", pois utilizou-se a frequência cardíaca submáxima como parâmetro para interrupção do teste (Figura 1b). Este procedimento torna o teste de estágios submáximo aplicável a indivíduos com contra indicações relativas a esforços físicos máximos.

Conclusão

Consideramos que as medidas obtidas no teste de estágios são objetivas, pois os resultados obtidos pelos auxiliares foram os mesmos do autor do estudo, demonstrando que os testes de estágios, tipo vai e vem máximo e submáximo, são válidos para prever o consumo máximo de oxigênio.

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, podemos aplicar um teste simples e de baixo custo em diversos setores da sociedade para prever o consumo máximo de oxigênio, utilizando as seguintes fórmulas:

$\text{VO}_2\text{max} = 15,658 + 0,030 \times (\text{dp} - 150)$
 teste de estágios máximo ($r = 0,91$)

$\text{VO}_2\text{max} = 31,984 + 0,035 \times (\text{dp} - 150)$
 teste de estágios submáximo ($r = 0,81$)

Onde dp = distância percorrida nos testes de estágio.



Referências Bibliográficas

1. American College of Sports Medicine. **Manual para Teste de Esforço e Prescrição de Exercício**. Lea e Febiger. Livraria e Editora Revinter. 1996.p.46.
2. Åstrand PO, Rodahl K . Textbook of Work Physiology: **Physiological Bases of Exercise**. New York: McGraw-Hill Book Company; 1986 .p.354-90.
3. Cooper KH . A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation betweenfield and treadmill testing. **JAMA**. 1968;203(3): 201-4.
4. Fagard R, Bielen E, Amery A . Heriditability of aerobic power and anaerobic energy generation during exercise. **J Appl Physiol**. 1991;70(1):357-62.
5. Fairshter RD, Walters J, Sallness K, Fox M, Minh VD, Wilson AE A comparison of incremental exercise tests during cycle and treadmill ergometry. **Med Sci Sports Exerc**. 1983;6:549-54.
6. Green DJ, Watts K, Rankin S, Wong P, O'Driscoll JG . A comparison of the shuttle and 6 minute walking tests with measured peak oxygen consumption in patients with heart failure. **J Sci Med Sport**. 2001;4(3):292-300.
7. Kline MG, Porcari PJ, Hintermeister R, et al. Estimation of VO2max from a one mile track walk, gender, age, and body weight. **Med Sci Sports Exerc**. 1987;19(3):253-9.
8. Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO2max. **Eur J Appl Physiol**. 1982;49(1):1-12.
9. Macsween A, Johnson NJ, Armstrong G, Bonn J . A validation of the 10-meter incremental shuttle walk test as a measure of aerobic power in cardiac and rheumatoid arthritis patients. **Arch Phys Med Rehabil**. 2001;82(6):807-10.
10. Paliczka, VJ, Nichols, AK, Boreham CA . A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. **Br J Sports Med**. 1987;21(4):163-5.
11. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C . A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. **Br J Sports Med**. 1988;22(4):141-4.
12. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE . Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. **Thorax**. 1992;47(12):1019-24.
13. Tanaka H, Monahan, KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. **J Am Coll Cardiol**. 2001;37(1):153-6.