

# Influência do Protocolo Ergométrico na Ocorrência de Diferentes Critérios de Esforço Máximo



## *Influence of the Ergometric Protocol in the Onset of Different Criteria for Maximal Effort*

Thiago Lemos  
Fernando S. Nogueira  
Fernando A.M.S. Pompeu

Laboratório de Ergoespiometria,  
Serviço de Pneumologia, HSE-UFRJ;  
Laboratório de Biometria (Ladebio),  
PPGEF-UFRJ.

### Endereço para correspondência:

Fernando A.M.S. Pompeu  
Programa de Pós-Graduação em  
Educação Física, EEFD-UFRJ  
Av. Carlos Chagas Filho, 540  
Cidade Universitária, Ilha do Fundão  
21941-549 – Rio de Janeiro, RJ  
E-mail: ladebio@eefd.ufrj.br

### RESUMO

**Introdução e Objetivo:** Neste estudo investigamos a influência de diferentes protocolos ergométricos na ocorrência dos critérios de esforço máximo. **Métodos:** Nove sujeitos fisicamente ativos ( $23 \pm 4$  anos,  $177 \pm 10$  cm, e  $77,1 \pm 16$  kg) realizaram três testes de esforço (PR1 –  $15W \cdot \text{min}^{-1}$ , PR2 –  $50W \cdot 3 \text{ min}^{-1}$ , e PR3 –  $50W \cdot 5 \text{ min}^{-1}$ ) no cicloergômetro. O consumo de oxigênio foi medido em circuito aberto e integrado a cada 20s. Adotaram-se como critérios de esforço máximo: o platô no consumo de oxigênio  $\leq 150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ; frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{máx}}$ )  $\geq 95\%$  prevista pela idade; lactato  $\geq 8,0 \text{ mM}$ ; e RER  $\geq 1,1$ . **Resultados:** O  $VO_{2\text{máx}}$  não apresentou diferenças entre os protocolos ( $2,68 \pm 1,0$ ;  $2,58 \pm 1,0$  e  $2,99 \pm 1,3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  para PR1, PR2 e PR3,  $p = 0,72$ ). A maior ocorrência do platô foi observada em PR1 (cinco sujeitos). O critério da frequência cardíaca máxima foi satisfeito em três sujeitos em PR3, e o critério do lactato em seis sujeitos, no mesmo protocolo (PR3). O RER  $\geq 1,1$  foi observado em seis sujeitos em PR1. **Conclusão:** Concluímos que a ocorrência de diferentes critérios de esforço máximo é influenciada pela escolha do protocolo ergométrico, não indicando, contudo, valores distintos de  $VO_{2\text{máx}}$ .

**Palavras-chave:** platô do oxigênio,  $VO_{2\text{máx}}$ , teste de esforço.

### ABSTRACT

**Introduction and Objectives:** The aim of this study was to investigate the influence of different exercise protocols in the onset of maximal effort parameters. **Methods:** Nine healthy individuals ( $23 \pm 4$  year old;  $177 \pm 10$  cm; and  $77.1 \pm 16$  kg) participated in three progressive exercise tests (PR1 –  $15 \text{ W} \cdot \text{min}^{-1}$ , PR2 –  $50 \text{ W} \cdot 3 \text{ min}^{-1}$ , and PR3 –  $50 \text{ W} \cdot 5 \text{ min}^{-1}$ ) in a cycle ergometer. Oxygen consumption was measured in open circuit and was calculated at 20 s intervals. The maximal effort parameters considered here were: plateau in oxygen consumption  $\leq 150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ; maximal heart rate  $\geq 95\%$  predicted by age; blood lactate concentration ( $8.0 \text{ mM}$ ); and RER  $\geq 1.1$ . **Results:** The  $VO_{2\text{max}}$  was not different among exercise tests ( $2.68 \pm 1.0$ ;  $2.58 \pm 1.0$  and  $2.99 \pm 1.3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  for PR1; PR2 and PR3,  $p = 0.72$ ). The highest plateau occurrence was in PR1 (5 individuals). The heart rate criterion was observed in 3 individuals in PR3, while the lactate criterion was fulfilled in 6 subjects in the same PR3 protocol. Regarding the RER parameter, only 6 subjects in PR1 achieved values  $\geq 1.1$ . **Conclusion:** It was concluded that the maximal effort parameters evaluated in this study are influenced by the exercise test, even when there are no differences in the  $VO_{2\text{max}}$ .

