

O platô do VO_{2max} não está associado à capacidade anaeróbia em indivíduos fisicamente ativos

CDD. 20.ed. 796.031
796.07

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-55092016000400857>

Renata Gonçalves SILVA*
Marcos David SILVA-CAVALCANTE*/**
Rafael de Almeida AZEVEDO*
Adriano Eduardo LIMA-SILVA**
Rômulo BERTUZZI*

*Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

**Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo verificar se a incidência do platô está relacionada com a capacidade anaeróbia. Para tanto, nove indivíduos fisicamente ativos (idade: 23 ± 4 anos; massa corporal: $72,4 \pm 8,2$ kg; estatura: $176,4 \pm 6,8$ cm; VO_{2max} : $41,3 \pm 5,7$ ml.kg⁻¹.min⁻¹) participaram do presente estudo. Eles foram submetidos aos seguintes testes, realizados em cicloergômetro: a) um teste incremental máximo para a determinação do VO_{2max} ; b) seis testes submáximos para determinar a demanda supramáxima de O_2 ; c) um teste supramáximo para a determinação do déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD). O platô foi caracterizado quando a diferença do VO_2 entre os dois últimos estágios do teste incremental foi $\leq 2,1$ ml.kg⁻¹.min⁻¹. Foi observada uma correlação inversa, porém não significativa, entre o MAOD e o platô do VO_2 ($r = -0,61$; $p > 0,05$). Dessa forma, parece que a capacidade anaeróbia não é fator decisivo para determinar a incidência de platô no VO_2 em indivíduos fisicamente ativos.

PALAVRAS-CHAVE: MAOD; Estabilização do consumo de oxigênio; Déficit de oxigênio; Teste incremental; Teste supramáximo.

Introdução

Tradicionalmente, o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) tem sido utilizado para representar a potência aeróbia máxima¹⁻². Atualmente, o VO_{2max} é utilizado como indicador de aptidão cardiorrespiratória³⁻⁸, preditor de desempenho em corredores⁶⁻⁸, para avaliar efeito de treinamento em indivíduos saudáveis⁹ e em pacientes com doença arterial coronariana¹⁰, destreinamento¹¹⁻¹², preditor de mortalidade¹³ e para avaliar distúrbios do sono¹⁴. Desse modo, a identificação do VO_{2max} torna-se importante para a avaliação da aptidão tanto em atletas como em grupos de risco. Sua mensuração é realizada através de testes incrementais (TI) até a exaustão voluntária. Embora diversas variáveis tenham sido levadas em consideração para o estabelecimento do esforço máximo², a principal caracterização do VO_{2max} é realizada mediante a estabilização do consumo de oxigênio (VO_2) nos estágios finais do TI. Esse fenômeno da estabilização do VO_2 ao final do

TI tem sido denominado platô do VO_2 ². Do ponto de vista operacional, o platô refere-se a uma estabilização, ou um pequeno aumento ($\leq 2,1$ ml.kg⁻¹.min⁻¹) do VO_2 com o incremento de carga ao final do TI². No entanto, alguns testes são interrompidos antes que se atinja o VO_{2max} . Nesse caso, o valor encontrado é denominado consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico})¹⁵. Sugere-se que a existência do platô esteja relacionada ao nível de treinamento do atleta, que atletas com maior nível de condicionamento físico teriam maior tolerância à dor e a fadiga e maior motivação para suportar as cargas mais elevadas ao final do teste¹⁶⁻¹⁷, que as intensidades mais elevadas estariam relacionadas ao aumento do fornecimento de energia através do metabolismo anaeróbio¹.

Em virtude da importância de se estabelecer o VO_{2max} , estudos anteriores utilizaram um teste de verificação após o TI com o objetivo de confirmar se o valor de VO_2 atingido pode ser considerado

máximo¹⁸⁻¹⁹. O teste de verificação é realizado com carga constante em intensidades próximas ao VO_2max até que se atinja a fadiga¹⁸⁻¹⁹. Por exemplo, SNELL et al.¹⁹ realizaram o teste de verificação em duas intensidades (95 e 105% da potência máxima atingida no TI) e, em ambas as condições, não observaram diferença significativa entre o VO_2 mensurado ao final do teste de verificação e o VO_2max atingido no TI, mesmo quando não houve platô. Isso sugere que a potência aeróbia máxima pode ser atingida durante um TI, sem necessariamente ser observado o platô do VO_2 .

