

Inclusão do equivalente energético do lactato na regressão VO_2 -intensidade em corrida horizontal e inclinada (10,5%)

CDD. 20.ed. 796.022
796.426

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-55092016000200255>

Victor Machado REIS*
Diogo Roberto OLIVEIRA*
André Luiz CARNEIRO**
Hélder Miguel FERNANDES*
Christopher SCOTT***

*Research Center in Sports Sciences, Health Sciences & Human Development, Vila Real, Portugal.
**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, MG, Brasil.
***University of Southern Maine, Gorham, ME, USA.

Resumo

O estudo teve por objetivo analisar o efeito da adição do equivalente energético do lactato sanguíneo com a medida de VO_2 durante a corrida em esteira horizontal (0%) e inclinada (10,5%), como forma de estimativa do custo energético da corrida. Treze corredores de meia e longa distância (idade $28,1 \pm 4,2$ anos; estatura $1,75 \pm 0,07$ m; massa corporal $65,2 \pm 4,9$ kg; $\text{VO}_{2\text{max}}$ $70,3 \pm 4,9$ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) cumpriram dois testes em esteira rolante (0% e 10,5%) que incluíram vários estágios em intensidade constante. Foram calculadas para cada atleta as regressões VO_2 -velocidade, bem como regressões alternativas com a adição de um equivalente energético de $3 \text{ ml O}_2 \cdot \text{Eq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mM} [\text{La}^-]$ às medições de VO_2 . Não se verificou interação significativa entre a adição do equivalente do lactato e a inclinação da esteira. A ANOVA indicou um efeito significativo da adição do equivalente do lactato na inclinação da reta de regressão e na estimativa do custo energético. Os tamanhos do efeito obtidos indicam que este efeito é mais forte na corrida horizontal. Estes resultados sugerem que em testes laboratoriais com corredores treinados se deverá considerar a adição dos valores de VO_2 com os equivalentes energéticos do lactato.

PALAVRAS-CHAVE: Corrida horizontal vs. inclinada; Custo energético; Erro de estimativa.

Introdução

O custo energético da corrida (C_R) tem sido amplamente avaliado pela relação entre o consumo submáximo de oxigênio (VO_2) e a velocidade de corrida, tanto com como sem inclinação na esteira¹⁻³. Essa relação é usualmente estabelecida por medidas de VO_2 submáximo em várias intensidades e assume-se que o VO_2 representa o C_R global. Seguindo esse raciocínio, a vasta maioria dos estudos que usaram a relação VO_2 -intensidade para avaliar o C_R não avaliaram o potencial do equivalente energético (Eq) do lactato sanguíneo ($[\text{La}^-]$) em seus cálculos, embora o componente anaeróbio do custo energético provavelmente apareça em intensidades severas do exercício.

Os estudos pioneiros de MARGARIA et al.⁴⁻⁵, posteriormente continuados por CERRETELLI et al.⁶ e, em seguida, completados pelos de DI PRAMPRERO⁷ permitiram o estabelecimento do equivalente quantitativo de energia para o acúmulo de lactato sanguíneo

pós-exercício, que poderia ser utilizado para quantificar a energia provida pela fonte anaeróbia láctica durante exercícios de corrida ou natação (entre 2,7 e 3,3 $\text{ml VO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mM}$). DI PRAMPRERO⁷ claramente afirma que esse equivalente não representa o equivalente energético da formação de lactato. Ao contrário, o equivalente representa a quantidade de energia que pode ser atribuída ao metabolismo láctico quando a taxa de formação de lactato supera em muito sua taxa de remoção⁷⁻⁸. Uma vez que os estudos de Margaria utilizaram apenas modelos lineares, ao estimar o gasto energético entre sujeitos o equivalente custo energético anaeróbia aumentaria com o trabalho à mesma taxa que aumentaria o consumo de oxigênio, sugerindo um aumento linear e desproporcional do custo energético em relação à intensidade do esforço. Entretanto, é também aparente que acréscimos intra-sujeito em intensidades pesadas a severas - tais como durante um teste incremental até

a exaustão - levam a um aumento no custo energético total (aeróbio + anaeróbio) que não é proporcional ao aumento no trabalho⁹.