**Keywords:** plateaus in oxygen consumption,  $VO_{2\text{max}}$ , effort test.

## INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) é considerado um dos principais determinantes da aptidão física, por sua associação com o desempenho atlético<sup>(1,2)</sup> e com o diagnóstico e prescrição de exercícios para cardiopatas e pneumopatas<sup>(3,4)</sup>. O principal critério de determinação do  $VO_{2\text{máx}}$  é a ocorrência de platô no consumo de oxigênio próximo à exaustão<sup>(5,6)</sup>. Esse critério foi previamente estabelecido por Taylor *et al.*<sup>(7)</sup>, tendo como base protocolos descontínuos, com longos estágios, e cargas aplicadas com horas e até dias de intervalo. Apesar de não haver consenso entre os cientistas do exercício sobre a escolha do critério ideal de esforço máximo<sup>(5)</sup>, a referência proposta por Taylor *et al.*<sup>(7)</sup> é a mais utilizada.

O critério de platô tem se mostrado pouco eficiente<sup>(8-10)</sup> nos protocolos em rampa, ou com pequenos incrementos em curta duração; com isso, o termo “consumo de oxigênio de pico” tem sido empregado sempre que o platô não é observado. Diversos trabalhos, contudo, têm demonstrado que não há distinção entre o valor do  $VO_{2\text{máx}}$  observado em testes descontínuos ou com incrementos<sup>(10,11)</sup>. A baixa incidência de platô do  $VO_2$  levou ao emprego de outros marcadores de esforço máximo. A razão de trocas respiratórias (RER), a frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{máx}}$ ) e as concentrações de lactato sanguíneo ([Lac]) também têm sido consideradas na determinação do esforço máximo, embora os índices utilizados como referência possam apresentar variações entre os estudos<sup>(5,6)</sup>.

Sabe-se que variações no incremento de carga ou na duração do estágio, em testes ergométricos, podem acarretar em diferentes respostas dos parâmetros metabólicos e respiratórios, tais como: a eficiência mecânica<sup>(12)</sup>, potência máxima alcançada e  $VO_{2\text{máx}}$ <sup>(13,14)</sup>. Considerando-se que não é clara se a ocorrência dos critérios complementares de esforço máximo é afetada pelas diferentes combinações de incremento de carga e duração do teste ergométrico, o objetivo da presente investigação retrospectiva foi determinar o efeito do protocolo cicloergométrico na ocorrência de diferentes critérios de esforço máximo.

## MÉTODOS

### Sujeitos

A presente investigação foi composta por nove voluntários (sendo sete homens) com  $23 \pm 4$  anos,  $177 \pm 10$ cm de estatura, e  $77,1 \pm 16,0$ kg de massa corporal, aparentemente saudáveis, não tabagistas e não atletas, com experiência no cicloergômetro, engajados ou não em programas de treinamento aeróbio.

Foi recomendada para as 24h prévias ao exame a abstinência de atividades físicas extenuantes ( $> 5$  METs) e a ingestão de álcool. Recomendou-se também a manutenção da dieta mista nas 48h precedentes ao teste. Solicitou-se a abstinência de alimentos e cafeína nas três horas prévias ao esforço. Cada sujeito foi informado quanto aos riscos associados aos procedimentos adotados. Um termo de esclarecimento e consentimento foi lido e assinado. Todos os procedimentos aqui adotados foram aprovados pelo Comitê de Ética Local para Experimentos com Seres Humanos (Rio de Janeiro, CEP/HSE 000.021/99). Este estudo foi realizado conforme a Declaração de Helsinki.

