

Estimativa dos limiares ventilatórios através da velocidade máxima em teste incremental

Adriano Eduardo Lima Silva
Fernando Roberto de Oliveira

Laboratório de Pesquisa Morfo-Funcional - CEFID da Universidade do Estado de Santa Catarina

Resumo: O objetivo desse estudo foi propor uma equação para estimativa da velocidade dos limiares ventilatórios (V_{LV1} e V_{LV2}) combinando pico de velocidade em esteira rolante (PV); frequência cardíaca a 8 km.h⁻¹ e velocidade interpolada de 150 e 170 bpm. Vinte indivíduos do grupo de validação (GV) e treze do grupo de validação cruzada (GVC) foram submetidos a um teste incremental com aumentos de 1 km.h⁻¹. min⁻¹ até a exaustão. A análise de regressão múltipla (*stepwise*) foi utilizada na elaboração das equações. As equações geradas foram: [V_{LV1} (km.h⁻¹) = -0,78 + 0,67 • PV; r = 0,75; EPE = 0,98 (12,2%)] e [V_{LV2} (km.h⁻¹) = 2,51 + 0,61 • PV; r = 0,87; EPE = 0,55 (5,1%)]. A velocidade predita no GVC foi significativamente menor do que a medida apenas para V_{LV1} . As variáveis submáximas não entraram nas equações. Esses resultados sugerem que apenas V_{LV2} pode ser satisfatoriamente estimada, quando utilizado uma variável máxima como preditora.

Palavras-chave: pico de velocidade, predição de limiares ventilatórios, análise de regressão linear múltipla.

Estimative of ventilatory thresholds through maximal velocity in incremental test

Abstract: The purpose of this study—using a combination of peak velocity (PV), heart rate at 8 km.h⁻¹ (HR₈), as well as interpolated velocity of 150 and 170 bpm—was to estimate how ventilatory thresholds (V_{VL1} and V_{VL2}) evolve during treadmill running. Twenty subjects for the validation group (GV) and thirteen subjects for the cross-validation group (CVG) were submitted to a test with increments of 1 km.h⁻¹. min⁻¹ of exertion until exhausted. Multiple regression analysis (*stepwise*) was used to generate the following equations: [V_{VL1} (km.h⁻¹) = -0.78 + 0.67 • PV; r = 0.75; SEE = 0.98 (12.2%)] and [V_{VL2} (km.h⁻¹) = 2.51 + 0.61 • PV; r = 0.87; SEE = 0.55 (5.1%)]. The predicted velocity for CVG was significantly lower for the V_{VL1} only. The sub maximal variables were not computed in the equations. The results suggest that, when the maximum variable is used as an independent variable, only V_{LV2} can be satisfactorily predicted.

Key Words: Velocity peak, prediction of ventilatory thresholds, linear multiple regression analysis.

Introdução

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) tem sido descrito como um dos principais parâmetros fisiológicos associados ao desempenho em provas de longa duração (HOWLEY et al., 1995; BASSET; HOWLEY, 1997). Entretanto, muitos autores têm demonstrado que existem outras variáveis mais sensíveis ao treinamento e com maior poder discriminatório em grupos homogêneos de atletas (MORGAN et al., 1989; NOAKES et al., 1990; COETZER et al., 1993). Nesse sentido, a concentração de lactato sanguíneo em intensidade submáxima vem sendo amplamente utilizada para controle e prescrição de treinamento, devido a sua maior

associação com a performance, em relação ao VO_{2max} (FARREL et al., 1979; SJÖDIN; JACOBS, 1981; OLIVEIRA et al., 1994c).

A capacidade para realizar exercícios submáximos tem sido identificada através das concentrações de lactato sanguíneo ou análise de trocas gasosas durante teste incremental, delineando duas zonas de transição metabólica. Existem diversos termos para descrever esses pontos de transição, dependendo do método e da técnica utilizada para identificação. Em geral, em teste progressivo, na intensidade a partir da qual o lactato sanguíneo aumenta sistematicamente acima dos níveis de repouso tem-se utilizado a nomenclatura limiar de lactato (LL) (TANAKA et al., 1985; DE-

OLIVEIRA, 2004). Na literatura, pode-se encontrar as nomenclaturas limiar aeróbio (AeT), (KINDERMANN et al., 1979) e limiar anaeróbio (AnT) (WASSERMAN et al., 1973) para expressar este fenômeno.

A partir desta intensidade, o aumento da carga de exercício leva a um segundo ponto, caracterizado por uma concentração de lactato sanguíneo próxima a 4 mmol l^{-1} ou um aumento desproporcional na ventilação em relação à produção de dióxido de carbono. Esta intensidade tem sido utilizada como referência do máximo estado estável de lactato sanguíneo (RIBEIRO et al., 1985). A fim de evitar problemas de nomenclatura, no presente estudo esses dois pontos de transição metabólica serão denominados primeiro (V_{LV1}) e segundo (V_{LV2}) limiar ventilatório, porque serão obtidos a partir da análise de trocas gasosas (WALSH; BANISTER, 1988; LOAT; RHODES, 1993).

