



## Correlação entre índices fisiológicos e o tempo até a exaustão em intensidade supramáxima utilizando o modelo de extensão dinâmica de joelhos

Pereira, G.L.; Kalva-Filho, C.A.; Bertucci, D.R.; Papoti, M.

Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

### Resumo

O objetivo do presente estudo foi testar as possíveis relações entre o tempo até a exaustão em uma intensidade supramáxima ( $T_{lim}$ ) com outros índices fisiológicos relacionados tanto ao metabolismo aeróbio como ao anaeróbio. Oito indivíduos foram submetidos a um teste incremental para a determinação do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2MÁX}$ ) e sua intensidade correspondente ( $i\dot{V}O_{2MÁX}$ ). O limiar ventilatório (LV) e o ponto de compensação respiratório (PCR) também foram determinados. Além disso, os participantes realizaram cinco esforços constantes em intensidades submáximas e supramáximas, o que permitiu a determinação da economia de movimento (EM), do máximo déficit acumulado de  $O_2$  (MAOD) e do  $T_{lim}$ . As correlações foram evidenciadas pelo teste de Pearson ( $p < 0,05$ ). O  $T_{lim}$  não foi correlacionado a nenhuma das variáveis fisiológicas estudadas ( $p > 0,07$ ). Assim, o desempenho em esforços acima da  $i\dot{V}O_{2MÁX}$  parece não ser explicado pelas variáveis fisiológicas estudadas.

### Abstract

The aim of present study was test the possible correlations among the time to exhaustion at supramaximal intensities ( $T_{lim}$ ) and other physiological indexes related to both aerobic and anaerobic metabolisms. Eight individuals underwent a graded exercise test to determinate the maximal oxygen consumption ( $\dot{V}O_{2MAX}$ ) and the intensity achieved this values ( $i\dot{V}O_{2MAX}$ ). The ventilatory threshold (VT) and respiratory compensation point (RCP) were also determinate. In addition, five constant efforts were performed, allowing the determination of movement economy (ME), maximal accumulated oxygen deficit (MAOD) and  $T_{lim}$  values. Correlations were tested by Pearson's procedures ( $p < 0,05$ ). No correlations were observed between  $T_{lim}$  and other physiological indexes ( $p > 0,07$ ). Thus, the performance above  $i\dot{V}O_{2MAX}$  can not be explained by the used physiological variables.

### Introdução

O tempo até a exaustão ( $T_{lim}$ ) acima da intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio ( $i\dot{V}O_{2MÁX}$ ) é utilizado para a determinação da capacidade anaeróbia de um indivíduo, o que normalmente é realizado por meio do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD). Além disso, embora também seja utilizado para a prescrição do treinamento aeróbio de alta intensidade, não há um consenso na literatura a respeito das variáveis que influenciam o  $T_{lim}$ .

Neste contexto,  $\dot{V}O_{2MÁX}$  é a máxima capacidade do organismo absorver, transportar e utilizar o oxigênio como fonte de energia, dessa forma, espera-se que quanto maior o  $\dot{V}O_{2MÁX}$ , maior seja a tolerância do exercício acima da  $i\dot{V}O_{2MÁX}$ . A economia de movimento (EM) é a capacidade de realizar um exercício em uma intensidade

com um menor custo energético e pode aumentar a resistência a fadiga em exercícios aeróbios de alta intensidade, como em esforços acima da  $\dot{V}O_{2MÁX}$ . A intensidade relativa aos limiares metabólicos (limiar ventilatório [LV] e ponto de compensação respiratório [PCR]) também podem influenciar o  $T_{lim}$ , principalmente pelos ajustes periféricos relacionados a estas intensidades (e.g., melhor transporte de lactato e outros metabólitos responsáveis pela diminuição do pH). Além destas variáveis relacionadas ao metabolismo aeróbio, o MAOD é um método para se calcular a contribuição anaeróbia durante o exercício, o que teoricamente deve influenciar o  $T_{lim}$ .