### Procedimento experimental

Os sujeitos foram submetidos a três diferentes protocolos de esforço escalonado, contínuo e máximo no cicloergômetro mecânico (Monark®, São Paulo, SP, Brasil), realizados em um intervalo de 7-14 dias, no mesmo período do dia. A ordem dos testes foi estabelecida de modo aleatório. A altura do selim foi ajustada para cada sujeito, de maneira que o joelho mantivesse um ângulo próximo à extensão total (aprox.  $175^\circ$ ). Após seis minutos em repouso, sentado sobre o selim do cicloergômetro, os sujeitos pedalarão sem carga durante quatro minutos e, posteriormente, iniciou-se a fase escalonada. A intensidade foi específica para cada protocolo: Protocolo 1 (PR1) –  $15W \cdot \text{min}^{-1}$ ; Protocolo 2 (PR2) –  $50W \cdot 3\text{min}^{-1}$ ; e Protocolo 3 (PR3) –  $50W \cdot 5\text{min}^{-1}$ . Os sujeitos mantiveram a cadência fixa ao longo do exame ( $1,0\text{Hz}$ ). O ritmo foi controlado por um metrônomo audiovisual (Witter® Junior Plast 826, Isny/ Allgäu, Alemanha).

### Análise dos parâmetros fisiológicos e metabólicos

A ventilação minuto ( $V_E$ ) e a fração expirada de oxigênio e de dióxido de carbono foram continuamente medidas através de calorimetria indireta de circuito aberto (TEEM 100® Total Metabolic Analysis System, Aerosport, Ann Arbor, Mich., EUA)<sup>(15-18)</sup>. Os sujeitos utilizaram um clipe de nariz e um pneumotacômetro de fluxo médio (Hans Rudolph®, Kansas City, MO, EUA). O consumo de oxigênio por minuto ( $VO_2$ ) e a excreção de gás carbônico por minuto ( $VCO_2$ ) foram apresentados a cada 20 segundos. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada continuamente ao longo do teste através de telemetria (Vantage NV®, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) e o conceito de esforço percebido (CEP), na escala de Borg de 6 a 20, foi coletado ao final de cada estágio.

Foram coletados  $25\mu\text{L}$  de sangue, por punção do lóbulo da orelha em hiperemia, segundo procedimentos descritos por Shephard<sup>(19)</sup>. As coletas foram realizadas durante o repouso, nos dois minutos prévios à realização do exame e a cada dois minutos de esforço em PR1 e no minu-

to final de cada estágio em PR2 e PR3. As amostras foram imediatamente analisadas através do método eletroenzimático (YSI 1500 Sport L-Lactate Analyser®, Yellow Springs, EUA). Para determinação do lactato no sangue total, adicionou-se na solução tampão o agente hemolítico Triton X-100 (YSI #1515 Agent Cell Lysing, EUA) a 0,25%. As coletas de sangue foram realizadas por um avaliador experiente entre 20 a 25 segundos.

### Controles e calibrações

O analisador metabólico, o analisador de lactato e o cicloergômetro foram calibrados antes de cada teste. O ergoespirômetro foi calibrado em circuito fechado, através de uma mistura certificada de gases contendo 17,01% de oxigênio, 5,00% de gás carbônico e balanceada com nitrogênio (AGA®, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). O fluxo foi calibrado utilizando-se uma seringa de ar de três litros (Hans Rudolph®, Kansas City, MO, EUA). Ao final de cada teste, foi realizada a medida das frações percentuais de oxigênio e gás carbônico na mistura de gases empregada para calibragem. A variação máxima admitida foi de 16,16 a 17,86% para  $FO_2$  e de 4,75 a 5,25% para  $FCO_2$ . O analisador de lactato teve a calibragem confirmada previamente ao teste, através de uma solução padrão de  $5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (YSI #2327 Lactate Standard YSI®, EUA) de lactato. Antes de cada teste e a cada hora de uso realizou-se uma nova calibragem. A linearidade do equipamento foi confirmada até  $15\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  de lactato. Antes do início do experimento a precisão do equipamento foi checada através de uma curva de calibragem com padrões de 1,0; 2,5; 5,0; 7,5; 12,0; 15,0; 18,0; 24,0; e  $30,0\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , preparadas através da diluição dos padrões fornecidos pelo fabricante (YSI #2327:  $5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; YSI #2328:  $15\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , YSI #1530:  $30\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  Lactate Standard YSI®, EUA). A associação entre os valores medidos e esperados na curva de calibragem foi  $r = 0,999$ ,  $y = 0,9436x + 0,33011$  e  $EPE = 0,20\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . O cicloergômetro foi calibrado através de um lastro de 3kg.

