

TEMPO PARA EXAUSTÃO NO ACÚMULO DE LACTATO SANGUÍNEO EM CORREDORES COM DIFERENTES HABILIDADES ATLÉTICAS

CIÊNCIAS DO EXERCÍCIO
E DO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

TIME TO EXHAUSTION AT THE ONSET OF BLOOD LACTATE ACCUMULATION IN RUNNERS WITH DIFFERENT ATHLETIC ABILITIES

Jordan Santos-Concejero^{1,2}
Cristina Granados²
Jon Irazusta²
Iraia Bidaurrezaga-Letona²
Jon Zabala-Lili²
Susana María²

1. Universidade de Cape Town, UCT/ MRC ESSM, África do Sul.
2. Universidade dos Países Bascos UPV/EHU, Espanha.

Correspondência:

UCT/MRC Research Unit for Exercise Science and Sports Medicine, University of Cape Town. 3^o Floor Sports Science Institute of South Africa, Boundary Road 7700 (Newlands) Cape Town, SOUTH AFRICA.
jordan.santosconcejero@uct.ac.za

RESUMO

Objetivo: Caracterizar as respostas fisiológicas de corredores com diferentes habilidades de velocidade durante o lactato sanguíneo (OBLA) e determinar se 4 mmol·L⁻¹ representam a mesma intensidade de exercício relativa para cada corredor. **Métodos:** Onze corredores treinados e doze bem treinados completaram dois testes de corrida em esteira: primeiramente, um teste máximo de lactato com incremento para calcular o OBLA (Teste 1) e a seguir um outro no OBLA correspondente até exaustão (Teste 2). As trocas de gases e frequência cardíaca (FC) foram continuamente medidas e plotadas em porcentagem de tempo referente à exaustão no Teste 2 (TET 2). A velocidade de limite de lactato individual (VLL) e concentração de lactato ([La-1]LL) foram calculadas de acordo com o método de D_{max}. **Resultados:** OBLA e VLL foram maiores em corredores bem treinados (P<0.001). [La-1]LL foi <4 mmol·L⁻¹ nos corredores bem treinados (P<0.001), mas não nos treinados. Os corredores bem treinados foram mais rápidos em OBLA do que em VLL (P<0.001). Os corredores bem treinados correram um TET2 mais curto do que os corredores treinados (P<0.05). Além disso, os corredores bem treinados apresentaram taxa respiratória mais alta em 50, 80 e 90% de TET2 e VO₂ em 20-100% de TET2 (P<0.05). TET2 se relacionou inversamente (P<0.01) com OBLA e positivamente com melhor rendimento individual em 10km (P<0.01). OBLA se relacionou positivamente com a %VO_{2max} no Teste 2 (P<0.01). O valor padrão (4 mmol·L⁻¹) para a concentração de lactato sanguíneo parece representar uma intensidade de exercício diferente para corredores com habilidades atléticas diferentes. **Conclusão:** OBLA pode não ser preciso para desenvolver sessões de treinamento de corrida ou para a avaliação da capacidade aeróbica.

Palavras-chave: atletas, OBLA, fadiga, intensidade de exercício, rendimento.

ABSTRACT

Objective: To characterize the physiological responses of runners with different velocity abilities at the onset of blood lactate accumulation (OBLA) and to determine if 4 mmol·L⁻¹ represent the same relative exercise intensity for each runner. **Methods:** Eleven trained and twelve well-trained runners completed two running tests on treadmill: first, a maximal incremental lactate test to calculate OBLA (Test 1), and then another one at the corresponding OBLA until exhaustion (Test 2). Gas exchange and heart rate (HR) were continuously measured and plotted as a percentage of time to exhaustion in Test 2 (TET2). The individual lactate threshold velocity (VLT) and lactate concentration ([La-1]LT) were calculated according to the D-max method. **Results:** VOBLA and VLT were higher in well-trained runners (P<0.001). [La-1]LT was <4 mmol·L⁻¹ in the well-trained runners (P<0.001), but not in the trained ones. Well-trained runners were faster at VOBLA than at VLT (P<0.001). Well-trained runners ran a shorter TET2 than the trained runners (P<0.05). Moreover, well-trained runners presented a higher respiratory rate at 50, 80 and 90% of TET2 and VO₂ at 20-100% of TET2 (P<0.05). TET2 was inversely correlated (P<0.01) with VOBLA and positively with personal best 10-km performance (P<0.01). VOBLA was positively correlated with the %VO_{2max} in Test 2 (P<0.01). The standard value (4 mmol·L⁻¹) for the concentration of blood lactate seems to represent a different exercise intensity for runners of different athletic ability. **Conclusion:** VOBLA may not be accurate for the design of running training sessions or for evaluation of aerobic capacity.

Keywords: athletes, OBLA, fatigue, exercise intensity, performance.

Recebido em 15/05/2012, w 07/12/2012.

