

ARTIGO ORIGINAL

Limiar anaeróbico: comparação entre os métodos directos e indirectos em nadadores de alta competição Portugueses (+)

CECÍLIA LONGO*, JOÃO PAULO ALMEIDA** E RAMIRO ÁVILA***

RESUMO:

Com o objectivo de avaliar o limiar anaeróbico (AT) compara-se o ponto de rotura ventilatória ou "limiar ventilatório" (ATV) com a lactatémia de 4 mmol/l (ATL). Realizou-se uma prova de esforço progressiva máxima (EOS Sprint Jaeger), em cicloergómetro, com carga inicial de 1 Watt/Kg de peso e incrementos todos os dois minutos. Os lactatos foram determinados pelo método enzimático. A determinação do ATV foi efectuada por 2 observadores independentes. Estudámos para o efeito 23 nadadores de alta competição portugueses, submetidos a uma média de treino semanal de 15 h (mínimo 14 e máximo de 22 h). Destes, 16 eram do sexo masculino e 7 do feminino; tinham idades médias de 15.8 anos \pm 2.5 (mínima 13 e máxima de 24 anos). A altura média era de 169 cm \pm 7.8 e o peso médio foi de 62 Kg \pm 10.09.

Da análise das médias dos parâmetros cardiorespiratórios e carga ao nível do ATL e do ATV encontramos diferenças com significado estatístico em relação com: a carga em watt/Kg: ATL 2.98 \pm 0.59 e ATV 3.45 \pm 0.64 (P = 0.01); os watt totais: ATL 184.35 \pm 36.9 e ATV

(+) Trabalho apresentado sob forma de comunicação oral no II Congresso Hispano-Luso de Pneumologia, Sevilha, 21 de Abril de 1993 e concorrente ao Prémio Thomé Villar 1993 (Secção B), da SPPR.

* Assistente eventual de Pneumologia do Hospital de Pulido Valente (HPV)

** Assistente Hospitalar de Patologia Clínica da Maternidade Alfredo da Costa e Director de Serviços de Medicina Desportiva

*** Professor Catedrático de Pneumologia da FCML, Director do Departamento de Pneumologia e Director do HPV.

Recebido para publicação em 94.11.17

214.8 ± 46.3 ($P = 0.01$); a ventilação minuto (V): ATL 53.85 ± 10.7 e ATV 62.17 ± 16 ($P < 0.05$); a eliminação de CO_2 l/min (VCO_2): ATL $2.22 \pm .5$ e ATV $2.61 \pm .77$ ($P < 0.05$); os valores percentuais entre o consumo de O_2 (VO_2) ao nível do ATL e do ATV (l/m) e o VO_2 máximo ($P < 0.05$); a FC: ATL 147.2 ± 12.3 e ATV 160.3 ± 20 ($P = 0.01$); o cociente respiratório (QR): ATL 0.94 ± 0.06 e ATV 0.99 ± 0.06 ($P < 0.05$). Em relação aos parâmetros médios seguintes não se encontrou diferenças estatisticamente significativas: VO_2 , $\text{VO}_2/\text{FC}/\text{Kg}$, VO_2/FC , equivalentes respiratórios para O_2 e CO_2 (ERO_2 e ERCO_2). Como a determinação do AT permite precisar a intensidade do exercício a partir do qual o metabolismo anaeróbico lactico é predominante, os resultados do nosso trabalho levam-nos a concluir que, ou o valor do ATL é superior ao convencionado classicamente em indivíduos treinados, ou então não há sobreposição entre o ATL e o ATV.

Palavras-chave: lactatos, limiar anaeróbico, limiar ventilatório, nadadores

ABSTRACT

We compare the ventilatory threshold (ATV) with a 4 mmol/l of the lactatemia (ATL) during a progressive maximal schedule. Lactates were determined by the enzymatic method. ATV determination was done by two independent observers.

We studied 23 portuguese elite swimmers, with an average training of 15 hours/week; 16 were male and 7 female. Mean age was 15.8 ± 2.5 years old. When we compared cardiorespiratory parameters and load at the level of ATL and ATV, we found statistical significance in the following parameters:

- $p < 0.01$: the total load, the load/kg of weight, heart frequency and
- $p < 0.05$: the minute ventilation, the VCO_2 , the relation of VO_2 at AT and VO_2 maximum in percentage, the respiratory ratio (QR).

We conclude that in trained swimmers there are no superposition between ATL and ATV.