### Critérios de esforço máximo

Utilizou-se o platô do consumo de oxigênio como principal critério de esforço máximo. Para determinação do platô, empregou-se a diferença na medida do  $VO_2$  entre os dois últimos estágios do teste ergométrico. Essa diferença foi definida como  $\Delta VO_{2\text{final}}$ . Considerando-se o critério original do platô do consumo de oxigênio, estabelecido no trabalho de Taylor *et al.*<sup>(7)</sup>, foi determinada a ocorrência desse fenômeno quando o  $\Delta VO_{2\text{final}}$  foi  $\leq 150\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . Outros critérios de esforço máximo também foram considerados<sup>(6)</sup>:  $RER \geq 1,1$ ;  $FC_{\text{máx}} \geq 95\%$  da máxima prevista pela idade ( $220 - \text{idade}$ ); e  $[\text{Lac}]$  ao final do teste  $\geq 8,0$  mM.

### Análise estatística

O tratamento estatístico foi realizado através dos aplicativos Statistica® (Statsoft®, versão 7.0, EUA) e Microsoft Excel® para Windows XP® (Microsoft, EUA). Empregou-se a estatística descritiva com a média  $\pm$  desvio padrão (DP). O delineamento experimental do presente estudo foi contrabalançado. Para comparação entre os diferentes protocolos utilizamos a análise de variância (ANOVA) com um fator (protocolo) para amostras repetidas e teste *post-hoc* de Tukey-HSD. O nível de significância estabelecido para esse estudo foi de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

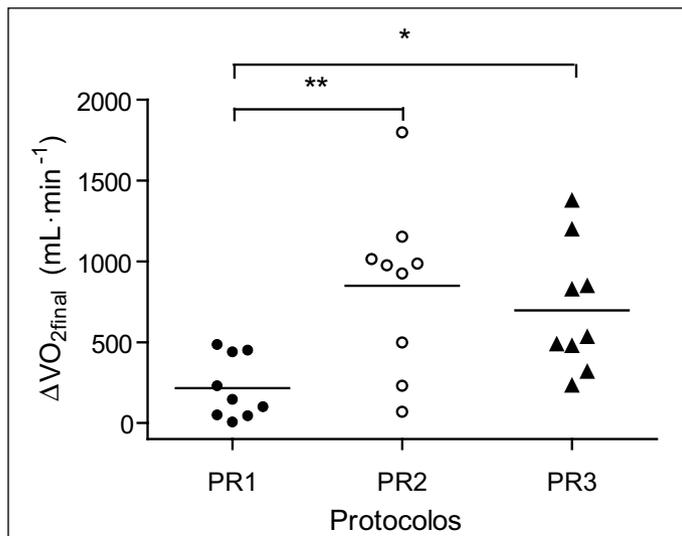
As respostas fisiológicas obtidas em cada protocolo encontram-se na tabela 1. A duração do teste de esforço progressivo ( $T_{\text{exaustão}}$ ) em PR3 foi significativamente maior que em PR1 e PR2 ( $p = 0,0002$ ). A potência máxima atingida ( $P_{\text{máx}}$ ) não apresentou diferenças entre os protocolos ( $p = 0,28$ ), apesar de PR2 sugerir valores menores nesse parâmetro, e não houve diferença no  $VO_{2\text{máx}}$  observado ( $p = 0,72$ ),  $RER$  ( $1,1 \pm 0,1$  em todos os testes,  $p = 0,72$ ), e  $FC_{\text{máx}}$  ( $p = 0,59$ ), apesar de haver uma tendência para maiores valores em PR3 nesse último índice.

