

A obtenção direta do $VO_{2\text{máx}}$ não é influenciada pela característica dos protocolos de teste de esforço máximo

<https://doi.org/10.11606/issn.1981-4690.2023e37190127>

Alberto Souza Sá Filho*
Thiago Albernaz Silva*
Marcelo Magalhães Sales**
Iranse Oliveira-Silva*
Gilberto Reis Agostinho***
Sérgio Machado****
Gustavo de Conti Teixeira Costa*****
Leonardo Cabral*****
Ercole da Cruz Rubini*****

*Universidade Evangélica de Goiás, Anápolis, GO, Brasil.
**Departamento de Educação Física, Universidade Estadual de Goiás, Campus Quirinópolis, GO, Brasil.
***Departamento de Educação Física, Universidade Salgado de Oliveira, Goiânia, GO, Brasil.
****Instituto Neurodiversidade, Queimados, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
*****Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.
*****Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Resumo

Os valores de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) obtidos de forma indireta são influenciados pela característica ou configuração do protocolo de exercício. Entretanto, não está claro na literatura se tal prerrogativa é verdadeira quando o $VO_{2\text{máx}}$ é mensurado de forma direta. Objetivou-se comparar os valores do $VO_{2\text{máx}}$ e da frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) obtidos através de um protocolo incremental progressivo máximo ($T_{\text{Máx}}$) e de um protocolo de carga contínua de tempo limite (T_{Lim}), baseado na potência do $VO_{2\text{máx}}$. 12 ciclistas recreacionais (Idade = $36,0 \pm 9,3$ anos; estatura = $173,2 \pm 5,9$ cm; massa corporal = $78,5 \pm 10,7$ Kg), treinados para provas amadoras de longa distância, participaram do estudo. Foi realizado um teste progressivo máximo ($T_{\text{Máx}}$) no cicloergômetro com incrementos de 22,5 W a cada minuto, com uma carga inicial de 157,5 W mantendo uma rotação padronizada de 90 RPM. O T_{Lim} foi realizado na mesma rotação até a exaustão a partir da menor potência de ocorrência do $VO_{2\text{máx}}$ ($PVO_{2\text{máx}}$). O teste t de students foi utilizado para a comparação das variáveis dependentes, sendo assumido um nível de significância de $p \leq 0,05$. Não houve diferença significativa nos valores de $VO_{2\text{máx}}$ e $FC_{\text{máx}}$ ($T_{\text{Máx}} = 45,02 \pm 7,21$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ vs $T_{\text{Lim}} = 44,17 \pm 7,21$ ml·kg⁻¹·min⁻¹) e ($FCT_{\text{Máx}} = 182,9 \pm 9,2$ bpm vs $FCT_{\text{Lim}} = 181,3 \pm 7,5$ bpm), respectivamente, quando comparados os dois testes. O teste do T_{Lim} de carga constante na $PVO_{2\text{máx}}$ forneceu valores fidedignos de $VO_{2\text{máx}}$ e de $FC_{\text{máx}}$ e em uma relação de tempo mais eficiente, comparado a um protocolo incremental máximo.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo máximo de Oxigênio; Frequência cardíaca; Tempo limite; Exercício aeróbio.

Introdução

Durante as últimas décadas, a determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) foi alvo de inúmeros questionamentos conceituais e críticas, que puseram em questão se realmente pesquisadores e treinadores alcançavam o chamado “verdadeiro $VO_{2\text{máx}}$ ”¹⁻³. O alcance do platô do $VO_{2\text{máx}}$ no desenrolar do protocolo de esforço era requisito para identificação do alcance máximo dessa variável, entretanto,

na realidade minimamente se manifestava diante dos testes máximos^{4,5}. Além disso, a percepção de que este “valor de $VO_{2\text{máx}}$ ” era mutável, em detrimento da modalidade em que se testava⁶⁻⁹, deu uma nova perspectiva de entendimento acerca dessa medida.

O cenário progresso sobre o tema nos mostraram que o padrão de resposta do $VO_{2\text{máx}}$, ou o pico de VO_2 (utilizado intercambiavelmente) determinado

diretamente por análise de trocas gasosas, também podem ser influenciados pela estrutura do protocolo empregado (protocolos incrementais vs. intervalados)¹⁰⁻¹², e pela programação interna de duração do estágio, magnitude de incremento, além da duração total do teste desenvolvido^{13,14}. Em um dos estudos mais consagrados acerca do tema, BUCHFUHRER, et al.¹³ em extensiva análise de protocolos com diferentes configurações internas, observaram valores reduzidos de $VO_{2Máx}$ em protocolos de testes progressivos máximos com duração inferior a 8 min, ou superiores a 17 min. Tais resultados na época foram categóricos em afirmar que o tempo ideal de finalização para protocolos incrementais máximos deveriam permanecer entre 8 e 12 minutos para que os valores de $VO_{2Máx}$ não fossem subestimados^{14,15}.