INTRODUÇÃO

A determinação da concentração de lactato sanguíneo ([La⁻]) durante o exercício tem sido tradicionalmente utilizada como um fator importante para a estimativa da intensidade de carga em treinamento físico¹. A intensidade máxima de exercício que caracteriza uma constante [La⁻] no tempo, mais especificamente um acréscimo menor do que 1 mmol·L⁻¹ nos últimos 20 minutos de um teste de 30 minutos de taxa de trabalho constante, foi definida como a máxima fase estável de

lactato sanguíneo (MFELS)². A MFELS representa a maior intensidade de exercício na qual existe um equilíbrio entre a taxa de produção e depuração de lactato^{3,4}.

A MFELS tem sido proposta como um instrumento útil na avaliação de capacidade aeróbica, prescrição de intensidade de treinamento e predição de rendimento no exercício¹. Apesar disso, a técnica necessária para a determinação precisa de MFELS é complexa e demanda tempo, uma vez que de três a cinco testes de taxa de trabalho constante devem ser executados em dias diferentes⁵. Como resultado, muitos

autores têm recomendado a utilização de apenas um dia de testes para a determinação indireta do MFELS^{3,6}.

Durante o exercício de corrida, uma concentração de lactato de 4 mmol·L⁻¹ foi reportada como associada ao MFELS⁷ e, consequentemente, diferentes pesquisadores propuseram o uso do valor de 4 mmol·L⁻¹ como um valor de referência para o MFELS^{8,9}. Este valor de 4 mmol·L⁻¹, primeiramente proposto por Mader *et al.*,⁰ foi posteriormente chamado de acúmulo de lactato sanguíneo (do inglês OBLA)¹¹. Alguns estudos reportaram que a intensidade de exercício que induz a um estímulo qualitativo ideal deve apresentar um estado estável [La⁻] de aproximadamente 4 mmol·L⁻¹¹²; assim, a intensidade de exercício de OBLA tem sido adotada por treinadores de todo mundo como um índice de utilidade para a determinação de estado de treinamento e condicionamento³.

Contudo, vários pesquisadores são contra o uso da OBLA como um marcador indireto para MFELS^{13,14} porque [La⁻] correspondente a MFELS pode se apresentar reduzida como resultado do treinamento aeróbico¹⁵. Além disso, sabe-se que o valor de 4 mmol·L⁻¹ não considera a variabilidade interindividual na MFELS¹⁶. Assim, o uso de OBLA como um índice universal para precisamente estimar a capacidade aeróbica através da prescrição da intensidade de treinamento ou um rendimento previsível pode apresentar limitações importantes.

Atualmente, não está claro se intensidade de exercício relativa correspondente a OBLA é semelhante em atletas de diferentes níveis ou estado de treinamento. Assim, o objetivo principal deste estudo foi investigar as respostas fisiológicas na intensidade de exercício de OBLA e, consequentemente, se certificar se o valor de 4 mmol·L⁻¹ para a concentração de lactato representa a mesma intensidade de exercício relativa em corredores com habilidades atléticas diferentes. Estes resultados ajudarão a determinar se o índice de OBLA poderia ser utilizado para delinear e programar sessões de treinamentos de corrida independentemente do nível atlético do corredor.

MÉTODOS

Sujeitos

Vinte e três homens caucasianos, corredores de longa distância, participaram deste estudo: 11 treinados (39,9 ± 5,8 anos) e 12 bem treinados (28,4 ± 6,8 anos). Antes da participação, os sujeitos foram medicamente examinados para garantir que não apresentavam sinais de doenças cardiovasculares, musculoesqueléticas e metabólicas. O Comitê de Ética para Pesquisa em Seres Humanos da Universidade dos Países Bascos (CEISH/GIEB) aprovou este estudo. Todos os atletas foram informados sobre os testes e os possíveis riscos envolvidos e assinaram um formulário de consentimento escrito antes dos testes. Os atletas foram selecionados de acordo com seus melhores tempos recentes nos 10 km para este estudo. Critérios de inclusão para o grupo de corredores treinados incluíram um mínimo de três dias por semana de sessões de corrida, participação atual em competições e tempo de uma corrida de 10 km entre 35-45 minutos. Critérios de inclusão no grupo de atletas bem treinados incluíram participação atual em competições de nível nacional ou internacional e tempo em uma corrida de 10 km abaixo de 33,5 minutos.

Procedimentos

Antropometria – Altura (cm) e massa corporal (kg) foram medidas com o auxílio de um estadiômetro de precisão e uma balança (Seca, Bonn, Alemanha), e o índice de massa corporal (IMC) foi calculado. Oito dobras cutâneas (bíceps, tríceps, subescapular, supraespinhal, abdominal, suprailíaca, coxa medial e panturrilha medial) foram determinadas em duplicata com um compasso de dobras cutâneas (Holtain, Crymmych,

Alemanha) pelo mesmo pesquisador e a soma das dobras cutâneas foi determinada. A porcentagem de gordura corporal foi calculada para cada atleta, como descrito mais tarde¹⁷.