Dessa forma, vários índices fisiológicos podem ser relacionados ao  $T_{lim}$ , o que ainda é pouco explorado na literatura. Os estudos que tiveram este objetivo, usualmente utilizaram exercícios complexos, os quais envolvem vários grupamentos musculares durante os esforços. Com isso, o objetivo do presente estudo foi investigar quais variáveis metabólicas são responsáveis pelo  $T_{lim}$  em um esforço acima da  $i\dot{V}O_{2MÁX}$ , utilizando apenas um grupamento muscular.

### Método

Oito indivíduos do sexo masculino (Média  $\pm$  DP; idade:  $27,50 \pm 4,02$  anos, estatura:  $183,2 \pm 8,1$  cm e peso corporal:  $98,2 \pm 11,5$  Kg) participaram voluntariamente do experimento. Todos os indivíduos foram informados sobre os riscos e benefícios envolvidos durante os esforços, concordando por escrito com o termo de consentimento aprovado anteriormente ( $n^\circ$  60156116.2.0000.5659).

Todos os testes foram realizados em um ergômetro de extensão dinâmica de joelhos construído pelo nosso grupo de pesquisa. Este modelo de exercício foi escolhido por isolar o grupamento muscular do quadríceps, o que diminui a sinergia muscular e, conseqüentemente, diminui as possíveis influências na determinação do MAOD. O protocolo experimental consistiu na realização de um teste incremental com intensidade inicial de 13 watts (W) e incrementos de  $13 \text{ W} \cdot \text{min}^{-1}$ , aplicados até a exaustão do participante. O  $\dot{V}O_{2MÁX}$  foi assumido como os maiores valores durante o exercício e a  $i\dot{V}O_{2MÁX}$  a potência do último estágio, ajustada pelo tempo de permanência no estágio incompleto, quando necessário. Os limiares metabólicos foram determinados por meio das trocas gasosas, utilizando modelos mistos de análise (i.e., interação entre duas ou mais variáveis ventilatórias). Os limiares metabólicos foram determinados por dois pesquisadores conhecedores dos fenômenos. Nos casos em que houveram discordâncias, um terceiro pesquisador realizou as análises e a moda entre eles foi utilizada.

Além do teste incremental, os participantes foram submetidos a cinco esforços constantes em intensidades submáximas (50, 60, 70, 80% da  $\dot{V}O_{2MÁX}$ ) e supramáxima (110% da  $\dot{V}O_{2MÁX}$ ). Os esforços submáximos foram utilizados para a estimativa da demanda energética teórica para a intensidade supramáxima e para a determinação da economia de movimento (EM; coeficiente angular da relação entre a intensidade e o  $\dot{V}O_2$ ). O esforço supramáximo foi utilizado para a determinação do Tlim. Além disso, o MAOD foi assumido como a diferença entre a demanda energética teórica e a contribuição aeróbia durante esforço supramáximo (Medbo et al. 1988).

As possíveis correlações entre o Tlim e as outras variáveis fisiológicas (e.g.,  $\dot{V}O_{2MÁX}$ ,  $i\dot{V}O_{2MÁX}$ , LV, PCR, EM e MAOD) foram evidenciadas por meio do teste de correlação de Pearson, com o nível de significância em  $p < 0,05$ .

## Resultados e Discussão

Os valores relacionados ao Tlim e as outras variáveis fisiológicas estudadas, estão apresentados na Tabela 1. Não foram observadas correlações significativas entre as variáveis fisiológicas estudadas e os valores do Tlim ( $p > 0,07$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores observados para o tempo até a exaustão na intensidade supramáxima (Tlim) e suas correlações com as outras variáveis fisiológicas estudadas.