Estudos prévios realizados com indivíduos treinados têm sugerido que o platô do VO_2 parece estar relacionado ao metabolismo anaeróbio¹. Durante exercícios realizados em intensidades elevadas, a resíntese de ATP ocorre predominantemente através do metabolismo anaeróbio, o que parece justificar, nos estágios finais do teste incremental, um aumento na intensidade com uma estabilização no VO_2 . Em um recente estudo, GORDON et al.¹ detectaram uma

correlação inversa entre ΔVO_2 e o déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD) em ciclistas altamente treinados. Esses achados indicam que indivíduos com maior capacidade anaeróbia apresentam uma maior incidência de platô. Considerando que o MAOD é superior em atletas treinados aerobiamente e anaerobiamente quando comparados a indivíduos fisicamente ativos²⁰, parece atraente suspeitar que ocorra uma menor incidência de platô em indivíduos fisicamente ativos e não atletas. No entanto, ao menos em nosso conhecimento, até o presente momento nenhum estudo analisou a relação entre capacidade anaeróbia e o platô do VO_2 em indivíduos com menor nível de condicionamento físico.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi verificar se a capacidade anaeróbia estabelecida por meio do MAOD está relacionada com a incidência do platô no VO_2 em um grupo de indivíduos fisicamente ativos. A nossa hipótese é que o MAOD é positivamente correlacionado com o platô do VO_2 .

Método

Amostra

Participaram do presente estudo nove indivíduos do sexo masculino (23 ± 4 anos, $72,4 \pm 8,2$ kg e $176,4 \pm 6,8$ cm). Os indivíduos eram fisicamente ativos, aparentemente saudáveis e familiarizados com exercício exaustivo. Nenhum deles estava envolvido em atividades competitivas, no entanto, eram praticantes de esportes recreativos (corrida, futebol e tênis) há pelo menos um ano. Eles participaram voluntariamente desse estudo após a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os indivíduos estavam isentos de tratamentos farmacológicos, não eram fumantes e estavam livres de qualquer tipo de distúrbio neuromuscular ou cardiovascular. Todos os procedimentos foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Desenho experimental

Todos os indivíduos foram submetidos a quatro sessões experimentais, as quais tiveram o intervalo mínimo de 72 horas entre elas. Na primeira sessão, os indivíduos realizaram um teste progressivo até a exaustão voluntária em um cicloergômetro para a mensuração do VO_2max e da potência correspondente ao VO_2max (WVO_2max).

Na segunda e na terceira sessões os indivíduos foram submetidos a seis testes de cargas constantes (três testes por sessão) com intensidades abaixo do VO_2max . A ordem das sessões 2-3, bem como a dos testes sub- VO_2max dentro da sessão, foi estabelecida aleatoriamente. Os testes foram realizados com a temperatura ambiente controlada ($20-24$ °C) e duas horas após a última refeição. Os indivíduos foram solicitados a não praticarem exercícios físicos extenuantes e a não ingerirem álcool nas 48 horas que antecederam as coletas dos dados. No intuito de evitar possíveis influências ergogênicas²¹ e do ritmo cicardiano²², todos os testes foram realizados no mesmo período do dia e os indivíduos foram instruídos a não consumirem nas 48 horas que precediam os testes substâncias que possuíssem cafeína.

Medidas antropométricas

A massa corporal total foi medida com uma balança eletrônica (Filizola, modelo ID 1500, São Paulo, Brasil), ao passo que a estatura foi mensurada com um estadiômetro de madeira.

Teste incremental

O teste incremental máximo foi realizado em um cicloergômetro eletromagnético de membros