Recentes evidências observando a relação hiperbólica entre potência fixa e tempo, sugeriram que o pico de VO_2 pudesse ser alcançado fidedignamente em protocolos de carga constante acima do domínio moderado do exercício, quando a eficiência fisiológica se torna comprometida. Neste momento, o desenvolvimento de uma chamada componente lenta faz com que o VO_2 dinamicamente avance em direção a exaustão, fato que decorre de recrutamentos adicionais de fibras tipo II, metabolismo glicolítico progressivamente solicitado, e da tentativa de equilibrar o meio mais ácido¹⁶.

A magnitude com que a componente lenta do VO_2 se desenvolve é dependente da intensidade da carga de trabalho administrada, e parece potencialmente influenciar a determinação dessa medida. Protocolos de carga constante até a exaustão (T_{Lim}) no domínio extremo do exercício (além de 136% do $VO_{2Máx}$) tendem a exibir medidas subestimadas de $VO_{2Máx}$ comparado ao tradicional protocolo progressivo máximo por conta de um processo de fadiga e concomitante exaustão instalados precocemente. Entretanto, quando essa análise é realizada no domínio severo do exercício, principalmente ao redor da velocidade, ou potência associada ao $VO_{2Máx}$ ($PVO_{2Máx}$),

LEPRETRE et al.¹⁷ demonstraram igualdade na obtenção do $VO_{2Máx}$ comparando um teste convencional progressivo máximo ($62,9 \pm 6,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) a protocolos de T_{Lim} na $PVO_{2Máx}$ ($64,0 \pm 7,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), e na $PA50$ (carga intermediária entre a $PVO_{2Máx}$ e o limiar de lactato; $61,4 \pm 6,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Portanto, nos distanciando do mérito da treinabilidade, na qual influenciariam diretamente os resultados do desempenho de T_{Lim} ¹⁸, parece que para se alcançar o $VO_{2Máx}$ no domínio severo do exercício (90-136% do $VO_{2Máx}$), a componente lenta do VO_2 necessitaria de um tempo médio de ajuste fisiológico em torno de 2 min 30 s¹⁹⁻²², o que reflete uma relação tempo vs. eficiência para se obter a medida de $VO_{2Máx}$.

Diante desse cenário, se a literatura nos mostra que em um curto período de tempo pode-se obter a mesma resposta de $VO_{2Máx}$ (medida direta através de trocas gasosas) em cargas associadas a ocorrência do $VO_{2Máx}$, talvez não haja necessidade, em algumas situações, da exposição dos avaliados a testes mais prolongados. Sabe-se hoje que em atletas é possível extrair o $VO_{2Máx}$ a partir de um protocolo de T_{Lim} de duração média de 5 min ou menos¹⁷, no entanto, não sabemos se tal prerrogativa irá se estabelecer de igual forma em sujeitos com níveis recreacionais de treinamento, cabendo investigação.

O objetivo principal do presente estudo foi determinar o tempo necessário para a obtenção dos valores de $VO_{2Máx}$ e frequência cardíaca máxima ($FC_{Máx}$), determinados por análise de trocas gasosas em um teste progressivo incremental máximo e em um protocolo contínuo de carga constante de T_{Lim} , bem como, possíveis diferenças entre os resultados. Além disso, objetivou-se secundariamente determinar o nível de associação entre as variáveis, a magnitude das diferenças, bem como, a partir de inspeção gráfica estabelecer o nível de concordância entre os diferentes testes. Hipotetizou-se que o tempo de ambos os testes seriam significativamente diferentes, porém, ambos os protocolos apresentariam alta correlação e resultados fidedignos de $VO_{2Máx}$ e $FC_{máx}$.

Método

O presente estudo utilizou como referência os pressupostos descritos pelo “*International Committee of Medical Journal Editors*” e respeitou todos os itens propostos nas recomendações “*Consolidated Standards of Reporting Trials*”. Todos os Procedimentos foram realizados

de acordo com a declaração de Helsinki e incluído no registro do clinical trial do U.S. National Institutes of Health (ClinicalTrials.gov; NCT02660450). O fluxo de entrada e exclusão dos participantes pode ser observado na FIGURA 1.