É bem estabelecido que a corrida com inclinação tem uma demanda energética acrescida¹⁰ possivelmente em razão de uma piora na economia de corrida¹¹ e impõe um padrão mecânico diferente¹² em relação à corrida horizontal. Os estudos originais de MARGARIA et al.^{4,5} envolveram ambas as condições de corrida, com ou sem inclinação na esteira motorizada. Além disso, em seu artigo de revisão sobre o assunto, DI PRAMPERO⁷ também menciona as duas condições de corrida e fornece possíveis explicações para as diferenças na eficiência mecânica entre a corrida sem inclinação e com inclinação.

Método

Participantes

Treze sujeitos do sexo masculino voluntariaram-se ao estudo após liberação médica e deram seu consentimento informado para participar do presente estudo. A média ($\pm s$) de idade, estatura, massa corporal e consumo máximo de oxigênio dos participantes foi, respectivamente: $28,1 \pm 4,2$ anos, $1,75 \pm 0,07$ m, $65,2 \pm 4,9$ kg, e $70,3 \pm 4,9$ ml·kg⁻¹·min⁻¹. Todos os participantes eram aparentemente saudáveis e já estavam envolvidos em programas sistematizados de treinamento de endurance (de seis a nove sessões semanais de treino de corrida). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição e o termo de consentimento foi assinado por cada participante do estudo. Durante a semana que antecedeu o experimento, os participantes não realizaram treinos de alta intensidade e limitaram seus treinos a uma única sessão de corrida de baixa intensidade por dia. Além disso, eles foram instruídos a não utilizar nenhum suplemento ergogênico e a relatar qualquer medicamento que estivessem utilizando.

Procedimentos experimentais e medidas

Todos os exercícios foram conduzidos no laboratório pela manhã (9:00-12:00 h) em ambiente de temperatura (20-23 °C) e umidade (35-45%) controladas. Os voluntários completaram um teste de corrida em esteira sem inclinação e a 10,5% de inclinação em uma esteira motorizada Master ATL (Inbrasport, Porto Alegre, Brazil). O tempo de intervalo entre os dois testes foi de 96 horas. Durante o período de teste,

Uma vez que se espera que o acúmulo de [La⁻] seja maior com o exercício realizado em inclinação do que com o exercício sem inclinação, pode-se esperar maior influência da [La⁻] como parte do custo energético global durante a corrida em altas inclinações. Até o momento, nenhuma investigação analisou os efeitos diferenciais da inclusão do equivalente energético da [La⁻] nas regressões de estimativa VO₂-intensidade durante a corrida em esteira motorizada em diferentes inclinações. Assim, o propósito do presente estudo foi investigar a influência da adição do equivalente energético da [La⁻] às medidas de VO₂- durante a corrida em diferentes inclinações (0% e 10,5%).

os participantes limitaram seus programas de treino a sessões de corrida de 20 min em baixa intensidade. A ordem dos testes foi contrabalaneada, de forma que seis indivíduos começaram realizando a corrida sem inclinação e os outros seis indivíduos começaram realizando a corrida a 10,5% de inclinação. Cada teste incluiu séries de 6 min em velocidade constante, seis séries de 6 min para corrida sem inclinação; cinco séries de 6 min para corrida com inclinação. A velocidade inicial foi de 3 m·s⁻¹ para corrida sem inclinação e 2 m·s⁻¹ para corrida com inclinação. Os aumentos de velocidade em cada série subsequente foram de 0,5 m·s⁻¹ para corrida sem inclinação e 0,3 m·s⁻¹ para corrida com inclinação. A velocidade inicial da corrida para cada indivíduo, assim como os aumentos de velocidade, foram baseados em pré-testes de laboratório realizados em quatro indivíduos selecionados de forma aleatória. Os pré-testes ocorreram duas semanas antes do início das sessões experimentais. A recuperação entre as séries foi individual e baseada nas medidas de VO₂. Os participantes começaram cada série quando seus VO₂ apresentaram dois valores médios de 20 s consecutivos dentro de 2 ml·kg⁻¹·min⁻¹ do valor individual de VO₂ de repouso¹³.