inferiores (Godart-Holland, Lannoy). Antes do início do teste os indivíduos permaneceram cinco minutos sentados no cicloergômetro para o estabelecimento da linha de base do VO₂ (VO₂LB), que se refere ao VO₂ em repouso, a qual foi determinada a partir da média aritmética do VO₂ nos 30 segundos finais desse período. Após o aquecimento de três minutos apenas com a resistência inercial do equipamento, os indivíduos se exercitaram com o ritmo em 60 rpm e com o incremento da intensidade de 30 W.min⁻¹. O teste foi interrompido quando a cadência do pedal foi menor que 50 rpm. Durante todo o teste as trocas gasosas e a frequência cardíaca (FC) foram mensuradas respiração a respiração e batimento a batimento, respectivamente. O VO₂ foi mensurado continuamente por meio de um analisador de gases portátil (K4b2 Cosmed, Roma, Itália), ao passo que a FC foi medida por um cardiofrequencímetro (Polar, Kempele, Finlândia). A frequência cardíaca máxima (FCmax) foi estabelecida pelo maior valor medido ao final do teste. O VO₂max foi determinado a partir da obtenção de pelo menos três dos cinco critérios: aumento do VO₂ menor que 2,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹ mediante o incremento da intensidade; exaustão do indivíduo; a razão de trocas respiratórias maior que 1,10, concentração de lactato sanguíneo após o teste maior que 8,0 mmol.l⁻¹, a frequência cardíaca máxima predita pela idade (220-idade)². O platô no VO₂ foi determinado quando a diferença no consumo de oxigênio nos 30 s finais dos dois últimos estágios (Δ VO₂) foi \leq 2,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹. A WVO₂max foi estabelecida como a potência máxima em que o VO₂max foi alcançado.

Testes com cargas constantes

O cicloergômetro, o ajuste da altura do selim, o ritmo do pedal, o aquecimento, o critério de interrupção e a mensuração do VO₂ nos exercícios com cargas constantes foram idênticos aos empregados no teste progressivo até a exaustão. Os indivíduos se exercitaram por 10 minutos, ou até a exaustão voluntária, em seis testes de intensidades abaixo da WVO₂max, que eram: 40, 50, 60, 70, 80 e 90% WVO₂max e em um teste com a intensidade acima da WVO₂max (110% WVO₂max). O período de recuperação entre essas tarefas foi de aproximadamente 10 minutos, ou até atingir o valor individual do VO₂LB. A média do VO₂ no último minuto

dessas tarefas foi utilizada para representar o valor de VO₂ nessas tarefas.

Cálculos

A média aritmética do VO₂ nos 30 segundos finais dos exercícios sub-WVO₂max foi plotada sobre as suas respectivas intensidades para desenvolver equações individuais de regressão linear. Os coeficientes angulares gerados a partir dessas equações foram empregados na estimativa da demanda de oxigênio (VO₂DEM) do exercício supra-WVO₂max (equação abaixo). O método dos trapézios foi utilizado no cálculo da área do VO₂ em relação ao tempo de duração do exercício supra-WVO₂max. Em seguida, o VO₂acumulado (VO₂ACUM), isto é a área sob a curva VO₂-tempo, foi determinado a partir da exclusão do VO₂LB¹⁰. O MAOD foi estabelecido a partir da subtração do VO₂ACUM do VO₂DEM.

$$VO_2DEM = [(b \cdot 110/60) \cdot t]$$

Onde VO₂DEM é a demanda de O₂ estimada para o exercício supra-WVO₂max; 110 é a intensidade do exercício supra-WVO₂max; *b* é o coeficiente angular em l.min⁻¹ gerado a partir da regressão linear estabelecida entre VO₂-intensidade dos testes sub-WVO₂max; *t* é o tempo de duração do exercício expresso em segundos.

Análises estatísticas

Todas as análises foram feitas utilizando o programa computadorizado SPSS (versão 13.0, Chicago, USA). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e dois apresentaram distribuição normal. Os dados foram reportados como médias e desvios padrão (DP). A correlação entre o Δ VO₂ e o MAOD foi realizada através da correlação linear de Pearson. Teste t pareado foi realizado para comparar os valores de VO₂max e VO₂ em 90% do WVO₂max. Um teste t para amostras independentes foi aplicado para comparar VO₂max, MAOD, potência de pico, frequência cardíaca pico, razão de trocas respiratórias (R), pico de concentração de lactato sanguíneo, VO₂ no limiar ventilatório e % do VO₂ do Limiar ventilatório em relação ao VO₂pico, entre os grupos com e sem platô. O nível de significância adotado foi de 5% (*p* < 0,05).

Resultados

As variáveis mensuradas durante o teste progressivo estão presentes na TABELA 1. Não foram encontradas diferenças significativas entre o VO_2 max e o VO_2 de pico obtido a 90% da WVO_2 max ($p > 0,05$).