A concentração final de lactato sanguíneo ([Lac]) foi significativamente maior em PR3, quando comparados com os outros protocolos ( $p = 0,04$ ). O  $\Delta VO_{2\text{final}}$  mostrou uma grande variação entre os indivíduos e entre os protocolos (figura 1), atingindo valores mínimos e máximos de: 5-485 mL $\cdot$ min $^{-1}$  em PR1, 68-1798 mL $\cdot$ min $^{-1}$  em PR2, e 230-1375 mL $\cdot$ min $^{-1}$  em PR3. Observou-se diferenças significativas para  $\Delta VO_{2\text{final}}$ , sendo menor em PR1, quando comparado com PR2 e PR3 ( $p = 0,01$ ).

**Tabela 1.** Respostas fisiológicas e metabólicas nos três protocolos investigados.

	PR1		PR2		PR3	
$T_{\text{exaustão}}$ (min)	11 $\pm$ 1	(9-14)	10 $\pm$ 3	(6-15)	24 $\pm$ 3**	(17-30)
$P_{\text{máx}}$ (Watts)	183 $\pm$ 57	(135-325)	153 $\pm$ 29	(125-225)	182 $\pm$ 43	(120-250)
$VO_{2\text{máx}}$ (L $\cdot$ min $^{-1}$ )	2,68 $\pm$ 1,0	(1,48-4,53)	2,58 $\pm$ 1,0	(1,47-4,81)	2,99 $\pm$ 1,3	(1,63-5,60)
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	168 $\pm$ 15	(141-195)	165 $\pm$ 12	(153-186)	180 $\pm$ 13	(159-200)
[Lac]	6,4 $\pm$ 1,6	(4,0-8,2)	5,3 $\pm$ 2,6	(1,8-9,3)	8,1 $\pm$ 2,3*	(5,1-11,3)

Média  $\pm$  desvio padrão (valor mínimo e máximo);  $T_{\text{exaustão}}$ , tempo de exaustão;  $P_{\text{máx}}$ , potência máxima atingida;  $VO_{2\text{máx}}$ , consumo máximo de oxigênio;  $FC_{\text{máx}}$ , frequência cardíaca máxima; [Lac], concentração de lactato sanguíneo ao final do teste; \*diferença significativa para  $p \leq 0,05$ ; \*\* diferença significativa para  $p \leq 0,01$ .



**Figura 1.**  $\Delta VO_{2\text{final}}$  de cada indivíduo, em PR1, PR2 e PR3. As barras horizontais indicam a média. \*Diferença significativa para  $p \leq 0,05$ . \*\*Diferença significativa para  $p \leq 0,01$ .

A ocorrência dos critérios de esforço máximo utilizados neste estudo mostrou-se sensível ao protocolo ergométrico (tabela 2). Houve maior ocorrência do platô no consumo de oxigênio em PR1, sendo baixa em PR2 e não sendo observado em PR3; porém, os sujeitos que alcançaram o platô em PR1 e PR2 não foram os mesmos. O critério da frequência cardíaca (FC) foi satisfeito em poucos sujeitos em PR1 e PR3, não sendo satisfeito em PR2. A [Lac] alcançou valores maiores ou iguais a 8,0 mM em um número elevado de sujeitos em PR3, havendo pouca ocorrência desse critério em PR1 e PR2. O RER foi o critério de maior ocorrência entre os observados. Quando combinou-se os critérios de esforço máximo, pouca coerência foi observada. Dos cinco sujeitos que apresentaram platô em PR1, somente quatro alcançaram valores de RER dentro do corte preestabelecido, não havendo ocorrência dos critérios da FC e da [Lac]. Em PR2, no único sujeito que apresentou platô, nenhum outro critério adotado foi observado. Em PR3, apesar de não termos observado platô em nenhum sujeito, este foi o protocolo com maior ocorrência dos critérios da FC e [Lac], havendo também a ocorrência para RER (tabela 2).