Durante todos os testes, os gases expirados foram coletados e analisados com o analisador K4b2 (Cosmed, Roma, Itália). Os dados coletados, incluindo o VO₂ foi convertido em médias de cada intervalo de 20 s. Antes de cada teste, a calibração do equipamento com ar referência foi realizada utilizando uma amostra de gás composta por 16% de concentração de O₂ e 5% de concentração de CO₂. O medidor de fluxo foi calibrado antes de cada teste por meio de uma seringa de 3000

ml. Tanto para a corrida sem inclinação como para a corrida com inclinação, o consumo de oxigênio atingiu um estado estável que não diferiu em mais do que 2 ml·kg⁻¹·min⁻¹ ao final de cada corrida de 6 min. Antes (medida de repouso) e imediatamente após o término de cada série, amostras de sangue capilar foram coletadas para determinar a [La⁻] com o auxílio do analisador YSI 1500 Sport (YSI Inc., Yellow Springs, USA). Antes dos testes, o analisador de lactato foi calibrado com diferentes soluções-padrão de concentrações de lactato conhecidas YSI 1530 (2, 4, 8 e 10 mM).

A regressão VO₂-velocidade foi feita para cada indivíduo utilizando os valores de VO₂ de estado estável obtidos durante o último minuto de cada série de exercício, para ambos os testes. Uma medida individual de VO₂ de repouso (VO₂ velocidade zero) foi também incluída na regressão, isto é, o método padrão¹⁴. As medidas de consumo de oxigênio das séries que duraram menos do que 6 min não foram incluídas na regressão.

O custo energético da corrida (CR) foi determinado pela inclinação da linha de ajuste da regressão VO₂-velocidade. Para cada indivíduo, um modelo

alternativo de regressão foi estabelecido, no qual o equivalente energético de 3 ml O₂ Eq·kg⁻¹·mM [La⁻] foi adicionado aos valores médios de VO₂ (método alternativo). Esse último cálculo utilizou o saldo da [La⁻] ([La⁻] pós-exercício menos [La⁻] de repouso).

Análises estatísticas

Os dados foram analisados com o software SPSS 17.0 (SPSS Science, Chicago, USA). Análise de regressão linear foi utilizada em todos os dados, quando apropriado. A dispersão à volta da linha de regressão foi usada como medida do ajuste das linhas de regressão. Foram realizadas ANOVA 2 para medidas repetidas (com ou sem a inclusão do equivalente de O₂ da [La⁻] x 2 (corrida sem inclinação x corrida com 10,5% de inclinação) para cada parâmetro da regressão: declive, ordenada na origem, dispersão sobre a linha de regressão) e C_R. Valores de eta-quadrado parcial (η_p^2) foram utilizados como medidas do tamanho do efeito, com valores acima de 0,01, 0,06 e 0,14 representando efeitos pequenos, médio e grandes, respectivamente¹⁵.

Resultados

A média da [La⁻] de repouso foi \approx 1,7 mM·L⁻¹. A média da [La⁻] nos primeiros quatro estágios na corrida sem inclinação e nos três primeiros estágios da corrida com inclinação foram de até 4 mM·L⁻¹ e a contribuição anaeróbia nessas séries foi menor do que 1 ml O₂·kg⁻¹ na maioria dos casos. Nas últimas duas séries em ambas as condições de inclinação, [La⁻] foi maior (entre 5 e 9 mM) e a contribuição anaeróbia láctica variou entre 1,5 e 4 ml O₂·kg⁻¹ (ver TABELAS 1 e 2).

A FIGURA 1 apresenta as várias regressões obtidas quando foram utilizados os dados médios dos procedimentos padrão e alternativo em ambos os testes (corrida sem e com inclinação).