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para as variáveis: Consumo

máximo de oxigênio (VO_2 max), potência de pico, frequência cardíaca pico, razão de trocas respiratórias (R), pico de concentração de lactato sanguíneo, VO_2 no limiar ventilatório e % do VO_2 do Limiar ventilatório em relação ao VO_2 max (TABELA 2).

TABELA 1 - Variáveis mensuradas no teste progressivo (n = 9).

Valores em média \pm desvios padrão;
 VO_2 max: consumo máximo de oxigênio;
 [La]pico: concentrações sanguíneas de lactato de pico.

| | |
|--|-----------------|
| VO_2 max (l.min ⁻¹) | 3,0 \pm 0,5 |
| VO_2 max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 41,3 \pm 5,7 |
| Razão máxima de trocas respiratórias (R) | 1,29 \pm 0,09 |
| Potência máxima (Watts) | 247 \pm 39 |
| Tempo de duração (min) | 8 \pm 1 |
| Frequência cardíaca máxima (bpm) | 180 \pm 9 |
| [La ⁻] pico (mmol.l ⁻¹) | 10,3 \pm 1,4 |

TABELA 2 - Comparativo entre os grupos (com e sem platô) para as variáveis mensuradas no teste progressivo.

VO_2 max: Consumo máximo de oxigênio;
 WLV: Potência Limiar Ventilatório;
 VO_2 LV: Consumo de Oxigênio no Limiar Ventilatório;
 LV (Limiar Ventilatório);
 Razão máxima de trocas respiratórias (R).

| | Grupo platô | Grupo sem platô |
|--|-------------|-----------------|
| VO_2 max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 41,9 (3,9) | 40,6 (8,7) |
| Potência Pico (W) | 264 (39) | 225 (30) |
| WLV | 180 (36,7) | 172,5 (28,7) |
| VO_2 LV | 31,0 (2,1) | 34,1 (5,5) |
| LV (% VO_2 max) | 74,6 (8,2) | 84,7 (5,7) |
| R | 1,28 (0,11) | 1,32 (0,03) |
| Lactato Pico (mmol.l ⁻¹) | 10,8 (0,9) | 10,1 (1,8) |
| Frequência Cardíaca Pico (bpm) | 180 (6) | 178 (14) |

Cinco dos nove indivíduos avaliados apresentaram o platô do VO_2 (55,5 % dos indivíduos). Ao analisar o nível de associação entre o ΔVO_2 e o MAOD nesses indivíduos (FIGURA 1, painel ao lado esquerdo), encontramos uma correlação inversa,

porém não significativa ($r = -0,61$, $p = 0,270$). Da mesma forma, quando consideramos a correlação de todos os indivíduos (FIGURA 1, painel ao lado direito), a mesma não foi significativa ($r = 0,28$; $p = 0,464$).