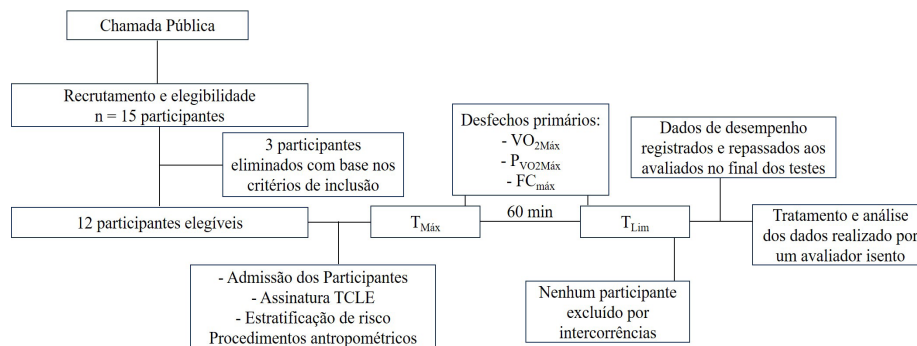


FIGURA 1 - Fluxograma.

Amostra

Participaram do presente estudo 12 ciclistas recreacionais aparentemente saudáveis, do sexo masculino, classificados como risco baixo para doença arterial coronariana²³. Todos os voluntários estavam treinando regularmente pelo menos 2 anos por 3 a 5 vezes por semana para provas de ciclismo de longa duração. Foram excluídos do estudo, indivíduos que se auto referiram tabagistas, obesos, hipertensos, portadores de algum tipo de lesão osteomioarticulares, ou que estivessem fazendo uso de alguma substância farmacológica que pudesse afetar as respostas cardiovasculares.

Todos os sujeitos foram orientados a não praticar exercícios extenuantes por pelo menos 24 horas antes dos testes. Também foram orientados a não se alimentar por pelo menos duas horas antes do início dos testes. Antes de participarem do estudo, foram informados sobre os procedimentos, tendo assinado um questionário de estratificação de risco para doença arterial coronariana²³ e o termo de consentimento livre e esclarecido, conforme a resolução 466/2012 do Conselho Nacional

da Saúde para pesquisas com seres humanos. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética número (#1.221.766).

Caracterização Morfológica

A avaliação antropométrica consistiu das medidas de massa corporal, estatura e do percentual de gordura corporal. A estatura foi obtida através de um estadiômetro de parede (Sanny®, Brasil) e a massa corporal foi obtida através de uma balança digital (Welmy®, Brasil). O percentual de gordura corporal foi determinado através da técnica de espessura do tecido subcutâneo conforme a técnica sugerida pela ISAK (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*). Para isso as dobras cutâneas de peitoral, abdome e coxa foram medidas. A densidade corporal foi avaliada através da equação proposta por JACKSON e POLLOCK²⁴ e o percentual de gordura corporal foi determinado através da equação de SIRI²⁵. Todas as medidas de dobras cutâneas foram obtidas através de um compasso científico (Sanny®, Brasil). A TABELA 1 apresenta as características descritivas dos ciclistas.

TABELA 1 - Características descritivas dos ciclistas.

	Média ± desvio padrão
Idade (anos)	36,0 ± 9,3
Massa Corporal (kg)	78,5 ± 10,7
Estatura (cm)	173,2 ± 5,9
Gordura Percentual (%)	13,0 ± 4,2
VO _{2Máx} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	45,0 ± 7,2

Procedimentos Experimentais

O protocolo experimental foi composto por dois testes distintos para a determinação do VO_{2Máx} em cicloergômetro (MONARK® 828e, Suécia). O VO_{2Máx} foi determinado através da análise direta de trocas gasosas e registrada com o equipamento VO₂₀₀₀ (CPX-D Medical Graphics TM, Saint Paul, MN, USA), sendo calibrado de acordo com as especificações ao final de cada teste.

No primeiro teste, os sujeitos realizaram um protocolo incremental progressivo máximo (T_{Máx}). O protocolo foi iniciado com um aquecimento de 5 minutos, com carga de 135 W (1,5 Kg). Após um minuto de repouso no próprio cicloergômetro os sujeitos iniciaram o teste a partir de uma carga de 157,5 W (1,75 Kg) e rotação padronizada de 90 RPM. Nos 15 segundos (s) finais de cada estágio, foram mensuradas a frequência cardíaca (FC) (Polar® - modelo RS₈₀₀) e percepção subjetiva de esforço²⁶. Adotou-se como critério de interrupção dos testes a não permanência na rotação pré-estabelecida por pelo menos 10 s ou a exaustão voluntária.