Os resultados descritivos da média dos parâmetros extraídos da regressão (declive, ordenada na origem e dispersão), assim como C_R estão apresentados na TABELA 3.

TABELA 1 - Média (\pm *sd*) do consumo de oxigênio (VO₂), lactato sanguíneo ([La⁻]) e equivalente energético de O₂ devido ao saldo de lactato (VO₂LA) nas várias velocidades no teste de corrida sem inclinação.

Velocidade (m·s ⁻¹)	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	[La ⁻] (mM·L ⁻¹)	VO ₂ LA (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
3,0	38,16 \pm 3,62	2,55 \pm 0,49	0,43
3,5	42,31 \pm 3,41	2,67 \pm 0,57	0,49
4,0	46,63 \pm 5,53	2,98 \pm 0,69	0,64
4,5	53,09 \pm 5,81	3,89 \pm 1,24	1,10
5,0	57,94 \pm 6,21	5,71 \pm 1,73	2,01
5,5	65,79 \pm 6,34	8,78 \pm 1,79	3,54

TABELA 2 - Média (\pm sd) do consumo de oxigênio (VO_2), lactato sanguíneo ($[La^-]$) e equivalente energético de O_2 devido ao saldo de lactato (VO_2LA) nas várias velocidades no teste de corrida com inclinação de 10,5%.

Velocidade ($m \cdot s^{-1}$)	VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	$[La^-]$ ($mM \cdot L^{-1}$)	VO_2LA ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)
2,0	44,80 \pm 4,56	3,06 \pm 0,80	0,83
2,3	50,02 \pm 4,57	3,41 \pm 1,26	0,86
2,6	53,96 \pm 3,82	4,07 \pm 1,48	1,19
2,9	59,15 \pm 5,05	5,40 \pm 2,05	1,85
3,2	64,53 \pm 5,53	7,89 \pm 2,93	3,10

LVO2: regressão padrão para corrida sem inclinação;
 LVO2+BL: regressão alternativa para corrida sem inclinação;
 GVO2: regressão padrão para corrida com 10,5% de inclinação;
 GVO2+BL: regressão alternativa para corrida com 10,5% de inclinação.

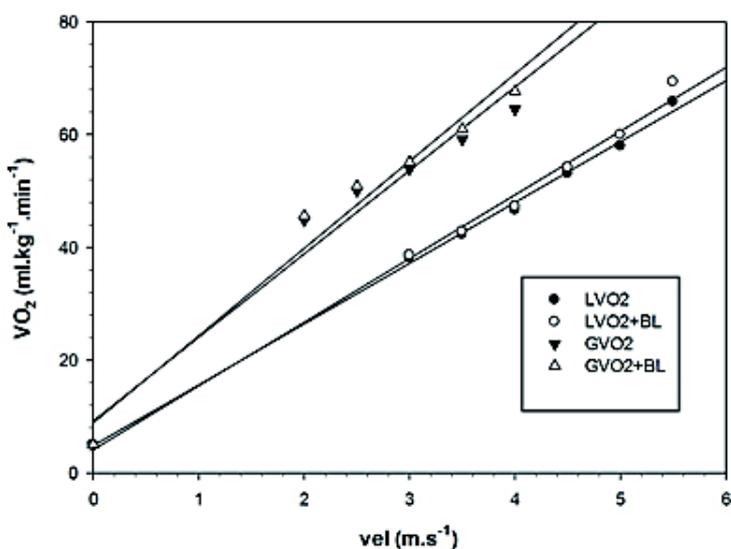


FIGURA 1 - Linhas de regressão computadas para corrida em diferentes inclinações e com diferentes métodos de cálculos.

TABELA 3 - Média (\pm sd) e efeitos principais no declive, ordenada na origem, dispersão e C_R em diferentes graus de inclinação com ou sem o equivalente energético do lactato sanguíneo ($[La^-]$).