Contudo, o processo de mensuração de limiares requer técnicas complexas, equipamentos laboratoriais de alto custo e pessoas especializadas para seu manuseio. Metodologias alternativas de fácil aplicação foram propostas na literatura para sua estimativa. Tanaka et al. (1985) elaboraram modelos de regressão linear para prever o consumo de oxigênio no LL. Embora os autores tenham encontrado uma alta correlação entre os valores medidos e estimados, a aplicação da equação em grande escala torna-se limitada, visto que, a principal variável preditora do modelo, o VO_{2max} , é de difícil obtenção. Palka e Rogozinski (1986) desenvolveram uma equação de regressão para estimativa do primeiro limiar ventilatório, utilizando como variável preditora a carga de trabalho correspondente à frequência cardíaca de 170 batimentos por minuto (PWC_{170}). Apesar de mais aplicável que a equação proposta por Tanaka et al. (1985), os autores não testaram o modelo preditivo em um grupo de validação cruzada, além de expressar o limiar em unidade de consumo de oxigênio, o que torna inviável para prescrição de treinamento.

Em virtude das dificuldades descritas acima, OLIVEIRA et al. (1994a) propuseram equações para estimativa da velocidade de concentração de $3,5 \text{ mmol l}^{-1}$ de lactato sanguíneo, utilizando a frequência cardíaca medida em 12 km.h^{-1} e a velocidade correspondente a 170 batimentos por minuto. Um estudo similar conduzido pelo mesmo grupo demonstrou ser possível estimar o limiar de $3,5 \text{ mmol l}^{-1}$ utilizando o pico de velocidade atingido em esteira rolante (OLIVEIRA et al., 1994b). Entretanto, a maior parte dos trabalhos que propuseram modelos preditivos para estimativa dos limiares metabólicos foi conduzida com atletas (OLIVEIRA et al., 1994a; 1994b; 1995; DE-OLIVEIRA et

al., 1999; CHICHARRO et al., 1999; DE-OLIVEIRA, 2004), necessitando de modelos destinados a pessoas fisicamente ativas, sem objetivos competitivos. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi propor uma equação de regressão para a estimativa da V_{LV1} e V_{LV2} em um grupo de pessoas fisicamente ativas, a partir da combinação das seguintes variáveis: a) Pico de velocidade em esteira rolante (PV), frequência cardíaca submáxima e velocidade interpolada de 150 batimentos por minuto (V_{150}), para estimativa da velocidade de V_{LV1} e; b) PV em esteira rolante, frequência cardíaca submáxima e velocidade interpolada de 170 batimentos por minuto (V_{170}) para estimativa da velocidade de V_{LV2} . A V_{150} para prever V_{LV1} foi utilizada porque alguns trabalhos apresentam valores de frequência cardíaca no primeiro limiar entre 140 e 160 batimentos por minuto (VAGO et al., 1987; JAMES et al., 1989; WESTON et al., 2002) sendo interessante utilizar esta velocidade para sua estimativa.

Metodologia

Amostra

Trinta e três homens fisicamente ativos ($28,8 \pm 4,0$ anos; $77,4 \pm 17,6$ kg; $175,6 \pm 6,6$ cm) foram selecionados para participar deste estudo. Os indivíduos foram divididos aleatoriamente em grupo de validação (GV=20) e grupo de validação cruzada (GVC=13). Antes de iniciar os testes foi aplicado um questionário contendo questões informativas sobre a saúde e o grau de envolvimento dos indivíduos com exercícios físicos. Todos os participantes do estudo eram pessoas fisicamente ativas, não atletas, praticantes de exercícios físicos predominantemente aeróbios, com frequência mínima de três vezes por semana. Todos participantes assinaram um termo de consentimento concordando em participar do experimento, previamente aprovado pelo Comitê de Ética para pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina. As características físicas e fisiológicas dos sujeitos do grupo GV e GVC são apresentadas na tabela 1.