No segundo teste, os sujeitos realizaram um T_{Lim}. Para isso, inicialmente foi determinada a potência (W) correspondente ao VO_{2Máx} (PVO_{2Máx}) e após um aquecimento de 5

minutos a uma carga de 135 W, os sujeitos pedalarão a carga correspondente a 100% da PVO_{2Máx}, com rotação padronizada de 90 RPM até a exaustão voluntária. Todos os indivíduos foram encorajados verbalmente para obterem o melhor desempenho possível durante todo o teste. Os procedimentos de mensuração da FC, da percepção subjetiva de esforço, assim como os critérios de interrupção do exercício, foram os mesmos adotados para o T_{Máx}.

Análise Estatística

Uma análise descritiva dos dados foi previamente realizada, e apresentada por média ± desvio padrão (DP). Após a testagem dos pressupostos de normalidade e heterocedasticidade, as diferenças entre as variáveis dependentes foram analisadas a partir de um teste t pareado, estabelecendo-se a magnitude das diferenças do tamanho do efeito (TE). Uma correlação de Pearson determinou o nível de associação entre as variáveis testadas. A estratégia gráfica de Bland-Altman foi utilizada para determinar a concordância entre os métodos. Todas as análises foram realizadas no software SPSS 20.0 for Windows® (Chicago, USA) sendo adotado uma significância estatística de p ≤ 0,05 em todas as análises.

Resultados

Os valores médios dos resultados das variáveis dependentes em ambos os testes de esforço T_{Máx} e T_{Lim} são apresentados na FIGURA 2A. Conforme demonstrado, não foi observada diferença significativa entre os valores de VO_{2Máx} obtidos no T_{Máx} (IC95%

= 39,8 a 50,17 mL.kg⁻¹.min⁻¹) comparado aos valores obtidos no teste de T_{Lim} (IC95% = 38,3 a 49,9 mL.kg⁻¹.min⁻¹; p = 0,39). A magnitude das diferenças representadas pelo tamanho do efeito foi classificado como trivial (d = 0,12).

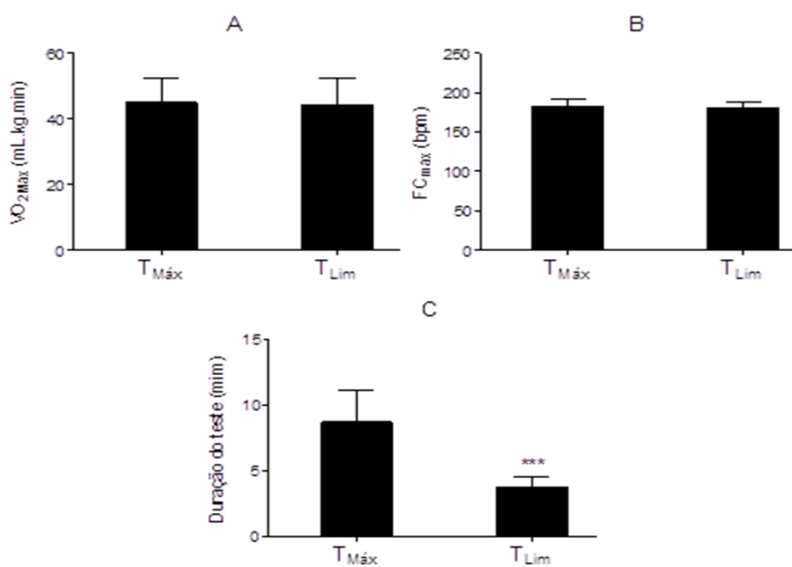
Em relação a $FC_{máx}$ no $T_{Máx}$ (IC95% = 176 a 189 bpm) e no T_{Lim} (IC95% = 175 a 186 bpm), também não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as duas condições ($p = 0,93$) (FIGURA 2B). Um significado clínico trivial também foi observado entre as medidas de $FC_{Máx}$ obtidas em ambos os testes ($d = 0,17$).

O tempo até a exaustão foi significativamente maior no teste $T_{Máx}$ (IC95% = 7,3 a 10,4 min) comparado ao T_{Lim} (IC95% = 3,2 a 4,3 min; $p = 0,0001$) (FIGURA 2C). Neste caso, a magnitude das diferenças deferiu um tamanho do efeito classificado como muito alto para essas variáveis ($d = 2,21$).

TABELA 2 - Desfechos principais de $T_{Máx}$ e de T_{Lim} .