Todos os sujeitos executaram dois testes máximos de corrida: um teste de pico de lactato em esteira (Teste 1) e um teste constante em esteira V_{OBLA} (Teste 2) com um intervalo de uma semana entre eles. Vinte e quatro horas antes dos testes, os atletas eram encorajados a estarem bem descansados e não realizarem sessão e treinamento pesados e competição. Todos os atletas foram familiarizados com a corrida em esteira.

Teste de pico de lactato em esteira (Teste 1) – Todos os sujeitos completaram um teste de corrida incremental de esforço máximo em esteira com um gradiente de 1% (ERGelek EG2, Vitoria-Gasteiz, Espanha), começando em 9 km·h⁻¹ sem aquecimento prévio. A velocidade foi aumentada em 1,5 km·h⁻¹ a cada quatro minutos até exaustão voluntária, com um minuto de intervalo entre cada estágio. Os corredores receberam incentivo verbal para garantir que o máximo esforço fosse alcançado. Durante o teste, a taxa respiratória (TR), o volume ventilatório (VE), consumo de oxigênio (VO₂) e razão de troca respiratória (RTR) foram continuamente medidos utilizando o mesmo sistema de análise de gases calibrado (Ergocard, Medisoft, Sorinnes, Bélgica), o qual foi calibrado antes de cada sessão de acordo com as instruções dos fabricantes.

Considerava-se que os atletas haviam atingido sua habilidade máxima, e assim alcançado sua VO_{2máx} quando três dos critérios a seguir eram alcançados: 1) um *plateau* em VO₂; 2) RTR > 1,15; 3) FC entre 5 batimentos · min⁻¹ da FC teórica máxima (220-idade); 4) concentração de lactato > 8 mmol·L⁻¹; 5) PSE = 10.

A velocidade pico em esteira em km·h⁻¹ (VPE) foi calculada como a seguir, considerando cada segundo¹⁸:

$VPE = \text{Intensidade inteira completada em km·h}^{-1} + [(\text{segundos na velocidade final} \cdot 240 \text{ seg}^{-1}) \cdot 1,5 \text{ km·h}^{-1}]$.

Imediatamente após cada estágio, uma amostra capilar sanguínea de 25 µl foi retirada do lóbulo da orelha e analisada para determinação da concentração de lactato sanguíneo (Lactate Pro, Arkray, KDK Corporation, Kyoto, Japão). Este sistema foi validado como eficiente para análise de medidas de lactato¹⁹. O limite de lactato individual (LL) foi calculado pelo método D_{-máx}²⁰. A confiabilidade deste método já foi reportada²¹. Uma equação de regressão polinomial de terceira ordem foi estabelecida nas concentrações de lactato do plasma *versus* cargas de trabalho. O D_{-máx} foi identificado como o ponto na curva de regressão polinomial que gerou a distância máxima para a linha reta formada pelos dois pontos finais²¹.

Teste constante de V_{OBLA} em esteira (Teste 2) – Este teste envolveu corrida em esteira na velocidade individual correspondente à concentração de lactato de 4 mmol·L⁻¹ (V_{OBLA}) até a exaustão voluntária com um gradiente de 1%. A V_{OBLA} foi calculada por interpolação, expressando as informações de lactato sanguíneo coletadas de cada sujeito no Teste 1 como uma função de velocidade de corrida. Uma equação quadrática foi utilizada para a regressão de [La⁻] e velocidade. Durante o teste, a FC e a troca de gases foram continuamente medidas e plotadas como 10-100% de tempo para exaustão (TE_{T2}) como sugerido por Pires *et al.*²². A concentração de lactato foi amostrada imediatamente ([La⁻]_{finalT2}) e três minutos ([La⁻]_{3minT2}) após o teste.

Estatística – Todos os valores foram expressos em média ± desvio padrão (DP) e as análises estatísticas dos dados foram obtidas através do Pacote Estatístico para Ciências Sociais, pacote de *software* 15.0 (StatSoft, EUA). Os dados foram verificados para distribuição da normalidade e variâncias de homogeneidade através de um teste de normalidade Shapiro-Wilk e um teste de Levene, respectivamente. Um teste *t* de

Student independente foi utilizado para a comparação das médias de ambos os grupos. Nos casos nos quais as variáveis não eram normais, um teste Mann-Whitney *U* foi utilizado. As relações entre variáveis foram avaliadas através de regressões lineares e análises de correlação de Pearson e Spearman. Significância para todas as análises foi estabelecida em $P < 0,05$.

RESULTADOS

As características antropométricas e os resultados do teste máximo em esteira em corredores treinados e bem treinados estão listados na tabela 1. Os corredores bem treinados eram mais jovens e mais rápidos do que os corredores treinados de acordo com seus melhores tempos em 10 km ($P < 0,001$). Não foram observadas diferenças em altura entre os dois grupos. Contudo, os corredores bem treinados eram mais leves e apresentaram valores de IMC, soma de dobras cutâneas e %GC mais baixos do que os corredores treinados ($P < 0,01-0,05$). Os corredores bem treinados alcançaram um VPE mais alto durante o Teste 1 (tabela 1, $P < 0,001$). Apesar disso, não foram identificadas diferenças significativas em nenhum parâmetro fisiológico máximo, tais como VO_2 (absoluta e relativa à massa corporal), FC, RTR ou $[La]$ entre ambos os grupos.