	Com $[La^-]$ Eq (Média \pm sd)	Sem $[La^-]$ Eq (Média \pm sd)	F	p
Corrida sem inclinação				
Declive	10,95 \pm 0,69	11,76 \pm 0,83	15,42	0,002
Ordenada na origem	4,08 \pm 0,80	3,76 \pm 1,00	1,05	0,327
Dispersão	1,62 \pm 0,83	2,58 \pm 1,09	5,98	0,031
C_R ($ml \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$)	0,18 \pm 0,12	0,20 \pm 0,01	15,29	0,002
Corrida com 10,5% de inclinação				
Declive	18,23 \pm 0,57	19,54 \pm 2,31	4,93	0,046
Ordenada na origem	5,41 \pm 1,38	5,00 \pm 1,04	0,75	0,404
Dispersão	1,51 \pm 0,73	2,16 \pm 0,95	3,18	0,100
C_R ($ml \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$)	0,30 \pm 0,01	0,33 \pm 0,04	4,59	0,053

Nenhuma interação significativa ($p > 0,05$) entre a inclusão do equivalente de O_2 da $[La^-]$ e a corrida com inclinação foi observada na ANOVA de medidas repetidas. Para avaliar o efeito da inclusão da $[La^-]$ nas estimativas por regressão e C_R , foram efetuadas ANOVAs entre-sujeitos separadas para os dados de corrida sem inclinação e com 10,5% de inclinação. Para a corrida sem inclinação, os resultados indicaram um efeito significativo no declive da reta ($F_{1,12} = 15,42$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,56$), da dispersão ($F_{1,12} = 5,98$, $p = 0,031$, $\eta_p^2 = 0,33$) e no C_R ($F_{1,12} = 15,29$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,56$), mas

não na estimativa da ordenada na origem ($F_{1,12} = 1,05$, $p = 0,327$, $\eta_p^2 = 0,08$). Em relação à corrida com 10,5% de inclinação, a mesma tendência de aumento foi encontrada no declive da reta e no C_R , porém, com menores tamanhos de efeito do que as encontradas para corrida sem inclinação, a saber: declive ($F_{1,12} = 4,93$, $p = 0,046$, $\eta_p^2 = 0,29$) e C_R ($F_{1,12} = 4,59$, $p = 0,053$, $\eta_p^2 = 0,28$). Um efeito não-significante foi encontrado na dispersão ($F_{1,12} = 3,18$, $p = 0,100$, $\eta_p^2 = 0,20$) e na estimativa da ordenada na origem ($F_{1,12} = 0,75$, $p = 0,404$, $\eta_p^2 = 0,06$) na corrida com inclinação.

Discussão

O presente estudo investigou se a inclusão de medidas de $[La^-]$ na corrida com inclinação vs. sem inclinação afeta de forma significativa e da mesma maneira as estimativas da regressão entre VO_2 e intensidade. Para ambas as condições de corrida, um discreto, porém significativo, aumento no declive da regressão foi encontrado (FIGURA 1, TABELA 3). Uma vez que seria de esperar que o acúmulo de $[La^-]$ aumentasse mais durante a corrida com inclinação, levantamos a hipótese de que o equivalente energético da $[La^-]$, quando adicionado às medidas de VO_2 durante a corrida, poderia influenciar mais a corrida em inclinação de 10,5% do que a corrida sem inclinação. Tem sido demonstrado que a corrida com inclinação demanda mais energia¹⁰, possivelmente em função de uma menor economia de corrida¹¹. A corrida com inclinação impõe um padrão mecânico diferente¹² em relação à corrida sem inclinação, e a primeira depende mais da ação concêntrica dos músculos. Com base nisso, um acúmulo de lactato mais pronunciado seria esperado durante a corrida em maiores inclinações.

De fato, nossos dados com indivíduos altamente treinados indicam uma tendência oposta, isto é, a regressão VO_2 -intensidade pareceu ser mais afetada com a inclusão de medidas de $[La^-]$ na condição sem inclinação. A despeito do maior custo energético da corrida com a inclusão das medidas de $[La^-]$ em ambas as condições, o erro da estimativa aumentou apenas no caso da corrida sem inclinação. Para a corrida com 10,5% de inclinação, o erro da regressão diminuiu (ainda que não significativamente) quando as medidas de $[La^-]$ foram incluídas nos cálculos.