$T_{Máx}$				T_{Lim}		
$VO_{2Máx}$	$FC_{máx}$	$PVO_{2Máx}$	T_{total}	$VO_{2Máx}$	$FC_{Máx}$	T_{Lim}
($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	(bpm)	(w)	(min)	($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	(bpm)	(min)
45,0 ± 7,2	183 ± 9,2	274,5 ± 37,9	8,7 ± 2,4	44,2 ± 8,2	181 ± 7,5	3,38 ± 0,72

$T_{Máx}$: teste de esforço incremental máximo;
 T_{Lim} (teste): teste de tempo limite;
 $PVO_{2Máx}$: potência associada a ocorrência do $VO_{2Máx}$;
 T_{Lim} (min): tempo de desempenho na $PVO_{2Máx}$.

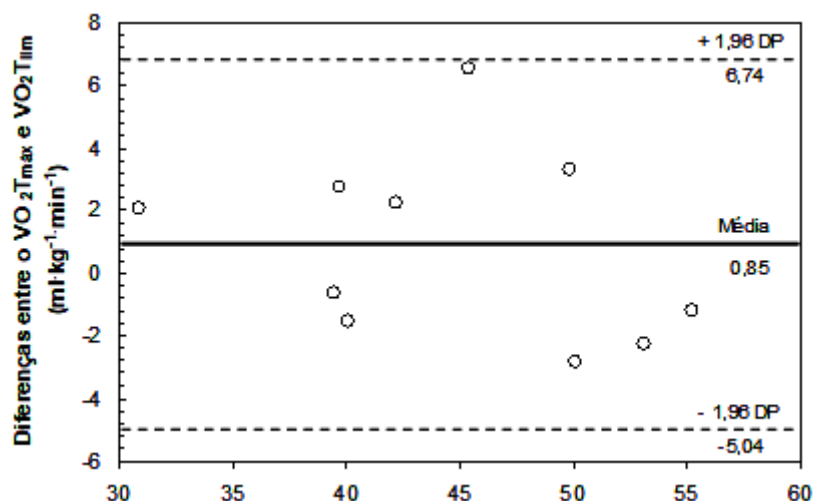


Resultados de $T_{Máx}$ e T_{Lim} para ambos os testes máximos.

FIGURA 2 - Comparativo entre a obtenção das variáveis máxima referentes aos testes realizados, bem como, a comparação entre as durações dos testes.

Existiu uma alta associação entre o $VO_{2Máx}$ medido entre $T_{Máx}$ e no teste do T_{Lim} ($r = 0,93$; $p < 0,001$). Por outro lado, a associação entre os valores de $FC_{máx}$ obtidos no teste máximo

e no teste de T_{Lim} apresentou uma associação moderada ($r = 0,64$; $p = 0,046$). A FIGURA 3 demonstra o gráficos de Bland-Altman o nível de concordância entre os valores de $VO_{2Máx}$.

FIGURA 3 - Nível de concordância entre os valores de $VO_{2Máx}$.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi comparar os valores de $VO_{2Máx}$ e $FC_{Máx}$ obtidos em um protocolo $T_{Máx}$ e em um teste contínuo de T_{Lim} . A hipótese principal da pesquisa foi aceita, uma vez que os principais achados deste estudo não apontam diferenças entre as variáveis dependentes em ambos os protocolos. Contudo, conforme já esperado, observou-se diferenças significativas no tempo total de exercício entre os protocolos. A magnitude das diferenças obtidas a partir da medida do tamanho do efeito foi classificada como trivial ($d = 0,12; 0,17$) para as medidas de $VO_{2Máx}$ e $FC_{Máx}$, o que sugere que os resultados não foram influenciados pelo tempo total, pela estrutura de protocolo (progressivo ou constante) e nem pela treinabilidade dos ciclistas. No presente estudo então, valores semelhantes de $VO_{2Máx}$ foram encontrados nos dois protocolos, estabelecendo-se uma relação quase perfeita de associação ($r = 0,93$).

Esse estudo se diferencia dos demais estudos comparativos desta natureza^{6-8,10-12}, pois compara estruturas de protocolos completamente distintas para obtenção das mesmas variáveis dependentes, desmistificando a noção de que apenas protocolos progressivamente continuados poderiam proporcionar uma ótima obtenção

do $VO_{2Máx}$. Grande parte dos estudos que se utilizam de protocolos de carga constante tem por objetivo principal a determinação do desempenho aeróbio, como por exemplo, cargas na potência crítica, na potência do limiar de lactato, ou na própria $PVO_{2Máx}$ ²⁷⁻³¹. A tempos, já é estabelecido na literatura a possível existência de diferenças significativas na medida direta do $VO_{2Máx}$ decorrentes de protocolos com estruturação distintas.