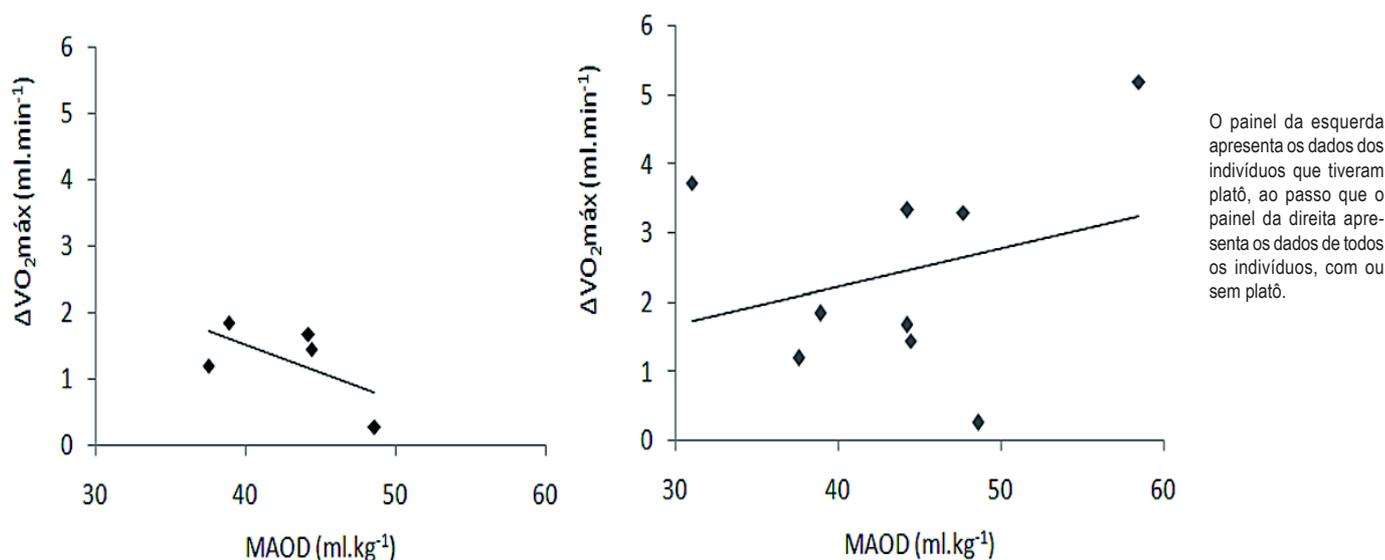


FIGURA 1 - Coeficiente de correlação entre taxa de incremento do consumo de oxigênio ($\Delta\text{VO}_2\text{max}$) e déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD).

Discussão

O principal objetivo do presente estudo foi verificar se a capacidade anaeróbia estava correlacionada com a incidência do platô no VO_2 em um grupo de indivíduos fisicamente ativos. A nossa hipótese era que o MAOD estaria positivamente correlacionado com o platô do VO_2 . Todavia, o principal achado do presente estudo foi que a incidência do platô parece não ser dependente da capacidade anaeróbia em indivíduos fisicamente ativos.

O VO_2max tem sido utilizado para avaliar a potência aeróbia máxima¹⁻². A existência do platô é considerada o principal critério para determinar se o valor atingido pode ser considerado máximo¹⁹. No entanto, nem todos os indivíduos atingem o platô. Estudos prévios demonstraram uma grande variação entre eles, com uma incidência de platô variando de 12 a 59%^{1, 18, 23-26}. Estudos com atletas altamente treinados apresentam percentuais de incidência de platô similares ou inferiores ao encontrado no presente estudo. LUCÍA et al.²⁵ demonstraram uma incidência do platô de 47% em ciclistas de elite profissionais, enquanto DOHERTY²¹, em seu estudo com atletas olímpicos corredores de média e longa distância encontraram platô em apenas 25% das atletas do sexo feminino e 39% para masculino. No presente estudo foi detectado que dos nove indivíduos, cinco (55,5%) apresentaram o platô. Esses achados são similares aos resultados de GORDON et al.¹ que observaram em

quatro dos nove indivíduos (44,4%), ciclistas bem treinados, a presença do platô.

No presente estudo também foi observada uma correlação não significativa entre MAOD e o ΔVO_2 , resultado que difere dos dados apresentados no estudo citado acima¹, onde foi encontrada em ciclistas bem treinados ($\text{VO}_2\text{max} = 59,3 \pm 4,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) uma correlação inversamente proporcional entre o MAOD e o ΔVO_2 ($r = -0,77$, $p = 0,008$) nos indivíduos que apresentaram platô. Isso sugere que, para indivíduos fisicamente ativos, parece haver mais variáveis que interferem na presença do platô, além da maior capacidade anaeróbia. Tem sido sugerido que a presença do platô está associada à capacidade do indivíduo em tolerar altos níveis de fadiga e sua resistência à dor¹⁶. No entanto, atletas altamente treinados, que são habituados a esforços elevados e à sensação de dor durante os treinamentos ou competições, não apresentaram maior incidência de platô^{21, 25}, reforçando a ideia de que existem outras variáveis intervenientes. PETOT et al.¹⁷ têm sugerido que a incapacidade do indivíduo em apresentar o platô durante o teste incremental deve-se a sua inabilidade em suportar os níveis elevados de potência atingidos ao final do teste. Em seu estudo, foi realizado um teste incremental com o objetivo de verificar o VO_2max . E para os indivíduos que apresentaram o platô ou os que atingiram os critérios secundários para determinação do VO_2max , mesmo

sem a existência do platô, foi realizado um novo teste. O teste iniciava de maneira semelhante ao teste incremental, com incremento de carga em função do tempo. Quando os indivíduos atingiam seu VO_2max , determinado no primeiro teste, a potência era reduzida até o momento em que o indivíduo conseguia manter o valor de VO_2 determinado previamente. Com esse protocolo, 100% dos indivíduos atingiram o platô. Outro estudo que reforça os achados do presente estudo é de RIVERA-BROWN et al.²³, onde a incidência do platô em garotos pré-púberes foi de 33% e também não foi encontrada relação entre a potência anaeróbia e a incidência de platô. O que parece reafirmar a existência de outros fatores que parecem ser relevantes para a incidência do platô, considerando que crianças apresentam um menor nível de capacidade anaeróbia assim, esperava-se uma menor incidência de platô.