Tabela 1. Características antropométricas e indicadores de rendimento e resultados de esforço no teste máximo em esteira (Teste 1) para corredores treinados e bem treinados.

	Treinados	Bem treinados
	(n = 11)	(n = 12)
Idade (anos)	39,9 (5,8)	28,4 (6,8)***
Tempo nos 10 km (min)	39,1 (3,0)	31,8 (1,2)***
Altura (cm)	176,4 (7,1)	177,2 (5,1)
Massa corporal (kg)	70,3 (7,1)	64,9 (4,0)*
IMC	22,6 (1,8)	20,7 (1,5)*
Σ 8 dobras cutâneas (mm)	72,3 (23,2)	46,6 (12,6)**
%GC	12,2 (2,5)	9,5 (0,9)**
VPE (km·h ⁻¹)	16,5 (1,5)	20,6 (1,1)***
VO_{2max} (L·min ⁻¹)	4,2 (0,4)	4,1 (0,4)
VO_{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	59,4 (7,2)	63,2 (4,3)
FC _{máx} (beats·min ⁻¹)	180,6 (11,2)	186,7 (5,8)
RTR _{máx}	1,19 (0,08)	1,20 (0,06)
$[La]_{finalT1}$ (mmol·L ⁻¹)	9,0 (1,7)	8,5 (1,7)
$[La]_{3minT1}$ (mmol·L ⁻¹)	9,5 (1,3)	9,6 (1,8)

n = número de sujeitos; IMC = índice de massa corporal; Σ 8 dobras cutâneas = bíceps, tríceps, subescapular, supraespinhal, abdominal, suprailíaca, coxa medial e panturrilha medial; %GC = porcentagem de gordura corporal; VPE = velocidade de pico em esteira; VO_{2max} = taxa de consumo de oxigênio máximo; FC_{máx} = frequência cardíaca máxima; RTR_{máx} = razão de troca respiratória máxima; $[La]_{finalT1}$ = concentração final de lactato no Teste 1; $[La]_{3minT1}$ = concentração de lactato de três minutos após Teste 1. Valores em médias (DP). Diferenças estatisticamente significativas em relação aos corredores treinados estão indicadas como * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

V_{OBLA} e velocidade no limite de lactato (V_{LL}) foram mais rápidas nos corredores bem treinados em comparação com os corredores treinados ($P < 0,001$) (tabela 2). Além disso, a concentração de lactato sanguíneo no limite de lactato ($[La]_{LL}$) foi mais baixa nos corredores bem treinados ($P < 0,001$). V_{OBLA} foi mais rápida do que V_{LL} nos corredores bem treinados ($P < 0,001$), mas não nos corredores treinados. Semelhantemente, $[La]_{LL}$ foi < 4 mmol·L⁻¹ nos corredores bem treinados ($P < 0,001$), mas não nos corredores treinados.

Tabela 2. V_{OBLA} , V_{LL} e $[La]_{LL}$ em corredores treinados e bem treinados.

Sujeitos	Treinados (n = 11)			Sujeitos	Bem treinados (n = 12)		
	V_{OBLA}	V_{LL}	$[La]_{LL}$		V_{OBLA}	V_{LL}	$[La]_{LL}$
T1	13,9	14,0	4,1	WT1	17,0	16,1	2,7
T2	10,8	12,5	6,4	WT2	17,7	17,0	2,5
T3	10,5	12,4	5,5	WT3	19,1	18,1	2,9
T4	14,7	14,3	3,4	WT4	19,0	18,5	3,1
T5	14,6	13,7	3,0	WT5	17,8	17,7	3,5
T6	15,9	15,0	2,7	WT6	18,9	18,2	3,0
T7	13,0	13,5	4,4	WT7	18,1	17,8	3,1
T8	13,5	13,4	3,9	WT8	16,3	16,0	3,7
T9	15,0	14,5	3,4	WT9	17,5	17,0	3,4
T10	15,4	16,0	4,4	WT10	19,8	19,5	3,4
T11	16,1	16,0	3,9	WT11	16,2	16,0	3,7
				WT12	15,0	15,0	4,0
Média (DP)	13,9 (1,9)	14,1 (1,2)	4,1 (1,1)		17,7 (1,4)***	17,2 (1,3)***+††	3,3 (0,4)*†

n = número de sujeitos; V_{OBLA} = velocidade correspondente ao acúmulo de lactato sanguíneo (km·h⁻¹); V_{LL} = velocidade correspondente ao limite de lactato (km·h⁻¹); $[La]_{LL}$ = concentração de lactato no limite de lactato (mmol·L⁻¹). Diferenças estatisticamente significantes em relação aos corredores treinados estão indicadas como * $P < 0,05$; ** $P < 0,001$. Diferenças estatisticamente significantes em relação à V_{OBLA} estão indicadas como ††† $P < 0,001$. Diferenças estatisticamente significantes em relação à concentração de lactato de 4 mmol·L⁻¹ estão indicadas como † $P < 0,05$.