Protocolo

Os avaliados foram submetidos a um teste progressivo em esteira rolante, com um período de quatro minutos de aquecimento a 5 km.h^{-1} ; e incrementos de 1 km.h^{-1} a cada minuto, até a exaustão (CAIOZZO et al., 1982; NOAKES et al., 1990; KARA et al., 1999). Os indivíduos foram incentivados a continuar o teste até o momento em que não eram mais capazes de suportar o esforço. Após o sinal de negativo expresso pelo indivíduo, a velocidade diminuía para 4 km.h^{-1} e iniciava o período de recuperação. Durante todo o teste, os indivíduos respiravam através de uma máscara (Hans

Motriz, Rio Claro, v.10, n.1, p.37-44, jan./abr. 2004

Rudolph INC series 7940, Kansas City, MO, USA) e os gases coletados eram enviados para um analisador de gases (Sensormedics Vmax series 29, Yorba Linda, Califórnia, USA). A calibração do volume foi realizada antes do início de cada teste, utilizando uma seringa contendo 3 litros de ar. A calibração dos gases foi realizada de forma automática pelo *software*, comparando as concentrações analisadas com as contidas em dois cilindros de gás (26% de O₂ com balanço de N₂; 4% de CO₂ e 16%O₂; White Martins Praxair INC, São Paulo, Brasil). Os dados foram coletados respiração a respiração e analisados após conversão para médias de vinte segundos.

O comportamento elétrico do coração foi monitorado durante todo o teste utilizando eletrocardiograma (Sensormedics CardioSys, Yorba Linda, Califórnia, USA). A frequência cardíaca foi registrada através de um cardio-frequencímetro (Polar Training Advisor™ SW, Polar Electro OY, Finlândia), devido a interferências no eletrocardiograma, causadas pelos movimentos dos membros superiores nas velocidades altas.

Análise dos dados

A V_{LV1} foi identificada no ponto a partir do qual, a relação VE/VO₂ aumentava continuamente, acompanhada por um aumento na fração expirada de oxigênio (FeO₂) (WASSERMAN et al., 1967; SKINNER; MCLELLAN, 1980; CAIOZZO et al., 1982; KARA et al., 1999). A V_{LV2} foi identificada no ponto a partir do qual, a relação VE/VCO₂ aumentava continuamente, acompanhada por uma queda na fração expirada de dióxido de carbono (FeCO₂) (SKINNER; MCLELLAN, 1980; PIRES et al., 2002).

O PV foi considerado a maior velocidade atingida e sustentada por um minuto, durante o teste progressivo (NOAKES et al., 1990). A velocidade de 8 km.h⁻¹ foi escolhida para representar uma intensidade submáxima (FC₈) porque grande parte dos indivíduos estava abaixo da V_{LV1} , sugerindo que nesta velocidade existia uma baixa produção de lactato sanguíneo. Em média, a velocidade de 8 km.h⁻¹ correspondia a 70% do PV. A V_{150} e V_{170} foram obtidas por interpolação linear a partir da relação frequência cardíaca-velocidade.

As variáveis PV, FC₈, V_{150} foram utilizadas para propor o de predição da V_{LV1} , no grupo GV. Três possíveis combinações foram escolhidas, com duas variáveis em cada, para elaboração das equações (PV e FC₈, PV e V_{150} ou FC₈ e V_{150}). As variáveis combinadas foram testadas através do método *stepwise*, onde, a segunda variável apenas foi incluída no modelo, quando aumentava significativamente o poder de

predição (DE-OLIVEIRA et al., 2004). O mesmo foi realizado para prever V_{LV2} , substituindo a V_{150} pela V_{170} . Após a criação dos modelos de estimativa, as equações geradas foram testadas no GVC, para verificar sua consistência. Posteriormente os grupos foram unidos para propor uma equação de regressão geral.

Análise estatística

As equações de regressão foram elaboradas a partir da análise de correlação múltipla (*stepwise*), conforme descrito acima, para prever V_{LV1} e V_{LV2} , no GV. Posteriormente, V_{LV1} e V_{LV2} medidos no GVC, foram comparados com os valores preditos pelas equações, utilizando teste *t* de Student para medidas pareadas. A correlação linear de Pearson foi utilizada para verificação das associações entre os valores medidos e preditos em GVC. A partir dessa correlação foi calculado o R², com o intuito de estimar a redução da validade da equação de predição (THOMAS; NELSON, 2002). Para todos os tratamentos foi adotado um nível de significância inferior a 5% (p<0,05).

Resultados

As variáveis fisiológicas identificadas no teste progressivo e as derivadas dos modelos preditivos estão descritas na tabela I.

Tabela 1. Características físicas e fisiológicas dos indivíduos do grupo de validação (GV) e grupo de validação cruzada (GVC). Os valores são expressos em média ± desvio padrão.