Key-words: lactates, anaerobic threshold, ventilatory threshold, swimmers

INTRODUÇÃO

O conceito de limiar anaeróbico foi introduzido para identificar o ponto em que a acidose metabólica está associada a alterações das trocas gasosas pulmonares durante um exercício de intensidade progressiva (Wasserman 1973) (1). No entanto, já em 1924, Hill e Lupton identificaram uma ligação entre as concentrações dos lactatos sanguíneos, a fadiga muscular e as alterações das trocas gasosas (2).

Jones e Ehersman consideram o termo limiar anaeróbico ventilatório como o que melhor descreve as trocas gasosas respiratórias associadas a

um aumento do trabalho físico (3). Hollman refere-se-lhe como o ponto de eficiência ventilatória óptima e que corresponde ao momento em que o aumento dos níveis de lactatos séricos coincide com o aumento desproporcionado na ventilação (4).

O limiar anaeróbico, classicamente definido como o momento a partir do qual o trabalho se faz em condições predominantemente anaeróbicas (5), foi utilizado inicialmente na clínica para avaliação da performance física em doentes cardíacos integrados em programas de reabilitação (6). Desde essa altura o AT tem sido particularmente útil em programas de condicionamento aeróbico

(treino), como complemento na avaliação do esforço no controlo da eficácia terapêutica e como meio de diagnóstico diferencial entre patologia do foro cardíaco e pulmonar.

OBJECTIVO

Comparação do limiar anaeróbico através dos métodos directo (determinação das lactatémias) e indirectos ou ventilatórios, numa população de indivíduos treinados, com o fim de estabelecer uma relação de causalidade.

MATERIAL E MÉTODOS

POPULAÇÃO

Nadadores de alta competição portugueses.

O consentimento escrito foi requerido antes de início da prova, ao próprio, ou ao encarregado de educação.

PROVA DE ESFORÇO (PE)

— progressiva máxima com carga inicial de 1 watt/kg de peso e incrementos todos os dois minutos (7).

— medição dos seguintes parâmetros cardio-respiratórios: ventilação minuto em l/min (V), consumo de oxigénio em l/min (VO₂), eliminação do CO₂ em l/min (VCO₂), cociente respiratório (QR), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), pulso de O₂, equivalentes respiratórios para O₂ e CO₂ (ERO₂ e ERCO₂).

— realizada em cicloergómetro, e os parâmetros cardiorespiratórios analisados através do aparelho EOS — Sprint da Jaeger constituído por:

* um pneumotacógrafo que inclui um transdutor de pressão, um integrador digital e um amplificador com compensação de temperatura; para medição dos parâmetros de ventilação;

* analisadores de gases — O₂ e CO₂ (método "breath by breath") para avaliação do consumo de O₂ e eliminação do CO₂;

* e monitor de ECG para registo contínuo durante a prova.

A aquisição de dados foi feita automaticamente (através de computador) para suporte gráfico e

em papel (neste último com registo todos os 15 segundos).

Para a medição do limiar anaeróbico (AT) utilizaram-se os seguintes métodos:

a) INDIRECTOS OU VENTILATÓRIOS

* método da "V slope" (8,9) determinado quando o VCO₂ aumenta mais rapidamente que o VO₂.

* método "V/VO₂ versus V/VCO₂" (10,11) corresponde ao intervalo entre o início de um aumento sistemático do equivalente de O₂ sem o aumento proporcionado do equivalente do CO₂.

A identificação do ponto de rotura ventilatória foi analisada por dois observadores independentes (11).

b) MÉTODO DIRECTO (ATL)

Considerámos como limiar anaeróbico ATL a lactatémia de 4 mmol/l (12).

Fizemos determinações seriadas de lactatos, através da recolha de 50 microgramas de sangue arterializado (micrométodo), extraídos através de punção do lobo da orelha que foram posteriormente processados no laboratório pelo método enzimático (13). O cálculo da lactatémia de 4 mmol/l foi obtida por interpolação linear.

ESTATÍSTICA

Utilizou-se o teste T student para amostras emparelhadas na análise estatística dos dados.

RESULTADOS

Estudámos para o efeito 23 nadadores de alta competição portugueses, 16 do sexo masculino e 7 do feminino, submetidos a uma média de treino semanal de 15 horas (mínimo de 14 horas e máximo de 22 horas).

Os restantes parâmetros biométricos e idade são referenciados no Quadro I.

Em relação aos métodos utilizados para determinação do limiar anaeróbico ventilatório não se obteve diferença com significado estatístico na observação realizada pelos dois observadores independentes, pelo que apenas um valor foi considerado na análise dos dados.