**Tabela 2.** Frequência de ocorrência dos diferentes critérios de esforço máximo nos protocolos avaliados.

	PR1	PR2	PR3
Platô ( $\leq 150$ mL $\cdot$ min $^{-1}$ )	05/set	01/set	0/9
$FC_{\text{máx}}$ ( $\geq 95\%$ ) <sup>1</sup>	01/set	0/9	03/set
[Lac] ( $\geq 8,0$ mM)	02/set	01/set	06/set
RER ( $\geq 1,1$ )	06/set	07/set	04/set

<sup>1</sup>  $FC_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}$ ; Número de ocorrências/total de observações; as abreviações seguem formato da tabela 1.

## DISCUSSÃO

A presente investigação considerou que o platô no consumo de  $O_2$  pode não ser um critério adequado para determinação do  $VO_{2\text{máx}}$  quando comparados diferentes protocolos ergométricos, e o uso de diferentes critérios de esforço máximo, analisados separadamente ou combinados, podem não ser garantia de maior exatidão na determinação desse importante índice metabólico. Sendo assim, objetivou-se determinar o efeito do protocolo cicloergométrico na ocorrência de diferentes critérios de esforço máximo.

A amostra deste estudo foi composta por sujeitos não atletas, hígidos, com muita ou pouca experiência no cicloergômetro, engajados ou não em programas de treinamento aeróbio. Características hereditárias e o envolvimento em programas de exercícios podem influenciar nos valores do  $VO_{2\text{máx}}$ . Mesmo considerando a experiência dos indivíduos com o cicloergômetro, esse equipamento pode sobrecarregar os membros inferiores, causando a fadiga precocemente<sup>(4)</sup>. A fadiga dos membros inferiores pode resultar em baixo  $VO_{2\text{máx}}$ <sup>(20)</sup>. A influência de diferentes protocolos na medida do  $VO_{2\text{máx}}$  tem sido examinada e observou-se que variações na duração do estágio ou no incremento das cargas, em testes progressivos não afetam de modo significativo a medida do  $VO_{2\text{máx}}$ <sup>(12,21)</sup>; no entanto, outras investigações mostraram resultados discrepantes<sup>(14,22)</sup>. No presente estudo, analisamos protocolos com diferenças na duração do estágio e no incremento de carga e nenhuma diferença significativa foi observada no  $VO_{2\text{máx}}$ . Investigações prévias observaram índices de  $VO_{2\text{máx}}$  inferiores em protocolos com maior duração total<sup>(13,14)</sup>.

É essencial que haja precisão das medidas das trocas gasosas e ventilatórias para que os dados sejam reproduzidos, sendo necessário o controle da qualidade das medidas através dos procedimentos de calibragem, de operação e de análise por técnicos experientes<sup>(23)</sup>. Testes em que esses cuidados são tomados apresentam baixa variação nas medidas repetidas em momentos próximos<sup>(15-17,23,24)</sup>. A variação diária intraindivíduo, devido ao erro e às flutuações fisiológicas do  $VO_2$ ,  $V_E$  e FC são<sup>(24)</sup> respectivamente de 3,8%, 8,0% e 3,0%. Granja Filho *et al.*<sup>(17)</sup> observaram um índice de variação intraindivíduo de 5,5% para o  $VO_{2\text{máx}}$ . Nogueira e Pompeu<sup>(25)</sup> e Magrani e Pompeu<sup>(26)</sup> observaram índices satisfatórios para as medidas analisadas em equipamento semelhante ao aqui adotado. Mesmo com maior imprecisão das medidas obtidas, comparando-se aos equipamentos mais sofisticados (3,8% *versus* 5,5%), o ergoespirômetro aqui adotado foi validado por outros grupos<sup>(15,16)</sup> e é amplamente empregado em laboratórios brasileiros devido ao menor custo.

Inúmeros são os critérios utilizados para avaliação do  $VO_{2\text{máx}}$ , porém, nenhum consenso é apresentado sobre qual método é o mais adequado<sup>(5)</sup>. Entretanto, essa controvérsia não invalida o uso dos critérios estabelecidos para o presente estudo, uma vez que a intenção foi demonstrar a influência do protocolo ergométrico na ocorrência destes índices. Originalmente estabelecido em testes ergométricos de carga constante<sup>(7)</sup>, o critério do platô tem sido criticado quanto à sua adequação para caracterização do  $VO_{2\text{máx}}$  em testes progressivos<sup>(5,6)</sup>.