Variáveis	GV	GVC
Idade (anos)	28,9 ± 3,8	28,6 ± 4,4
Massa Corporal (kg)	80,6 ± 13,8	77,3 ± 10,5
Estatura (cm)	176,4 ± 6,8	174,6 ± 6,7
PV (km.h ⁻¹)	13,7 ± 1,6	13,6 ± 1,5
FC _{max} (bat.min ⁻¹)	186 ± 8	188 ± 10
VO _{2max} (ml.kg. ⁻¹ .min ⁻¹)	39,8 ± 6,4	38,6 ± 5,5
V_{LV1} (km.h ⁻¹)	8,4 ± 1,4	8,9 ± 1,3
FC _{LV1} (bat.min ⁻¹)	142 ± 20	149 ± 13
V_{150} (km.h ⁻¹)	9,0 ± 1,1	9,1 ± 1,0
V_{LV2} (km.h ⁻¹)	10,8 ± 1,1	11,0 ± 1,5
FC _{LV2} (bat.min ⁻¹)	169 ± 12	170 ± 12
V_{170} (km.h ⁻¹)	11,0 ± 1,1	11,2 ± 1,0
FC ₈ (bat.min ⁻¹)	139 ± 12	140 ± 13

PV, pico de velocidade; FC_{max}, frequência cardíaca máxima; VO_{2max}, consumo máximo de oxigênio; V_{150} e V_{170} , velocidade interpolada correspondente a 150 e 170 bat.min⁻¹, respectivamente; V_{LV1} e V_{LV2} , velocidade medida do primeiro e segundo limiar ventilatório, respectivamente; FC_{LV1} e FC_{LV2}, frequência cardíaca do primeiro e segundo limiar ventilatório, respectivamente; FC₈, frequência cardíaca na velocidade 8 km.h⁻¹.

A única variável que entrou no modelo final para predição foi o PV, tanto para V_{LV1} quanto para V_{LV2} , com correlações de 0,75 e 0,87; respectivamente. A FC₈ apresentou fraca

correlação com V_{LV1} ($r = -0,07$) e com V_{LV2} ($r = -0,10$). A mesma tendência foi observado para V_{150} e V_{170} ($r = 0,21$ e $0,31$ para prever V_{LV1} e V_{LV2} , respectivamente). A inclusão dessas variáveis não melhorou os modelos de predição, justificando a exclusão nas equações de regressão. As variáveis independentes excluídas (V_{150} , V_{170} e FC_8) não apresentaram colinearidade significativa com o PV, reforçando seu baixo poder preditivo em modelos de regressão linear.

As equações de regressão resultantes foram:

$$V_{LV1}(\text{predita}) (\text{km.h}^{-1}) = -0,78 + 0,67 \cdot PV (\text{km.h}^{-1})$$

$$R^2=0,56 \quad (1)$$

$$\text{EPE} = 0,98 (\text{km.h}^{-1}) (12,2\%)$$

$$V_{LV2}(\text{predita}) (\text{km.h}^{-1}) = 2,51 + 0,61 \cdot PV (\text{km.h}^{-1})$$

$$R^2=0,76 \quad (2)$$

$$\text{EPE} = 0,55 (\text{km.h}^{-1}) (5,1\%)$$

Na tabela 2 são apresentados os resultados dos valores de V_{LV1} e V_{LV2} medidos e preditos, correlação, R^2 e EPE no grupo de GVC. Para V_{LV2} houve uma pequena redução no R^2 em relação ao da equação original (0,76 vs 0,66). Para V_{LV1} ocorreu o inverso, com o R^2 sofrendo um pequeno aumento (0,56 vs 0,67).

Tabela 2. Valores do primeiro e segundo limiar ventilatório (V_{LV1} e V_{LV2}) preditos e medidos; correlação (r), R^2 e erro padrão de estimativa (EPE) no grupo de validação cruzada (GVC).

Variável	Média (km.h ⁻¹)	DP (km.h ⁻¹)	r	R ²	EPE (km.h ⁻¹ ; %)
V_{LV1} (km.h ⁻¹)	8,9	1,3	-	-	-
V_{LV1} (predito) (km.h ⁻¹)	8,3	1,0	0,82 ^a	0,67	0,75 (8,4%)
V_{LV2} (km.h ⁻¹)	11,0	1,5	-	-	-
V_{LV2} (predito) (km.h ⁻¹)	10,8	0,9	0,81 ^a	0,66	0,86 (7,8%)

^a correlação significativa ($p < 0,01$).

Na comparação entre os valores medidos e preditos, não foram encontradas diferenças significantes, exceto para V_{LV1} , onde a velocidade predita foi significativamente menor do que a velocidade medida. Para V_{LV2} , os resíduos tendem ser positivos com o aumento da velocidade predita, sendo a transição próxima ao valor médio da V_{LV2} . Para V_{LV1} , os resíduos distribuem-se de forma aleatória com valor central constante e ligeiramente acima de 0 (entre 0 e 1) (figura 1 e 2).