Em um estudo clássico desenvolvido por FROELICHER et al.¹⁰, por exemplo, foram observados diferenças significativas quando comparados 3 tipos de protocolos com estruturas e tempos distintos. Neste caso, o protocolo progressivo, porém descontinuado de Taylor¹⁰ apresentou valores superiores de $VO_{2Máx}$ ($47,4 \pm 5,6$ vs. $44,2 \pm 3,1$ vs. $42,8 \pm 4,8$ mL.kg⁻¹.min⁻¹ respectivamente) comparado aos protocolos máximos de Bruce e Balke¹⁰. Já BUCHFUHRER et al.¹³, observaram uma redução entre 5 a 10% nos valores de $VO_{2Máx}$ em protocolos de testes máximos progressivos com tempo total inferior a oito minutos, com grandes incrementos de carga, e superior a 17 min, o que, nesse estudo, foi contrariamente extraído no teste de T_{Lim} em tempo demasiadamente inferior comparado ao $T_{Máx}$ ($\Delta = 157\%$).

Então, em um desenho mais semelhante ao presente estudo, LEPRETRE et al.¹⁷ demonstraram igualdade na obtenção do $VO_{2Máx}$ comparando um teste convencional progressivo máximo ($62,9 \pm 6,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) a protocolos de carga constante de T_{Lim} ($64,0 \pm 7,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) na $PVO_{2Máx}$ (100% do $VO_{2Máx}$), e na $P\Delta 50$ (carga intermediária entre a $PVO_{2Máx}$ e o limiar de lactato; $61,4 \pm 6,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Outros estudos apresentaram similaridades aos resultados observados por LEPRETRE et al.^{17,22,32}. Portanto, parece por algum motivo ainda não conhecido, protocolos de carga constante, quando executados por participantes com nível recreacional de treinamento, conseguem efetivamente extrair o chamado “verdadeiro $VO_{2Máx}$ ”, enquanto que protocolos progressivos máximos podem exibir limitações em função da magnitude dos incrementos, do tempo por estágio, além do tempo total^{10,13,14}.

Apesar desse estudo não tratar especialmente do nível de treinamento, e não obter o comportamento cinético do VO_2 , que são claramente diferentes entre $T_{Máx}$ e T_{Lim} , essa igualdade de resultados entre carga constante x teste progressivo máximo parece ser apenas cabível para essa população específica, praticantes de ciclismo recreacional ($45,0 \pm 7,2 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), ou ciclistas com alto nível de $VO_{2Máx}$. Especula-se com base na literatura que em diferentes populações, como por exemplo, sujeitos destreinados ou pouco treinados, diferentes respostas sejam manifestadas, sugerindo cautela na escolha da estratégia de T_{Lim} . Neste caso, a grande amplitude da componente lenta observada comumente em testes de T_{Lim} poderiam contribuir para a exaustão periférica mesmo antes de alcançar o “verdadeiro $VO_{2Máx}$ ”^{33,34}. A lembrar, a magnitude da componente lenta do VO_2 é proporcional a intensidade estabelecida do exercício²⁰.

A $FC_{Máx}$ assim como o $VO_{2Máx}$, foi obtida semelhantemente em ambos os protocolos de esforço ($T_{Máx}$ vs. T_{Lim}). Isso já era de se esperar, uma vez que é uma variável colinear ao $VO_{2Máx}$, exibindo comportamento cinético semelhante. Tal variável foi apenas secundariamente observada, e apresentou

uma correlação significativa, porém apenas moderada ($r = 0,64$; $p = 0,046$) entre os valores mensurados. Esse nível de associação inferior da $FC_{Máx}$ pode ser explicado por possíveis variações biológicas ou até mesmo devido ao tempo de intervalo que foi dado entre cada teste (60 min), podendo ter havido algum tipo de interferência nos resultados finais.

No entanto, as pesquisas contidas na literatura parecem consistentes suportando a ideia de que a $FC_{Máx}$ pode ser obtida com precisão a partir de testes de carga constante (T_{Lim})⁴¹. BILLAT et al.⁴¹ comparam primariamente a componente lenta do VO_2 em diferentes modalidades (corrida e ciclismo) em 10 triatletas. Secundariamente, os autores obtiveram a $FC_{Máx}$ num teste de carga constante a 90% da $PVO_{2Máx}$. Mesmo em intensidade submáxima não foram encontrados diferenças significativas entre as respostas de $FC_{Máx}$, sugerindo a possibilidade de obtenção dessa variável quando selecionados valores ao redor da $PVO_{2Máx}$ ⁴¹.