Diversos estudos comparando testes de carga constante e testes progressivos não foram capazes de observar diferenças significativas no valor do  $VO_{2\text{máx}}$  entre os testes, embora o platô do consumo de oxigênio seja observado apenas em alguns dos sujeitos testados<sup>(8-10)</sup>.

O uso de outros critérios de determinação do esforço máximo, separadamente ou combinados, foram também analisados previamente. Duncan *et al.*<sup>(9)</sup> observaram a incidência de platô em 50% dos sujeitos testados em dois protocolos ergométricos, embora o critério da [Lac] e RER tenham sido alcançados por um número maior de indivíduos (90-100%). Resultados semelhantes foram obtidos por Doherty *et al.*<sup>(11)</sup>, nos quais o RER e FC foram satisfeitos por mais de 60% dos sujeitos, embora o platô só tenha sido alcançado por menos de 40% desses sujeitos. Ao comparar a ocorrência de diferentes critérios de esforço máximo entre atletas de elite e indivíduos sedentários, utilizando análises semelhantes ao do presente estudo (RER > 1,1;  $FC_{\text{máx}}$  > 95% da máxima prevista pela idade; [Lac] > 8 mM), mas uma definição distinta de platô ( $\Delta VO_2 < 1,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot (\text{min}^{-1})$ ), Lucia *et al.*<sup>(27)</sup> observaram que o RER foi satisfeito em 100% dos voluntários. Contudo, houve diferenças significativas entre atletas e sedentários para a ocorrência do critério de FC (82% para atletas e 68% para sedentários), do [Lac] (84% e 73%, para atletas e sedentários, respectivamente), e para o platô (47% para atletas e somente 24% para sedentários). Lacour *et al.*<sup>(28)</sup> atribuem a ocorrência do platô aos altos níveis de lactato sanguíneo alcançado por seus sujeitos. Analisou-se a [Lac] ao final do teste e durante a recuperação e observou-se resultados inferiores no grupo

que apresentou platô (~6 mM) em relação aos que obtiveram índices superiores (~8 mM). Uma diferença no  $VO_{2\text{máx}}$  entre os grupos não foi observada. Os resultados da presente investigação encontram-se de acordo com os de Lacour *et al.*<sup>(28)</sup>. Utilizando técnicas estatísticas para a determinação do platô e diferentes critérios para RER e FC, Poole *et al.*<sup>(29)</sup> concluíram que o uso desses critérios não é de fato determinante para a validação do  $VO_{2\text{máx}}$ .

Considerando-se que a ocorrência do platô do consumo de oxigênio, assim como de outros critérios utilizados para determinação do  $VO_{2\text{máx}}$ , é influenciada pela escolha do protocolo ergométrico e que diferenças nessa ocorrência não indicam valores distintos de  $VO_{2\text{máx}}$  entre os protocolos, conclui-se que o uso generalizado do platô ou de outros critérios de esforço máximo para comparação entre diferentes testes ergométricos parece não ser adequado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste estudo expressam seus agradecimentos à Associação dos Amigos do Centro de Estudos e Aperfeiçoamento do Hospital dos Servidores do Estado do Rio de Janeiro, na pessoa do Dr. Aluisio S. Aderaldo Jr. pela contribuição significativa para a realização deste trabalho. Este estudo recebeu o apoio da FAPERJ e MCT/ CNPq.