	Média $\pm$ DP	r
Tlim (min)	2,7 $\pm$ 0,6	----
$\dot{V}O_{2MÁX}$ (mL.Kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	21,4 $\pm$ 4,5	0,07
$i\dot{V}O_{2MÁX}$ (W)	93,4 $\pm$ 14,3	-0,43
LV (W)	30,4 $\pm$ 12,3	-0,46
PCR (W)	65,0 $\pm$ 15,6	-0,75
EM (mL.W <sup>-1</sup> )	0,5 $\pm$ 0,2	-0,14
MAOD (L)	7,9 $\pm$ 4,4	-0,21

$\dot{V}O_{2MÁX}$ : consumo máximo de  $O_2$ ;  $i\dot{V}O_{2MÁX}$ : intensidade correspondente ao  $\dot{V}O_{2MÁX}$ ; LV: limiar ventilatório; PCR: ponto de compensação respiratório; EM: Economia de movimento; MAOD: máximo déficit acumulado de  $O_2$ ; ---; não se aplica.

O Tlim pode ser utilizado para a prescrição do treinamento aeróbio de alta intensidade, aplicado de maneira intermitente. Neste contexto, a duração dos esforços e dos intervalos de recuperação podem ser individualizados conforme o desempenho em intensidades supramáximas. Este modelo de treinamento foi proposto principalmente porque o praticante atinge o  $\dot{V}O_{2MÁX}$  durante esforços supramáximos, sendo o tempo de permanência nestas altas taxas de produção de energia aeróbia, a variável mais importante para a qualidade do treinamento. Assim, esperávamos uma correlação significativa entre o  $\dot{V}O_{2MÁX}$  e o Tlim, suportando o conceito de que elevados valores de potência aeróbia seriam importantes para a manutenção do exercício nesta intensidade.

Considerando que a  $i\dot{V}O_{2MÁX}$  é o índice que melhor descreve a relação entre o  $\dot{V}O_{2MÁX}$  e a EM e que os

limitares metabólicos são índices relacionados a tolerância a esforços prolongados, uma de nossas hipóteses também era a de correlações significativas entre estes índices e o Tlim. Em outras palavras, indivíduos mais econômicos teriam uma maior tolerância nesta “zona de intensidade”, aliando a potência aeróbia ao desempenho.

Por fim, desde os primeiros estudos de Medbo et al. (1988), o MAOD é determinado durante esforços supramáximos com duração entre 2 e 5 min, o que seria relacionado a uma significativa depleção dos estoques anaeróbios nesta intensidade. Entretanto, nossos resultados demonstram que a participação do metabolismo anaeróbio durante o esforço não foi correlacionada a uma maior tolerância em intensidades supramáximas. Estes achados têm sido frequentemente observados em nosso laboratório, o que desperta certo interesse sobre as possíveis limitações deste método para determinação da capacidade anaeróbia.

Embora nossos resultados devam ser interpretados com cautela, principalmente pelo número restrito de participantes, a falta de correlação entre o Tlim e variáveis fisiológicas, dependentes pelo menos em grande parte de fatores metabólicos (Billat, Sirvent, Py, Koralsztein & Mercier, 2003) pode indicar que o desempenho em esforços supramáximos pode ser relacionado a outros fatores. Neste sentido, fatores neuromusculares como a potência de membros inferiores (Bertuzzi et al. 2010) e outros relacionados a fadiga, tanto central como periférica, merecem ser melhor investigados.

## Conclusões

O Tlim em um esforço realizado acima da  $i\dot{V}O_{2MÁX}$  não foi correlacionado a índices fisiológicos caracterizados pelos metabolismos aeróbio e anaeróbio.

## Referências

- Bertuzzi, R.C., Franchini, E., Ugrinowistch, C., Kokubun, E., Lima-Silva, A.E., Pires, F.O., Nakamura, F.Y., Kiss, M.A. (2010). Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. *International Journal of Sports Medicine*. 31(7):477-81.
- Billat, V.L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J.P., Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*. 33(6):407-26.
- Medbø, J.I., Mohn, A.C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., Sejersted, O.M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated  $O_2$  deficit. *Journal of Applied Physiology*. 64(1):50-60.

## Nota dos autores

Pereira, G.L.; Kalva-Filho, C.A.; Bertucci, D.R.; Gobbi R.B.; Papoti, M.: Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

Contato

Gabriel Luches Pereira

E-mail: [gabriel.luches.pereira@usp.br](mailto:gabriel.luches.pereira@usp.br)

Agradecimentos

FAPESP (nº 2016/09339-9)