Algumas limitações poderiam ter interferido diretamente os resultados, como por exemplo, a realização dos dois testes em uma única visita. Entretanto, aparentemente não houve influência nenhuma de fadiga sobre o desempenho dos ciclistas participantes, uma vez que os dados principais não diferiram significativamente, e o nível de associação entre as duas medidas de $VO_{2Máx}$ foram quase perfeitos. Já o nível de treinamento dos ciclistas, possivelmente interferiram no tempo de desempenho de T_{Lim} na $PVO_{2Máx}$, produzindo valores inferiores aos observados em ciclistas de alto nível (T_{Lim} médio = $5,20 \pm 2,42 \text{ min}$)^{17,31,42,43}. Tais respostas finais de teste deixam claro que não houve impacto nenhum sobre os valores de $VO_{2Máx}$, demonstrando que o nível de treinamento é um fator de influência apenas para a permanência na carga metabólica sugerida (finalidade de medir desempenho).

Por fim, foram observados também em nossa amostra uma razoável heterogeneidade em relação ao $VO_{2Máx}$ dos avaliados, produzindo um coeficiente de variabilidade inicial médio de 16,0%.

Conclusão

Concluiu-se que no T_{Lim} a 100% da $PVO_{2Máx}$, os valores obtidos de $VO_{2Máx}$ e $FC_{máx}$ foram fidedignos aos valores encontrados no teste incremental máximo. Sendo assim, o teste do T_{Lim} a 100% da $PVO_{2Máx}$ pode ser utilizado como

estratégia tempo eficiente para a obtenção das variáveis máximas de teste. Sugere-se adicionalmente, a testagem do T_{Lim} a partir de carga predita por equações metabólicas para o estabelecimento de carga máxima para a realização de T_{Lim} .

Financiamentos

O presente estudo não foi provido por quaisquer fontes de financiamentos.

Conflitos de Interesses

Declaramos não haver nenhum tipo de conflito de interesses entre as partes envolvidas.

Abstract

The direct obtaining of VO_{2max} is not influenced by the characteristic of the maximum effort test protocols.

The values of maximum oxygen consumption (VO_{2max}) obtained indirectly are influenced by the characteristic or exercise protocol configuration. However, it is unclear in the literature if this prerogative is true when VO_{2max} is measured directly. The objective was to compare the values of VO_{2max} and maximal heart rate (HR_{max}) obtained through a maximum incremental protocol (T_{max}) and a continuous time to exhaustion (T_{Lim}) protocol, based on the power of the VO_{2max} . Twelve males cyclists (Age = $36,0 \pm 9,3$ years; height = $173,2 \pm 5,9$ cm; mass = $78,5 \pm 10,7$ kg), trained for regional proves of long distance participated in the study. AT_{max} was performed on the cycle ergometer with increments of 22.5 W every minute, with an initial load of 157.5 W maintaining a standard rotation of 90 RPM. T_{Lim} was performed at the same rotation until exhaustion from the lowest occurrence power of VO_{2max} (PVO_{2max}). Student's t-test was used to compare the dependent variables ($p \leq 0.05$). There was no significant difference in the obtained values of VO_{2max} and HR_{max} ($T_{Max} = 45.02 \pm 7.21$ ml · kg⁻¹ · min⁻¹ vs. $T_{Lim} = 44.17 \pm 7.21$ ml · kg⁻¹ · min⁻¹) e ($HRT_{max} = 182.9 \pm 9.2$ bpm vs. $HR_{Tlim} = 181.3 \pm 7.5$ bpm), respectively, when compared both tests. The T_{Lim} on PVO_{2Max} provided reliable values of VO_{2max} and HR_{max} and a shorter total test time performed, compared to a maximal incremental protocol.

KEYWORDS: Maximum Oxygen uptake; Heart rate; Time to exhaustion; Aerobic exercise.