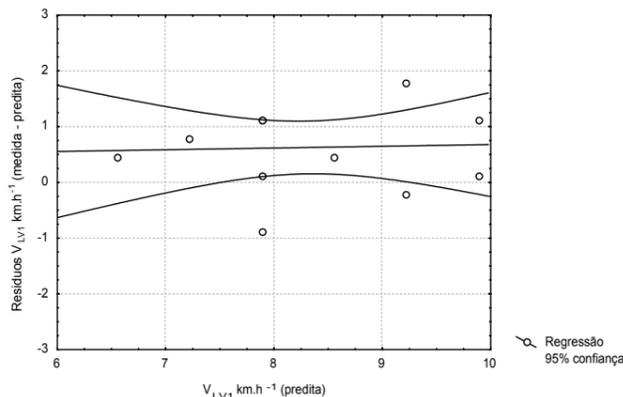


Figura 1. Resíduos entre os valores medidos e preditos de V_{LV1} pela equação 1 nos treze indivíduos do grupo de validação cruzada (GVC). Apenas dez pontos podem ser identificados devido à sobreposição de três valores ($p < 0,05$).

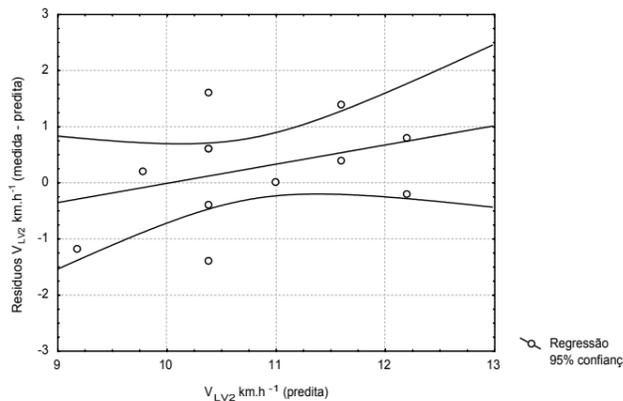


Figura 2. Resíduos entre os valores medidos e preditos de V_{LV2} pela equação 2 nos treze indivíduos do grupo de validação cruzada (GVC). Apenas onze pontos podem ser identificados devido à sobreposição de dois valores ($p > 0,05$).

Unindo os dois grupos ($n = 33$), PV apresentou correlação de 0,84 com V_{LV2} ($p < 0,01$). A equação de estimativa gerada para V_{LV2} foi:

$$V_{LV2} (\text{predita}) (\text{km.h}^{-1}) = 1,62 + 0,68 \cdot PV (\text{km.h}^{-1})$$

$$R^2=0,71 \quad (3)$$

$$\text{EPE} = 0,69 (\text{km.h}^{-1}) (6,3\%)$$

Discussão

WAHLUND (1948) relatou que a maior capacidade de trabalho físico, mantido em equilíbrio metabólico, poderia ser atingida com um limite máximo de 170 batimentos por minuto. OLIVEIRA et al. (1994a) utilizaram a V_{170} para estimativa da velocidade de concentração de $3,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ de lactato sanguíneo, apresentando correlações significantes ($r =$

Motriz, Rio Claro, v.10, n.1, p.37-44, jan./abr. 2004

0,84) e gerando uma equação com erro padrão de estimativa próximo a 9,7%. Neste mesmo estudo, os autores observaram que, a frequência cardíaca submáxima medida em 12 km.h⁻¹ poderia estimar satisfatoriamente a velocidade de 3,5 mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo. Em posterior estudo, DE-OLIVEIRA (2004) desenvolveu equações de regressão em um grupo de corredores de alto nível, utilizando o PV atingido no Université de Montréal Track Test (LÉGER; BOUCHER, 1980) e a frequência cardíaca medida a 15 km.h⁻¹ como variáveis preditoras, encontrando correlações múltiplas entre 0,90 e 0,94; dependendo do critério utilizado para identificação do limiar. A partir destes estudos, foram utilizadas na presente investigação as variáveis PV, FC₈ e V₁₇₀ para a estimativa da V_{LV2}. Entretanto, o modelo final para predição de V_{LV2} foi composto apenas pelo PV (equação 2). As demais variáveis não entraram no modelo, possivelmente, pela forte associação apresentada entre PV e V_{LV2} (r = 0,87), explicando aproximadamente 76% da variação da variável dependente.

Interessante observar que as médias da V_{LV2} e V₁₇₀ foram semelhantes em ambos os grupos (tabela 1), sugerindo assim, uma proximidade entre as duas variáveis. Dessa forma, as variáveis foram comparadas, utilizando o teste *t de Student*, com a amostra total (n = 33). A V₁₇₀ não apresentou diferenças significantes da V_{LV2} (p = 0,34), com correlação significativa de 0,45 (p < 0,01) e erro padrão de estimativa de 1,1 km.h⁻¹ (10%). O valor de correlação encontrado aproxima-se dos reportados por Oliveira et al (1995). Os autores observaram que, em um grupo homogêneo de triatletas, a utilização da V₁₇₀ para a estimativa da velocidade de concentração de 3,5 mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo levou a superestimação, demonstrando pouco poder discriminatório (r = 0,40). Esse comportamento parece característico em variáveis com resultados homogêneos (LIMA, 1997).