Os resultados do presente estudo também demonstraram que VO_2 pico obtido a 90% da WVO_2max não era estatisticamente diferente do VO_2max . Isso significa que o valor VO_2 mensurado ao final do TI pode ser considerado máximo, mesmo para os indivíduos que não atingiram o platô. De fato, exercício realizado nesse domínio de esforço (~90% da WVO_2max) costuma-se atingir o VO_2max ²⁷. Além disso, a frequência cardíaca pico, o R e as concentrações de lactato sanguíneo atingiram valores elevados, o que confirma que o valor alcançado pode ser considerado máximo para todos os indivíduos². Verificou-se ainda que os indivíduos com maiores níveis de potência máxima aeróbia não eram os que apresentavam a maior incidência de platô. Coletivamente, esses achados indicam que os indivíduos fisicamente ativos atingem a primeira carga correspondente ao VO_2max e interrompem o exercício.

É importante reconhecer algumas limitações do presente estudo. A primeira é que o número

de indivíduos avaliados ($n = 9$), que talvez tenha sido pequeno para detectar a correlação entre as variáveis. Principalmente quando correlacionamos apenas os indivíduos que apresentaram platô ($n = 5$). Onde encontramos uma correlação inversamente proporcional, no entanto, o valor não foi considerado estatisticamente significativo. A correlação para ser significativa quando o n é pequeno, precisa ser um valor bem próximo de um (+1 ou -1), o que aumenta a chance de ocorrência de erro do tipo II, que significa dizer que não existe correlação entre as variáveis, quando na verdade existe²⁸. Limitações acerca da utilização do MAOD para determinação da capacidade anaeróbia devem ser consideradas, a impossibilidade de se mensurar diretamente a variável, por não existir um método considerado padrão ouro para a determinação da capacidade anaeróbia; a utilização do VO_2 para estimativa do metabolismo energético que é mensurada no corpo inteiro, não sendo possível contabilizar a demanda imposta apenas pelo músculo esquelético envolvido na tarefa; a participação do sistema anaeróbio láctico em intensidades acima do limiar anaeróbio não são excluídas dos cálculos e o componente lento do VO_2 nos testes com intensidade mais elevadas podem superestimar a demanda de O_2 . Apesar dessas limitações, o MAOD tem sido considerado um bom método para estimar a capacidade anaeróbia^{6, 29-30}.

Em resumo, foram detectadas correlações não significativas entre o platô e a capacidade anaeróbia, sugerindo que a existência do platô não é relacionada apenas com a capacidade máxima anaeróbia para indivíduos fisicamente ativos. Coletivamente, esses achados indicam que para indivíduos com esse nível de treinamento, a capacidade anaeróbia não é o principal fator determinante para o aparecimento do platô.

Abstract

The VO_2max plateau is not associated with the anaerobic capacity in physically active subjects

The present study aimed to verify if the incidence of plateau is associated with anaerobic capacity. Therefore, nine physically active male (age: 23 ± 4 yr; body mass: 72.4 ± 8.2 kg; height: 176.4 ± 6.8 cm; VO_2max : 41.3 ± 5.7 ml.kg⁻¹.min⁻¹) participated in the present study. The subjects in a cycle ergometer the following tests: a) maximum incremental test to determination of VO_2max ; b) six submaximal tests for determination of supra maximum demand of O_2 ; c) supra maximum test for maximum accumulated oxygen deficit (MAOD) determination. The plateau was identified when the difference in the VO_2 in the last two stages of incremental test was ≤ 2.1 ml.kg⁻¹.min⁻¹. It was observed an inverse correlation, although no significant, between MAOD and VO_2 plateau ($r = -0.61$; $p > 0.05$). Thus, it appears that

anaerobic capacity is not a decisive factor for determining the incidence of VO₂ plateau in physically active individuals.

KEY WORDS: MAOD; Oxygen deficit; Stabilization of oxygen uptake; Incremental test; Supra maximum test.