TE_{T2} foi 46,8% mais curto ($P < 0,05$) nos corredores bem treinados do que nos corredores treinados (tabela 3). Todavia, nenhuma diferença significativa foi identificada na VO_{2max} , %VPE, $[La]_{finalT2}$, $[La]_{3minT2}$ entre os dois grupos (apesar dos valores terem sido mais altos nos corredores bem treinados), nem na distância percorrida no Teste 2.

Tabela 3. Resultados do teste de velocidade V_{OBLA} (Teste 2) em corredores treinados e bem treinados.

	Treinados	Bem treinados
	(n = 11)	(n = 12)
% VO_{2max} (%)	84,4 (9,6)	90,0 (7,2)
%VPE	84,0 (5,3)	85,8 (3,5)
TE_{T2} (min)	32,6 (10,9)	22,2 (6,6)*
Distância (km)	7,4 (2,2)	6,4 (1,7)
$[La]_{finalT2}$ (mmol·L ⁻¹)	5,8 (2,0)	7,1 (1,5)
$[La]_{3minT2}$ (mmol·L ⁻¹)	5,6 (2,3)	7,0 (1,9)

n = número de sujeitos; V_{OBLA} = velocidade correspondente ao acúmulo de lactato sanguíneo; % VO_{2max} = porcentagem do consumo máximo de oxigênio; %VPE = porcentagem do pico de velocidade em esteira; TE_{T2} = tempo de exaustão ao fim do Teste 2; $[La]_{finalT2}$ = concentração de lactato sanguíneo ao fim do Teste 2; $[La]_{3minT2}$ = concentração de lactato sanguíneo três minutos após Teste 2. Valores estão em médias (DP). Diferenças estatisticamente significantes em relação aos corredores treinados estão indicadas como * $P < 0,05$.

Durante o Teste 2, os corredores bem treinados apresentaram uma VO_2 (ml·kg⁻¹·min⁻¹) estatisticamente mais alta em 20 a 100% do TE_{T2} e uma taxa respiratória mais alta (TR) em 50, 80 e 90% do TE_{T2} do que os corredores treinados ($P < 0,05$), figura 1). Não foram identificadas diferenças estatisticamente significantes nas respostas fisiológicas de volume de ventilação (VE), produção de dióxido de carbono (VCO_2), porcentagem de frequência cardíaca máxima (%FC_{máx}) ou RTR durante a V_{OBLA} . A tendência geral foi um estado estável fisiológico na última meia hora do Teste 2. Os valores individuais do TE_{T2} se relacionaram negativamente com os valores de V_{OBLA} individuais ($r = 0,719$, $P < 0,001$, $n = 23$) (figura 2A), assim como positivamente com os melhores valores individuais na corrida de 10 km ($r = 0,536$, $P < 0,01$, $n = 23$) (figura 2B). Além disso, V_{OBLA} correlacionou-se positivamente com % VO_{2max} no Teste 2 ($r = 0,604$, $P < 0,001$, $n = 23$) (figura 3).