Referências

1. Smirmaul BP, Bertucci DR, Teixeira IP. Is the $VO_{2\text{max}}$ that we measure really maximal? *Front Physiol.* 2013;4:203.
2. Noakes TD, St Clair Gibson A. Logical limitations to the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med.* 2004;38:648-9.
3. Noakes TD, St Clair Gibson A, Lambert EV. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med.* 2004;38:511-4.
4. Bergh U, Ekblom B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:85-8.
5. Noakes TD. How did A V Hill understand the $VO_{2\text{max}}$ and the "plateau phenomenon"? Still no clarity? *Br J Sports Med.* 2008;42:574-80.
6. Hermansen L, Saltin B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1969;26:31-7.
7. Saltin B. Oxygen uptake and cardiac output during maximal treadmill and bicycle exercise. *Mal Cardiovasc.* 1969;10:393-9.
8. Ekblom B. To measure physical performance in many sports is often very easy and is also done with great precision. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10:119-22.
9. Billat V, Faina M, Sardella F, et al. A comparison of time to exhaustion at $VO_{2\text{max}}$ in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics.* 1996;39:267-77.
10. Froelicher VF, Jr., Brammell H, Davis G, et al. A comparison of three maximal treadmill exercise protocols. *J Appl Physiol.* 1974;36:720-5.
11. Froelicher VF, Jr., Brammell H, Davis G, et al. A comparison of the reproducibility and physiologic response to three maximal treadmill exercise protocols. *Chest.* 1974;65:512-7.
12. Duncan GE, Howley ET, Johnson BN. Applicability of $VO_{2\text{max}}$ criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:273-8.
13. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1983;55:1558-64.
14. Yoon BK, Kravitz L, Robergs R. $VO_{2\text{max}}$, protocol duration, and the $VO_{2\text{max}}$ plateau. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1186-92.
15. Midgley AW, Bentley DJ, Luttikholt H, McNaughton LR, Millet GP. Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid $VO_{2\text{max}}$ determination really need to last between 8 and 12 minutes? *Sports Med.* 2008;38:441-7.
16. Jones AM, Grassi B, Christensen PM, et al. Slow component of $VO_{2\text{max}}$ kinetics: mechanistic bases and practical applications. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:2046-62.
17. Lepretre PM, Koralsztein JP, Billat VL. Effect of exercise intensity on relationship between $VO_{2\text{max}}$ and cardiac output. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1357-63.
18. Carita R, Greco C, Pessoa Filho D. Cinética do $VO_{2\text{max}}$ durante o exercício realizado na potência crítica em ciclistas e indivíduos não-treinados no ciclismo. *Motriz.* 2013;19:412-22.
19. Billat VL. $VO_{2\text{max}}$ slow component and performance in endurance sports. *Br J Sports Med.* 2000;34:83-5.
20. Billat VL, Morton RH, Blondel N, et al. Oxygen kinetics and modelling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol.* 2000;82:178-87.
21. Morton RH, Billat V. Maximal endurance time at $VO_{2\text{max}}$. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1496-504.
22. Renoux JC, Petit B, Billat V, Koralsztein JP. Calculation of times to exhaustion at 100 and 120% maximal aerobic speed. *Ergonomics.* 2000;43:160-6.
23. ACSM. Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição: Guanabara Koogan; 2009.
24. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40:497-504.
25. Siri W. Body Composition from fluid spaces and density: Analysis os methods. *National Academy os Science.* 1961;223-44.
26. Borg G. Escala de Borg para Dor e o Esforço Percebido: Manole; 1999.
27. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31:75-90.
28. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31:13-31.
29. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med.* 2013;43:927-54.

30. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med.* 2013;43:313-38.
31. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32:53-73.
32. Demarie S, Koralsztein JP, Billat V. Time limit and time at VO₂max' during a continuous and an intermittent run. *J Sports Med Phys Fitness.* 2000;40:96-102.
33. Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK, Walters TJ. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol.* 1988;64:2622-30.
34. Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:93-107.
35. Nummela AT, Paavolainen LM, Sharwood KA, et al. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97:1-8.
36. Paavolainen L, Nummela A, Rusko H. Muscle power factors and VO₂max as determinants of horizontal and uphill running performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10:286-91.
37. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:1801-7.
38. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2005;19:527-33.
39. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev.* 1995;23:25-63.
40. Billat V, Binsse V, Petit B, Koralsztein JP. High level runners are able to maintain a VO₂ steady-state below VO₂max in an all-out run over their critical velocity. *Arch Physiol Biochem.* 1998;106:38-45.
41. Billat VL, Richard R, Binsse VM, Koralsztein JP, Haouzi P. The V(O₂) slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue. *J Appl Physiol.* 1998;85:2118-24.
42. Laursen PB, Shing CM, Jenkins DG. Reproducibility of the cycling time to exhaustion at .VO₂peak in highly trained cyclists. *Can J Appl Physiol.* 2003;28:605-15.
43. Laursen PB, Shing CM, Jenkins DG. Temporal aspects of the VO₂ response at the power output associated with VO₂peak in well trained cyclists--implications for interval training prescription. *Res Q Exerc Sport.* 2004;75:423-8.

ENDEREÇO

Alberto Souza Sá Filho
Departamento de Educação Física
Universidade Evangélica de Goiás
Av. Universitária, s/n - Cidade Universitária
75075-010 - Anápolis - GO - Brasil
E-mail: doutor.alberto@outlook.com

Submetido: 30/08/2021
Revisado: 22/08/2022
Aceito: 30/01/2023