É interessante o fato das estimativas no presente estudo terem sido menos afetadas pela inclusão das medidas de $[La^-]$ na corrida com 10,5% de inclinação.

Na nossa opinião, o fato dos indivíduos serem altamente treinados e frequentemente praticarem corrida com inclinação, tanto em treino como em competições, pode ajudar a explicar esses resultados. PRINGLE et al.² haviam previamente observado, em indivíduos não-treinados, que o componente lento do VO_2 foi maior na corrida com inclinação quando comparado ao da corrida sem inclinação. No entanto, REIS et al.³ confirmaram que, para indivíduos treinados em endurance, o componente lento não é muito afetado pelo fator inclinação durante a corrida. No presente estudo, o componente lento (quantificado pela diferença entre o VO_2 final e o VO_2 no 3º minuto de exercício) foi abaixo de $200 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ em cada estágio (média da amostra). Entretanto, na última série da corrida sem inclinação houve dois indivíduos que apresentaram valores acima de $300 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Logo, pode ter havido uma subestimativa do custo energético sem a adição de BL durante a corrida sem inclinação. Contudo, possíveis desvios da linearidade ocasionados pelo componente lento podem ser os mesmos para cada par de regressões (com e sem BL).

A questão da inclinação da esteira pode afetar de forma diferente indivíduos não treinados em comparação a corredores altamente treinados. Se essa linha de raciocínio estiver correta, os resultados do presente estudo podem não ser aplicados a indivíduos com características diferentes, tais como sujeitos menos treinados ou não-treinados. De forma similar, o próprio desenho deste estudo é limitado quando se considera que o custo energético total é produto tanto dos sistemas aeróbios e anaeróbios, o que pode diferir a uma dada taxa de trabalho/potência produzida¹⁶: a linhas de regressão entre as condições sem e com inclinação não são paralelas (FIGURA 1). Na verdade, em termos

relativos, o acúmulo de $[La^-]$ ao longo dos protocolos de teste (ver TABELAS 1 e 2) não parece ser muito afetado pela inclinação da esteira, embora ambos os declives e C_R aumentem com diferenças crescentes entre as condições com e sem inclinação (TABELA 3).

Pode-se concluir que a inclusão do equivalente da $[La^-]$ na regressão VO_2 -intensidade em corredores altamente treinados influencia de forma discreta, porém significativa, as médias dos parâmetros associados ao gasto energético (declive e C_R) na corrida com inclinação de 10,5%, embora a uma menor magnitude quando comparada à corrida sem inclinação. Essa evidência demonstra que os testes incrementais com inclinação em atletas treinados são formas úteis e factíveis de avaliação cardiorrespiratória, e a possível inclusão de medidas de $[La^-]$ nas regressões para relacionar VO_2 e intensidade

em corrida submáxima podem ser consideradas ao se testar indivíduos com essas características. Ainda assim, esta recomendação pode não ser aplicável a indivíduos sedentários ou menos treinados, sendo que mais estudos são necessários para confirmar ou refutar esses achados.

São limitações deste estudo a homogeneidade dos indivíduos recrutados para compor a amostra e as potenciais diferenças nas respostas e interações entre os sistemas anaeróbios e aeróbios entre os dois protocolos de corrida. Portanto, recomendamos testar indivíduos com diferentes níveis de treinamento e nível de aptidão física aeróbia, tanto em corrida sem inclinação como em corrida com inclinação. Além disso, recomendamos que diferentes graus de inclinação sejam usados a fim de fornecer um conhecimento mais amplo e completo sobre o assunto.