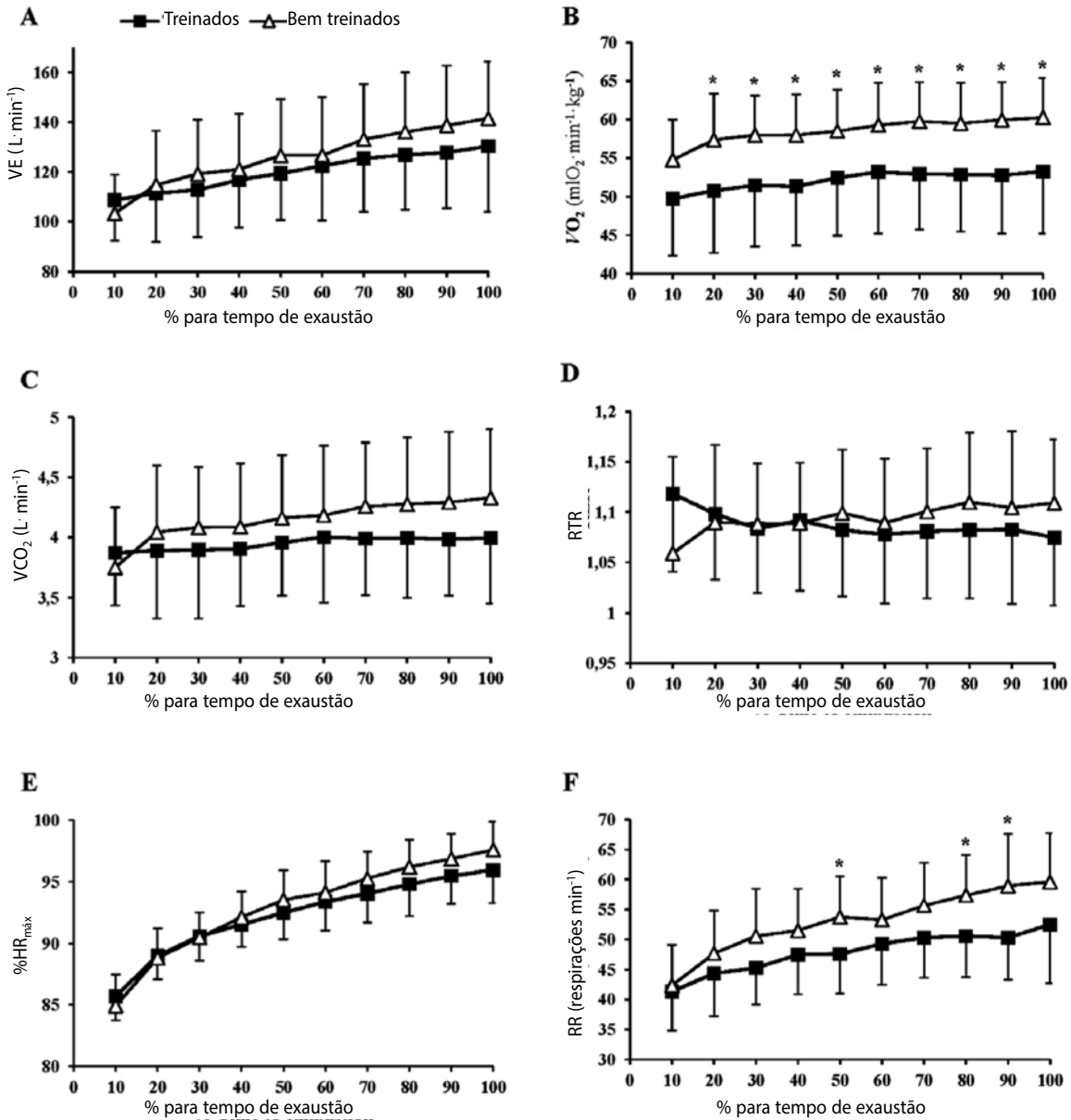


Figura 1. Respostas de parâmetro fisiológico em corredores treinados e bem treinados durante o teste V_{OBLA} de acordo com o tempo de exaustão. VE = volume de ventilação (A); $\dot{V}O_2$ = consumo de oxigênio (B); $\dot{V}CO_2$ = produção de dióxido de carbono (C); RTR = razão de troca respiratória (D); $\%FC_{m\acute{a}x}$ = porcentagem de frequência cardíaca máxima (E); TR = taxa respiratória (F). Diferenças estatisticamente significantes em relação aos corredores treinados estão indicadas como * $P < 0,05$.

DISCUSSÃO

Este estudo é pioneiro em comparar as respostas fisiológicas (medidas como a função de % tempo para exaustão) em V_{OBLA} para verificar se uma concentração de lactato de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ representa a mesma intensidade de exercício relativa para corredores com diferentes níveis de habilidade atlética.

O tempo para exaustão é considerado um bom indicador da intensidade de exercício relativa²². Um achado importante neste estudo foi que o tempo para exaustão na velocidade correspondente a $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ da concentração de lactato (TE_{T_2}) foi mais curta em corredores bem treinados quando comparados com corredores treinados. Este resultado, junto com a correlação negativa entre TE_{T_2} e V_{OBLA} , e a correlação positiva entre TE_{T_2} e o tempo de corrida de 10 km, sugere que o nível atlético dos corredores é um fator determinante para a duração de exercício durante a velocidade correspondente à concentração de lactato de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. Esta ideia é corroborada pelo achado de que

os valores da $\dot{V}O_2$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e da taxa respiratória (TR) durante o teste de V_{OBLA} foram mais altos para os corredores bem treinados em certos pontos. Respostas respiratórias estão relacionadas à intensidade de exercício²³; assim, estes resultados sugerem que, apesar de estar em uma V_{OBLA} consistente, a intensidade de carga de trabalho foi maior nos corredores bem treinados.

O segredo para compreender a razão porque os atletas de nível mais alto experimentaram um TE_{T_2} mais curto durante o Teste 2 pode ser explicado pelas diferenças na V_{LL} e $[\text{La}^-]_{LL}$ entre os corredores treinados e bem treinados. A V_{OBLA} foi próxima da V_{LL} em corredores treinados, enquanto a V_{LL} foi mais rápida nos corredores bem treinados. Semelhantemente, o $[\text{La}^-]_{LL}$ não foi diferente para OBLA em corredores treinados e foi mais baixa do que OBLA nos corredores bem treinados. Estes resultados indicam que V_{OBLA} não representa a mesma intensidade de exercício relativa em corredores com diferentes habilidades atléticas e que o tempo para exaustão numa velocidade de corrida