Os valores médios e seus desvios padrões dos

QUADRO I

Idade e parâmetros biométricos
(os resultados surgem na seguinte ordem: valores médios e desvios padrões, mínimos e máximos)

IDADE	15.8 ± 2.5 (14-22) anos
PESO	62.2 ± 10.1 (45 -84.5) kg
ALTURA	169 ± 7.8 (155-190) cm

diferentes parâmetros estudados são apresentados nos Quadros II e III.

Analizando os dados obtidos durante a prova de esforço, constatamos diferenças com significado estatístico nos seguintes parâmetros cardiorespiratórios e carga quando comparámos os valores do limiar anaeróbico obtidos através das lactatémias (ATL) com os do limiar anaeróbico ventilatório (ATV):

QUADRO II

Valores médios ao nível do limiar anaeróbico (AT):
directo (L) e ventilatório (V) com diferenças
com significado estatístico

	ATL	ATV
WATT/KG	2.98 ± 0.59	3.45 ± 0.59
WATT TOTAL	184.4 ± 36.9	214.8 ± 46.3
V	53.8 ± 10.7	62.2 ± 16.1
VCO₂	2.22 ± 0.5	2.6 ± 0.8
%VO₂AT/VO₂max	63.9 ± 10.9	70.4 ± 9.6
QR	0.96 ± 0.06	0.99 ± 0.06
FC	147 ± 12.3	160 ± 20.1

- (p < 0.01) na carga total em watt, na carga por Kg peso e na frequência cardíaca (FC)
- (p < 0.05) na ventilação minuto (V) em l/min, na eliminação do CO₂ (VCO₂) em l/min, na

QUADRO III

Valores médios ao nível do limiar anaeróbico (AT)
directo (L) e ventilatório (V), sem diferenças significativas
sob o ponto de vista estatístico

	ATL	ATV
FR	27.7 ± 5.1	29.2 ± 6.05
VO₂	2.33 ± 0.4	3.01 ± 0.6
VO₂/KG	37.9 ± 6.9	41.9 ± 7.5
VO₂/FC	21.3 ± 24.35	16.9 ± 4.1
VO₂/FC/KG	0.25 ± 0.04	0.26 ± 0.04
ERO₂	23.1 ± 1.6	23.9 ± 1.5
ERCO₂	24.1 ± 1.6	24.1 ± 1.4

relação expressa em percentagem do consumo de oxigénio ao nível do limiar anaeróbico e o consumo máximo de oxigénio (% VO₂ AT/VO₂ max), no cociente respiratório (QR).

Não obtivemos diferenças com significado estatístico nos 2 grupos de valores médios nos seguintes parâmetros:

frequência respiratória (FR), consumo de oxigénio (VO₂) L/min, consumo de oxigénio por Kg de peso (VO₂/Kg) em ml/Kg, no pulso de oxigénio (VO₂ em ml/FC), no VO₂/FC/Kg e nos equivalentes respiratórios (ER) para o O₂ e CO₂.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Estamos perante uma população de nadadores treinados, pelo que é de esperar que a % de VO₂ max a que atingem o limiar anaeróbico seja elevada, o que significa uma maior eficiência dos sistemas adaptativos ao exercício físico. No entanto a existência de ATV a cerca de 70% do VO₂max, tendo em conta a utilização de analisadores de O₂ e CO₂ pelo método breath by breath com uma cuidadosa calibração, não nos parece fortuita podendo no entanto ser devida a factores que influenciam a ventilação (eg motivação) conhecidos como potenciadores de acção a nível do centro respiratório.

Poderemos afirmar que a nossa série é comparável sob ponto de vista de VO₂ à de Mac Lellan

e Sucek que extrapolam estes valores para o seu nível de treino.

A subida das cargas no nosso protocolo pode influenciar o valor da AT. No entanto, Hughson considera-as adequadas. Sabe-se no entanto que a taxa de eliminação de lactatos é influenciada por determinados factores, entre os quais se destaca o tipo de carga aplicada, o tipo de exercício efectuado (no nosso caso o cicloergómetro) e o treino.

A existência de diferenças com significado estatístico corresponde em primeiro lugar a uma não correspondência dos dois limiares o que poderá pôr em questão, alguns princípios:

— se os dois limiares têm o mesmo significado?
— se o considerar uma taxa fixa de lactatos em vez da determinação individual do ponto de inflexão positiva da curva de lactatos não terá sido um dos factores que contribuiu para a dissociação observada nos dois métodos.