---

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

---

## REFERÊNCIAS

1. Åstrand P-O. Principles in ergometry and their implications in sports practice. *Sports Med* 1984;1:1-5.
2. Snell PG, Stray-Gundersen J, Levine BD, Hawkins MN, Raven PB. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:103-7.
3. Monteiro HL, Rolim LMC, Squinca DA, Silva FC, Ticianeli CCC, Amaral SL. Efetividade de um programa de exercícios no condicionamento físico, perfil metabólico e pressão arterial de pacientes hipertensos. *Rev Bras Med Esporte* 2007;13:107-12.
4. Fleg JL, Pina IL, Balady GL, Chaitman BR, Fletcher B, Lavie C, et al. Assessment of functional capacity in clinical and research applications: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation* 2000;102:1592-7.
5. Howley ET, Basset DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1292-301.
6. Midgley AW, McNaughton LR, Polman R, Marchant D. Criteria for determination of maximal oxygen uptake. *Sports Med* 2007;37:1019-28.
7. Taylor H, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen uptake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol* 1955;8:73-80.
8. Rowland TW. Does peak VO2 reflect VO2max in children?: evidence from supramaximal testing. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:689-93.
9. Duncan GE, Howley ET, Johnson BN. Applicability of VO2max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:273-8.
10. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ. The maximally attainable VO2 during exercise in humans: the peak versus maximum issue. *J Appl Physiol* 2003;95:1901-7.
11. Doherty M, Nobbs L, Noakes TD. Low frequency of the "plateau phenomenon" during maximal exercise in elite British athletes. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:619-23.
12. Scheuermann BW, McConnell JHT, Barstow TJ. EMG and oxygen uptake responses during slow and fast ramp exercise in humans. *Exp Physiol* 2000;87:91-100.
13. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983;55:1558-64.
14. Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, Biren GB, Robertson RJ. Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals. *Eur J Appl Physiol* 2001;84:291-5.
15. Novitsky S, Segal KR, Chattr-Aryamontri B, Guvakov D, Katch VL. Validity of a new portable indirect calorimeter: the Aerospport TEEM 100. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70:462-7.
16. Wideman L, Stoudemire NM, Pass KA, McGinnes CL, Gaesser GA, Weltman A. Assessment of the Aerospport TEEM 100 portable metabolic measurement system. *Med Sci Sport Exerc* 1996;28:509-15.
17. Granja Filho PCN, Pompeu FAMS, Ribeiro P. A acurácia da determinação do VO2máx e do limiar anaeróbio. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:167-71.
18. Nogueira FS, Pompeu FAMS. Modelos para predição da carga máxima no teste clínico de esforço cardiopulmonar. *Arq Bras Cardiol* 2006;87:137-45.
19. Shephard RJ. Muscular Endurance and Blood Lactate. In: *Endurance in Sport*. RJ. Shephard and P-O. Åstrand, eds. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992. pp. 215-25.
20. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1999.
21. Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med* 2003;24:486-9.
22. Weston SB, Gray AB, Schneider DA, Gass GC. Effect of ramp slope on ventilation thresholds and VO2peak in male cyclists. *Int J Sports Med* 2002;23:22-7.
23. Guimaraes JI, Stein R, Vilas-Boas F, et al. Normatização de técnicas e equipamentos para realização de exames em ergometria e ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol* 2003;80:458-64.
24. Jones NL, Kane JW. Quality control of exercise test measurements. *Med Sci Sports* 1979;11:368-72.
25. Nogueira FS, Pompeu FAMS. Precisão da medida do limiar anaeróbio através do calorímetro portátil. *Arq Bras Cardiol* 2010 (in press).
26. Magrani P, Pompeu FAMS. Equações de predição do VO2máx de Jovens adultos Brasileiros. *Arq Bras Cardiol* (in press).
27. Lucia A, Rabadan M, Hoyos J, Hernandez-Capilla M, Perez M, Sab Juan AF, et al. Frequency of the VO2max plateau phenomenon in world-class cyclists. *Int J Sports Med* 2006;27:984-92.
28. Lacour J-R, Messonnier L, Bourdin M. The leveling-off of oxygen uptake is related to blood lactate accumulation: retrospective study of 94 elite rowers. *Eur J Appl Physiol* 2007;101:241-7.
29. Poole DC, Wilkerson DP, Jones AM. Validity of criteria for establishing maximal O2 uptake during ramp exercise tests. *Eur J Appl Physiol* 2008;102:403-10.