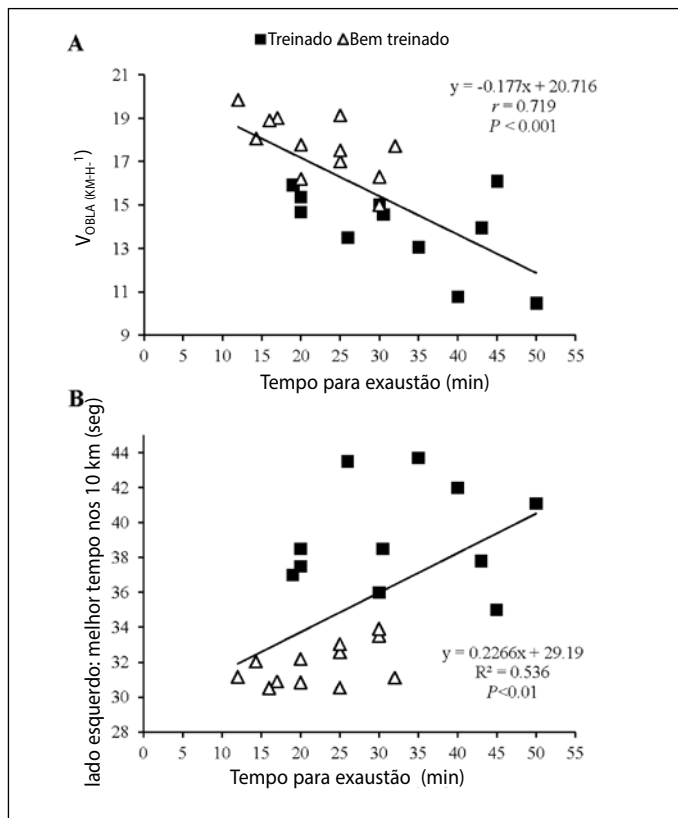


Figura 2. Relações significativas entre tempo até exaustão no Teste 2 e a velocidade correspondente ao acúmulo de lactato sanguíneo (V_{OBLA}) (A) e rendimento de corrida de acordo com o melhor tempo em 10 km (B) em corredores treinados e bem treinados.

correspondente a uma concentração de lactato de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ parece ser influenciada pelo condicionamento atlético dos corredores.

Esta afirmativa é apoiada pela correlação positiva entre $\%VO_{2m\acute{a}x}$ no Teste 2 e V_{OBLA} . Estes resultados sugerem que os atletas com nível mais alto (atletas com V_{OBLA} mais alta) correram a uma $\%VO_{2m\acute{a}x}$ mais alta durante o Teste 2. Este achado pode sugerir que o nível atlético dos corredores seja um fator que influencie a intensidade relativa correspondendo à concentração de lactato de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. Apesar dos atletas terem se exercitado a uma velocidade estabelecida para manter a concentração de lactato de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\%VO_{2m\acute{a}x}$ foi diferente entre os atletas, sugerindo, assim, que os atletas se exercitaram em intensidades relativas diferentes durante o Teste 2.

Atualmente, sabemos que durante exercício prolongado com intensidades ocasionando a MFELS, fibras musculares glicolíticas produzem e liberam lactato²⁴ na corrente sanguínea para oxidação através de tecidos distantes assim como conversão em glicose e glicogênio, enquanto algum lactato pode se dispersar para fibras musculares oxidativas adjacentes para serem oxidadas²⁵. Troca de lactato é um processo dinâmico com consumo muscular simultâneo e liberação no repouso e durante o exercício²⁶. Consequentemente, os valores de lactato medidos no sangue não são necessariamente indicativos dos níveis de lactato produzido em músculos ativos. Na verdade, cor-

REFERÊNCIAS

- Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med.* 2003;33:407-26.
- Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Appl Physiol* 2003;88:361-9.
- Chicharro JL, Carvajal A, Pardo J, Pérez M, Lucía A. Physiological parameters determined at OBLA vs. a fixed heart rate of 175 beats \times min⁻¹ in an incremental test performed by amateur and professional cyclists. *Jpn J Physiol* 1999;49:63-9.

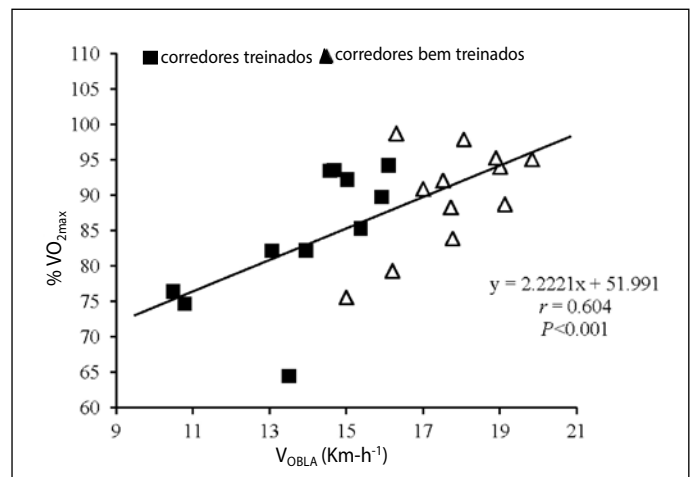


Figura 3. Relação significativa entre a velocidade correspondente ao acúmulo de lactato sanguíneo (V_{OBLA}) e a porcentagem de consumo de oxigênio máximo no Teste 2 em corredores treinados e bem treinados.