Abstract

Inclusion of blood lactate O_2 equivalent in the VO_2 -intensity regression at level and 10.5% grade running

This study aimed to analyze the influence of adding blood lactate ($[La^-]$) energy equivalent (Eq) to the VO_2 measurements during running exercise at different grades (0% and 10.5%) in order to estimate energy cost of running. Thirteen male highly-trained middle- and long-distance runners (age 28.1 ± 4.2 years; stature 1.75 ± 0.07 m; body mass 65.2 ± 4.9 kg; and maximal oxygen uptake 70.3 ± 4.9 ml·kg⁻¹·min⁻¹) volunteered after medical approval and performed two treadmill tests (0% and 10.5% grade) which included several bouts at a constant speed. Individual VO_2 -speed regressions were determined for each subject and alternative regressions were established by adding an energy equivalent of 3 ml O_2 Eq·kg⁻¹·mM $[La^-]$ to the mean VO_2 values. No significant interaction between $[La^-]$ O_2 equivalent inclusion and grade running was found. Results of within-subjects ANOVAs indicated a significant effect of $[La^-]$ inclusion in the regression slope and in the estimated energy cost of running at both level and grade running. However, the obtained effect sizes suggest that this effect is considerably higher at level compared with grade running. These findings indicate that the inclusion of $[La^-]$ measurements in VO_2 -intensity regression estimates at sub maximal running should be considered when testing highly trained runners on the treadmill.

KEY WORDS: Horizontal vs. inclined running; Energy cost; Error of estimate.

Referências

1. Olesen HL, Raabo E, Bangsbo J, Secher NH. Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994;69:140-6.
2. Pringle JS, Carter H, Doust JH, Jones AM. Oxygen uptake kinetics during horizontal and uphill treadmill running in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:163-9.
3. Reis VM, Guidetti L, Duarte JA et al. Slow component of VO_2 during level and uphill treadmill running: Relationship to aerobic fitness in endurance runners. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007;47:135-40.
4. Margaria R, Cerretelli P, Aghemo P, Sassi G. Energy cost of running. *J Appl Physiol.* 1963;18:367-70.

5. Margaria R, Cerretelli P, Di Prampero PE, Massari C, Torelli G. Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. *J Appl Physiol.* 1963;18:371-7.
6. Cerretelli P, Di Prampero PE, Piiper J. Energy balance of anaerobic work in the dog gastrocnemius muscle. *Am J Physiol.* 1969;217:581-5.
7. Di Prampero PE. Energetics of muscular exercise. *Rev Physiol Biochem Pharmacol.* 1981;89:143-222.
8. Di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respir Physiol.* 1999;118:103-15.
9. Bertuzzi R, Nascimento EM, Urso RP, Damasceno M, Lima-Silva AE. Energy system contributions during incremental exercise test. *J Sports Sci Med.* 2013;12:454-60.
10. Olesen HL. Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. *J Appl Physiol.* 1992;73:1130-4.
11. Aura O, Komi PV. Mechanical efficiency of pure positive and pure negative work with special reference to the work intensity. *Int J Sports Med.* 1986;7:44-9.
12. Swanson SC, Caldwell GE. An integrated biomechanical analysis of high speed incline and level treadmill running. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1146-55
13. Reis VM, Marinho DA, Policarpo FB, Carneiro AL, Baldari C, Silva AJ. Examining the accumulated oxygen deficit method in front crawl swimming. *Int J Sports Med.* 2010;31:421-7.
14. Reis VM, Duarte JA, Espírito-Santo J, Russell AP. Determination of accumulated oxygen deficit during a 400 m run. *J Exerc Physiol.* 2004;7:77-83.
15. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum; 1988.
16. Scott CB. Re-interpreting anaerobic metabolism: an argument for the application of both anaerobic glycolysis and excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) as independent sources of energy expenditure. *Eur J Appl Physiol.* 1998;77:200-5.

ENDEREÇO

Victor Machado Reis
Universidade de Trás-os-Montes & Alto Douro
Quinta de Prados, 5001-801
Vila Real - PORTUGAL
e-mail: victormachadoreis@gmail.com

Recebido para publicação: 05/01/2014
Revisado: 25/04/2015
Aceito: 27/04/2015