A V_{LV1} apresentou correlações significativas com o PV (r = 0,75; p < 0,01), porém, visivelmente abaixo da apresentada para V_{LV2} (r = 0,87; p < 0,01). As demais variáveis, FC₈ e V₁₅₀, testadas para a predição da V_{LV1}, não melhoravam significativamente o modelo final, sendo, portanto, desnecessária a inclusão dessas mesmas. As velocidades preditas pela equação no GVC foram inferiores as velocidades medidas, embora fortemente associadas (figura 1, tabela 2). A maior associação entre os valores medidos e preditos, com um subsequente maior valor de R², não era esperado. A comparação do R² da equação proposta com o gerado pela associação entre os valores preditos e medidos expressa o grau de redução, ou seja, o quanto a validade pode ser afetada pela utilização de uma amostra externa

(THOMAS; NELSON, 1996/2002). A expectativa era que ocorresse uma redução no poder de extrapolação, como na equação 2.

Aspectos inerentes ao grupo e à metodologia empregada no presente estudo dificultam, a luz do conhecimento atual, uma melhor explicação deste aumento de R². Provavelmente, o erro encontra-se na determinação das constantes da equação 1, mais especificamente no cálculo do intercepto que, diferente da equação 2, apresentou valor negativo (-0,78 vs 2,51). As inclinações das equações não diferiram (0,67 vs 0,61), sugerindo que o erro se deve basicamente, à diferença dos interceptos, não descartando, entretanto, a influência de outras variáveis não controladas no presente estudo.

A dificuldade na identificação da V_{LV1} por parte dos avaliadores podem ter interferido parcialmente no cálculo das constantes, gerando erros que enfraqueceram a associação entre as variáveis (POWERS et al., 1984). Dados de Pires et al. (2002) corroboram com essa hipótese. Nesse estudo, os autores observaram que, o número de sujeitos que apresentavam primeiro limiar ventilatório modificava consideravelmente, dependendo da variável utilizada como critério (VE, VE/VO₂, FeO₂ e QR); demonstrando conseqüentemente, a dificuldade na identificação visual dos limiares ventilatórios. Resultados semelhantes foram relatados anteriormente na literatura (CAIOZZO et al, 1982; BISCHOFF; DUFFIN, 1995). Yeh et al. (1983) e KARA et al. (1999) sugerem que a variabilidade entre os observadores pode prejudicar a precisão na identificação do limiar ventilatório, sendo necessário à utilização de métodos combinados (D_{MAX} e CUSUM) para diminuir a irregularidade das variáveis fisiológicas. Esses resultados encorajam a elaboração de posteriores trabalhos com um número maior de sujeitos e com metodologias diferentes para identificar V_{LV1}.

A hipótese de que, a V_{LV1} poderia ser estimada a partir da V₁₅₀ surgiu a partir de observações das médias de frequência cardíaca apresentada na literatura para esta variável. Vago et al. (1987) encontraram valores médios de frequência cardíaca de 137 batimentos por minuto (± 12), medido em bicicleta ergométrica. James et al. (1989) encontraram valores um pouco mais altos (151 ± 13 batimentos por minuto) e Weston et al. (2002) valores intermediários aos dois trabalhos citados acima (142 ± 19; 142 ± 17; 141 ± 16 batimentos por minuto); utilizando protocolos com incrementos de 10, 30 e 50 W por minuto, respectivamente. Porém, semelhante ao que ocorreu com V₁₇₀, a V₁₅₀ apresentou grande proximidade da V_{LV1}, sugerindo que, as duas variáveis poderiam representar pontos semelhantes. Comparando V₁₅₀ com V_{LV1} no grupo todo (n = 33), não foram encontradas diferenças significantes (p =

0,06), apesar de estarem próximas ao nível de significância (*border line*) e apresentarem baixa correlação ($r = 0,27$; $p > 0,05$) e alto EPE ($1,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; 16,2%).

Na presente investigação, os limiares ventilatórios foram expressos em velocidade, a fim de facilitar sua utilização na prescrição do treinamento. Entretanto, achados de Weston et al. (2002) demonstraram que a carga de trabalho do primeiro e segundo limiar ventilatório aumenta em protocolos com maior amplitude de incremento. Davis et al. (1982) encontraram resultados semelhantes, porém estudando apenas o primeiro limiar ventilatório. Com o intuito de amenizar esta interferência na estimativa da V_{LV2} , sugere-se a utilização da frequência cardíaca correspondente à velocidade predita pela equação, a qual parece não ser afetada pelo protocolo (WESTON et al., 2002). Por fim, as V_{LV1} foram encontradas em média a 80% da V_{LV2} , nos GV e GVC. Quando expresso em relação à V_{LV2} predita, o valor permaneceu próximo a 80%. Dessa forma, devido à dificuldade em estimar a V_{LV1} , pode-se utilizar 80% da velocidade predita de V_{LV2} , para controle de treinos contínuos extensivos ou recuperativos (OLIVEIRA et al., 1994c).