redores bem treinados tendem a apresentar capacidade de remoção de lactato aumentada²⁷. Assim, a concentração de lactato sanguíneo de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ pode estar associada à intensidade relativa maior neste grupo de atletas. Durante exercício executado em V_{OBLA} , ocorreu exaustão voluntária, enquanto houve evidência para capacidade de reserva fisiológica. Logo, término de exercício em V_{OBLA} pode ser induzido por um controle homeostático integrante do sistema fisiológico central e periférico. Isso ocorre especificamente para garantir a manutenção de homeostase e não como resultado da falha do organismo em executar trabalho, como proposto pelo Modelo Governador Central²⁸.

CONCLUSÃO

Em resumo, o presente estudo sugere que a V_{OBLA} não represente a mesma intensidade de exercício relativa em corredores com diferentes níveis competitivos, possivelmente devido a diferenças em cinética de lactato. Nossos resultados demonstram que o tempo para exaustão, o qual é um bom indicador da intensidade relativa de exercício, está intimamente relacionado com o nível dos atletas quando correndo em V_{OBLA} . Logo, concluímos que este índice não deveria ser recomendado para a programação de sessões de treinamento, execução de avaliação de capacidade aeróbica ou comparação de corredores com diferentes níveis de habilidade atlética e condicionamento.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pelo Departamento de Educação Física e Desportos da Faculdade de Atividade Física e Desporto, Universidade dos Países Bascos Espanha (UPV/EHU). J.S.C. é financiado por bolsa de estudos de pré-doutorado do Governo Basco Espanha (ref. BF108.51).

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

8. Denadai BS, Figueira TR, Favaro OR, Gonçalves M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Braz J Med Biol Res* 2004;37:1551-6.
9. Denadai BS, Gomide EB, Greco CC. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. *J Strength Cond Res* 2005;19:364-8.
10. Mader A, Liesen H, Heck H, Phillippi H, Schürch PM, Hollmann W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed* 1976;27:80-8.
11. Sjödin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981;2:23-6.
12. Hollmann W, Rost R, Liesen H, Dufaux B, Heck H, Mader A. Assessment of different forms of physical activity with respect to preventive and rehabilitative cardiology. *Int J Sports Med* 1981;2:67-80.
13. Kilding AE, Jones AM. Validity of a single-visit protocol to estimate the maximum lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1734-40.
14. Van Schuylenbergh R, Eynde BV, Hespel P. Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:94-9.
15. Keul J, Simon G, Berg A, Dickhuth H, Goertler I, Kubel R. Determination of individual anaerobic threshold for performance test and exercise prescription (Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung). *Deutsche Zeit Sportmed* 1979;30:212-8.
16. Stegmann H, Kindermann W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.L⁻¹ lactate. *Int J Sports Med* 1982;3:105-10.
17. Yuhasz MS. *Physical fitness Manual*. London: University of Western Ontario, 1974.
18. Kohn TA, Essén-Gustavsson B, Myburgh KH. Do skeletal muscle phenotypic characteristics of Xhosa and Caucasian endurance runners differ when matched for training and racing distances? *J Appl Physiol* 2007;103:932-40.
19. Tanner RK, Fuller KL, Ross ML. Evaluation of three portable blood analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *Eur J Appl Physiol* 2010;109:551-9.
20. Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int J Sports Med* 1992;13:518-22.
21. Zhou S, Weston SB. Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing. *Physiol Meas* 1997;18:145-54.
22. Pires FO, Noakes TD, Lima-Silva AE, Bertuzzi R, Ugrinowitsch C, Lira FS, et al. Cardiopulmonary, blood metabolite and rating of perceived exertion responses to constant exercises performed at different intensities until exhaustion. *Br J Sports Med* 2011;45:1119-25.
23. Hills AP, Byrne NM, Ramage AJ. Submaximal markers of exercise intensity. *J Sports Sci* 1998;16:71-6.
24. Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol* 2000;558:5-30.
25. Brooks GA. Intra and extra-cellular lactate shuttles. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:790-9.
26. Van Hall G, Jensen-Urstad M, Rosdahl H, Holmberg HC, Saltin B, Calbet JA. Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003;284:193-205.
27. Donovan CM, Pagliassotti MJ. Endurance training enhances lactate clearance during hyperlactatemia. *Am J Physiol* 1989;257:E782-9.
28. Noakes TD. Time to move beyond a brainless exercise physiology: the evidence for complex regulation of human exercise performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 2011;36:23-35.