Referências

- Gordon D, Hopkins S, King C, Keiller D, Barnes RJ. Incidence of plateau at VO₂max is dependent on the anaerobic Capacity. *Int J Sports Med.* 2011;32:1-6.
- Howley ET, Basset DT, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:1292-301.
- Shephard RJ, Allenm C, Benade AJ, et al. The maximum oxygen intake: an international reference standard of cardio-respiratory fitness. *Bull World Health Organ.* 1968;38:757-64.
- Basset DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:70-84.
- Howley TH, Basset DR. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27:1292-301.
- Bertuzzi R, Bueno S, Pasqua LA, et al. Bioenergetics and neuromuscular determinants of the time to exhaustion at velocity corresponding to VO₂max in recreational long-distance runners. *J Strength Cond Res.* 2012; 26:2096-102.
- Nummela TA, Paavolainen LM, Sharwood KA, Lambert MI, Noakes TD, Rusko HK. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97:1-8.
- Brandon LJ. Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med.* 1995;19:268-77.
- Hickson RC, Bomze HA, Holloszy JO. Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1977;42:372-6.
- Warburton DE, McKenzie DC, Haykowsky MJ, et al. Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 2005;95:1080-4.
- Melchiorri G, Ronconi M, Triossi T, et al. Detraining in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2014;54:27-33.
- Neufer PD. The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training. *Sports Med.* 1989;8:302-20.
- Keteyian SJ, Brawner CA, Savage PD, et al. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am Heart J.* 2008;156:292-300.
- Beitler JR, Awad KM, Bakker JP, et al. Obstructive sleep apnea is associated with impaired exercise capacity: a cross-sectional study. *J Clin Sleep Med.* 2014;10:1199-204.
- Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ. The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol.* 2003;95:1901-7.
- Wagner PD. New ideas on limitations to VO₂max. *Exerc Sport Sci Rev.* 2000;28:10-4.
- Petot H, Meilland R, Moyec LL, Mille-Hamard L, Billat VL. A new incremental test for VO₂max accurate measurement by increasing VO₂max plateau duration allowing the investigation of its limiting factors. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:2267-76.
- Rossiter HB, Kowalchuck JM, Whipp BJ. A test to establish maximum O₂ uptake despite no plateau in the O₂ uptake response to ramp incremental exercise. *J Appl Physiol.* 2006;100:764-70.
- 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.
- Gastin PB, Costill DL, Lawson DL, Krzeminski, K, McConell G. Accumulated oxygen deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:255-63.
- Doherty M. The effects of caffeine on the maximal accumulated oxygen deficit and short-term running performance. *Int J Sport Nutr.* 1998;8:95-104.
- Marth PD, Woods RR, Hill DW. Influence on time of day on anaerobic capacity. *Percept Mot Skills.* 1998;86:592-4.
- Rivera-Brown AM, Alvarez M, Rodríguez-Santana JR, Benetti PJ. Anaerobic power and achievement of VO₂ plateau in pre-pubertal boys. *Int J Sports Med.* 2011;22:111-5.

24. 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.
25. Lucía A, Rabacán M, Hoyos J, et al. Frequency of the VO₂max plateau phenomenon in world-class cyclists. *Int J Sports Med.* 2006;27:984-92.
26. Astorino TA. Alterations in VO₂max and VO₂ plateau with manipulation of sampling interval. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2009;29:60-7.
27. Bertuzzi RCM, Rumenig-Souza E. Resposta cinética do consumo de oxigênio: relação entre metabolismo aeróbio e atp-cp. *Arq Mov.* 2009;5:99-118.
28. Thomas JR, Nelson JK. Métodos de pesquisa em atividade física. Porto Alegre: Artmed; 2002.
29. Scott CB, Roby FB, Lohman TG, Bunt JC. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:618-24.
30. Gatin, PB. Quantification of anaerobic capacity. *Scand J Med Sci Sports.* 1994;4:91-112.

ENDEREÇO

Renata Gonçalves Silva
Escola de Educação Física e Esporte - USP
Av. Prof. Mello de Moraes, 65
05508-030 - São Paulo - SP - BRASIL
e-mail: resilva@usp.br

Recebido para publicação: 10/06/2014

1a. Revisão: 18/03/2015

2a. Revisão: 04/08/2015

Aceito: 29/09/2015