Conclusões

Dentro das limitações desse estudo, pode-se concluir que a V_{LV2} pode ser estimada satisfatoriamente a partir do PV. A V_{170} pode ser um indicativo da V_{LV2} e aparentemente ocorre em velocidades similares durante o teste progressivo, embora apresente baixas correlações em um grupo homogêneo. V_{LV1} não foi estimada satisfatoriamente, provavelmente, devido a maior dificuldade na sua identificação visual. Uma alternativa é utilizar a porcentagem de 80% da V_{LV2} para controle de treinos recuperativos e regenerativos.

A proposta apresentada no presente estudo possui algumas limitações que devem ser levadas em consideração: a) o baixo número de indivíduos nos grupos estudados; b) a necessidade de realizar um teste máximo; c) o erro padrão de estimativa das equações e; d) a identificação visual dos limiares ventilatórios.

Referências

BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29, n.5, p.591-603, 1997.

BISCHOFF, M. M.; DUFFIN, J. An aid to the determination of the ventilatory threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.71, n.1, p.65-70, 1995.

CAIOZZO, V. J.; DAVIS, J. A.; ELLIS, J. F.; AZUS, J. L.; VANDAGRIFF, R.; PRIETTO, C. A.; MCMASTER, W. C. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environment Exercise Physiology**, Bethesda, v.53, n.5, p.1184-1189, 1982.

CHICHARRO, J. L.; CARVAJAL, A.; PARDO, J.; PEREZ, M.; LUCIA, A. Physiological parameters determined at OBLA vs a fixed heart rate of 175 beats $\times \text{min}^{-1}$ in an incremental test performed by amateur and professional cyclists. **Japanese Journal of Physiology**, Tóquio, v.49, n.1, p.63-9, 1999.

COETZER, P.; NOAKES, T. D.; SANDERS, B.; LAMBERT, M. I.; BOSCH, A. N.; WIGGINS, T.; DENNIS, S.C. Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.4, n.4, p.1822-27, 1993.

DAVIS, J. A.; WHIPP, B. J.; LAMARRA, N.; HUNTSMAN, D. J.; FRANK, M. H.; WASSERMAN, K. Effect of ramp slope on determination of aerobic parameters from the ramp exercise test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.14, n.5, p.339-343, 1982.

DE-OLIVEIRA, F. R.; ARAÚJO, A. S.; KISS, M. A. P. D. M. Prediction of $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ from velocity of 170 bpm in track test. In: ANNUAL CONGRESS OF EUROPEAN COLLEGE OF SPORTS SCIENCE, 4, 1999. Roma, **Proceedings...** Roma: Rome University Institute of Motor Science, p.764.

_____. **Predicción de los umbrales de lactato y ajustes de frecuencia cardíaca em el test de Léger-Boucher**. 2004. 204f. Tese (Doutorado em Atividade Física e Esporte) - Universidade do País Basco, San Sebastian, 2004.

FARRELL, P. A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. L. Plasma Lactate accumulation and distance running performance. **Medicine Science Sports and Exercise**, Madison, v.11, n.4, p.338-44, 1979.

HOWLEY, E. T.; BASSETT JR, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.27, n.9, p.1292-1301, 1995.

JAMES, N. W.; ADAMS, G. M.; WILSON, A. F. Determination of anaerobic threshold by ventilatory frequency. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.10, n.3, p.192-96, 1989.