— se o facto de se tratar de atletas submetidos a uma elevada carga de treino não terá condicionado esta não concordância, facto este confirmado pela observação que os melhores nadadores tinham uma maior discordância quando relacionados com os de nível mais baixo de rendimento e treino.

Estes factos põem-nos perante problemas na definição quer de limiar anaeróbico quer por lactatos, quer por métodos ventilatórios.

Em 1973 Wasserman considera o limiar anaeróbico como o ponto em que a acidose metabólica está associada a alterações das trocas gasosas, durante um exercício de intensidade progressiva.

O valor de lactatemia mais frequentemente utilizado para definir o ATL é de 4 mmol/l. No entanto outros valores, sobretudo quando não

utilizaram sangue arterializado mas sim venoso foram já propostos. Outro ponto a ter em consideração em relação ao ATL é o facto de poder existir variações individuais na cinética de produção e eliminação dos lactatos. Assim, muitas vezes para se evitar estas questões nos laboratórios de fisiologia de esforço, os lactatos são colhidos na taxa de exercício em que há um aumento não linear do VO₂ e da ventilação, no entanto os resultados do nosso trabalho induzem uma grande dúvida que é se estaremos a medir ou não o mesmo efeito a nível metabólico pelo que a sua continuação em outros grupos de atletas e de indivíduos normais afigura-se-nos necessária pois põem em questão os conceitos clássicos utilizados; a grande dificuldade na comparação com outros estudos advém da utilização de protocolos de esforço diversos nomeadamente no que respeita, o tipo de incremento de cargas, o tipo de exercício realizado e a população estudada não sendo por vezes bem definido o tipo de treino predominante nem a carga horária semanal. Assim, a utilização de um protocolo estandardizado a uma população extensa afigura-se-nos necessária para responder à maioria das questões equacionadas.

Assim, vejamos, para um aumento não linear da ventilação pulmonar contribuem não só o pH, mas também os estímulos hipóxicos locais por activação de quimiorreceptores periféricos e ainda a "estimulação mental" nomeadamente a motivação no momento da prova.

Os resultados obtidos permitem-nos concluir que não há sobreposição dos valores cardiorespiratórios quando comparamos o método directo com os indirectos para obtenção do limiar anaeróbico.

BIBLIOGRAFIA

1. WASSERMAN K. Anaerobiosis, lactate, and gas exchange during exercise: the issues — *Federation Proc* 45: 2904-9, 1986.
2. HILL A.V., LONG C.N.H., LUPTON H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. Part VI — The oxygen debt at the end of exercise. *Proc. R. Soc. London Ser. B* 97: 127-137, 1924.
3. JONES N., EHRSMAN R. The anaerobic threshold. In Terjung R.L. (ed) *Exercise and Sport Science Reviews*, 10: Philadelphia, Franklin Institute Press 1982 pg 49-82.
4. HOLLMANN W. Historical remarks on the development of the aerobic — anaerobic threshold up to 1966. *Int. J. Sports Med.* 6 (3): 109-116, 1985.
5. WASSERMAN K., McELLROY M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.* 14: 844-52, 1964.

6. LONGO C. Interesse das determinações do consumo máximo de oxigénio no laboratório de fisiologia de esforço. Quando é oportuno determinar-se o limiar anaeróbico? Bol. SPPR n.º 14 Jun-Out.: 3-5, 1991.
7. HUGHSON RL, GREEN HJ. Blood acid-base and lactate relationships studied by ramp work tests. Med. Sc. Sp. Ex. 14: 297-302, 1982.
8. BEAVER WL, WASSERMAN K, WHIPP BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. JAP 60: 2020-7, 1986.
9. WASSERMAN K, WHIPP BJ, KOYAL SN, BEAVER WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange. JAP 35: 236-43, 1973.
10. CAIOZZO VJ, DAVIS JA, ELLIS JF, AZUS JL, VANDAGRIFF R, PRIETTO CA, McMASTER WC. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. JAP 53: 1184-9, 1982.
11. SULLIVAN MJ, COBB FR. The anaerobic threshold in chronic heart failure. Relation to blood lactate, ventilatory basis, reproducibility and response to exercise training. Circulation 81:1147-58, 1990.
12. HECK H, MADER A, HESS G, MUCKE S. Justification of 4 mmol/l lactate threshold. Int J Sp. Med, 6: 117-130, 1985.
13. LONGO C, J.P. ALMEIDA, RAMIRO ÁVILA. Determinações de lactatémias em nadadores de alta competição como método de avaliação e controlo de treino. Arq. S.P.P.R. 9 (5): 253-259, 1992.