- KARA, M.; GÖKBEL, H.; BEDIZ, C. S. A combined method for estimating ventilatory threshold. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.39, n.1, p.16-19, 1999.
- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination for determination of workload intensity during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.42, n.1, p.25-34, 1979.
- LÉGER, L.; BOUCHER, R. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montreal Track Test. **Canadian Journal of Applied Sports Science**, Champaign, v.5, n.2, p.77-84, 1980.
- LIMA, J. R. P. **Frequência cardíaca em cargas crescentes de trabalho: Ajuste sigmóide, ponto de inflexão e limiar de variabilidade da frequência cardíaca**. 1997. 129f. Tese (Doutorado em Biodinâmica do Movimento) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LOAT, C. E.; RHODES, E. C. Relationship between the lactate and ventilatory threshold during prolonged exercise. **Sports Medicine**, Auckland, v.15, n.2, p.104-115, 1993.
- MORGAN, D. W.; BALDINI, F. D.; MARTIN, P. E.; KOHRT, W. M. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO_{2max} among well-trained male runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21, n.1, p.78-83, 1989.
- NOAKES, T. D., MYBURG, K. H., SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. **Journal of Sports Sciences**, London, v.8, n.1, p.35-45, 1990.
- OLIVEIRA, F. R.; MATSUSHIGUE, K. A.; GAGLIARDI, J. F. L.; VAZQUEZ, F. J.; KISS, M. A. P. D. M. Estimativa da velocidade de concentração de lactato de $3,5 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$ a partir de variáveis submáximas em esteira rolante. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.8, n.2, p.28-35, 1994a.
- _____. SILVA, A. S.; ARAÚJO, A. S.; GAGLIARDI, J. F. L.; VAZQUEZ, F. J.; KISS, M. A. P. D. M. Predição da velocidade de referência de [LA] de $3,5 \text{ mmol}$ a partir do pico de velocidade em esteira. **Jornal Informativo da Federação Internacional de Educação Física (FIEP- Brasil)**, Foz do Iguaçu, v.5, n.2, p.8, 1994b.
- _____. GAGLIARDI, J. F. L.; KISS, M. A. P. D. M. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.8, n.2, p.68-76, 1994c.
- _____. LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. A velocidade de frequência cardíaca de 170 bpm (V170) como preditora da velocidade de concentração de lactato de $3,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (V3,5) em triatletas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ATIVIDADE MOTORA ADAPTADA, 1.; SIMPÓSIO DE ATIVIDADE FÍSICA E ADAPTAÇÃO, 3., 1995, Campinas, São Paulo. **Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Atividade Motora Adaptada**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1995. p.24.
- PALKA, M. J.; ROGOZINSKY, A. Standards and predict values of anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.54, n.6, p.643-646, 1986.
- PIRES, F. O.; LIMA-SILVA, A. E.; LOTUFO, R. F.; OLIVEIRA, F. R. Limiares ventilatórios: diferenças e associações entre métodos de identificação. In: IV CONGRESSO SUL – BRASILEIRO DE MEDICINA DO ESPORTE, 4., 2002, Blumenau, Santa Catarina. **Anais do IV Congresso Sul – Brasileiro de Medicina do Esporte**. Blumenau: Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte, 2002. p.13.
- POWERS, S. K.; DODD, S.; GARNER, R. Precision of ventilatory and gas exchange alterations as a predictor of the anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.52, n.2, p.173-177, 1984.
- RIBEIRO, J. P.; FIELDING, R. A.; HUGHES, V.; BLACK, A.; BOCHESSE, M. A.; KNUTTGEN, H. G. Heart rate break point may coincide with the anaerobic threshold and not the aerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.4, p.220-24, 1985.
- SJÖDIN, B.; JACOBS, T. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.2, n.1, p.23-26, 1981.
- SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. M. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Research Quarterly Exercise and Sports**, Washington, v.51, n.1, p.234-248, 1980.
- TANAKA, K.; NAKAGAWA, T.; HAZAMA, T.; MATSUURA, Y.; ASANO, K.; ISEKI, T. A prediction equation for indirect assessment of anaerobic threshold in male distance runners. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.54, n.4, p.386-90, 1985.
- THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Tradução R.D.S. Petersen; F.S. Rodrigues; M.S. Dornelles; A.C. Larronda; M.A. Oliveira. Porto Alegre: Artmed, Trabalho original publicado em 1996.
- VAGO, P.; MERCIER, J.; RAMONATXO, M.; PREFALUT, CH. Is ventilatory anaerobic threshold a good index of endurance capacity? **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.8, n.3, p.190-195, 1987.

WALSH, M. L.; BANISTER, E. W. Possible mechanisms of the anaerobic threshold. A review. **Sports Medicine**, Auckland, v.5, n.3, p.269-302, 1988.

WAHLUND, H. Determination of physical capacity. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.215 (suppl), p.1-78, 1948.

WASSERMAN, K.; VAN KESSEL, A. L.; BURTON, G. G. Interaction of physiological mechanisms during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.22, n.1, p.71-85, 1967.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J.; KOYAL, S. N.; BEAVER, W. L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.35, n.2, p.236-43, 1973.

WESTON, S. B.; GRAY, A. B.; SCHNEIDER, D. A.; GASS, G. C. Effect of ramp slope on ventilation thresholds and VO_{2peak} in male cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.23, n.1, p.22-27, 2002.

YEH, M. P.; GARNER, R. M.; ADAMS, T. D.; YANOWITZ, F. G.; CRAPO, R. "Anaerobic Threshold": problems of determination and validation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.55, n.4, p.1178-1186, 1983.

Endereço:

Adriano Eduardo Lima Silva
Rua Humberto de Campos, 41 Vila Guarani
São Paulo SP
04311-080
Tel: (11) 5071.4735
e-mail: limasilvae@hotmail.com

Trabalho previamente apresentado no XXVI Simpósio Internacional de Ciências do Esporte.

Manuscrito recebido em 02 de fevereiro de 2004.

Manuscrito aceito em 10 de junho de 2004.