



## Artigo original

Flávio de Oliveira Pires<sup>1</sup>  
 Maria Augusta Peduti Dal' Molin Kiss<sup>1</sup>  
 Fernando Roberto de Oliveira<sup>2</sup>

# ESTIMATIVA DA VELOCIDADE DO LIMIAR DE LACTATO DE 3,5 MMOL.L<sup>-1</sup> A PARTIR DE VARIÁVEIS MÁXIMAS E SUBMÁXIMAS OBTIDAS EM TESTE INCREMENTAL EM ESTEIRA

ESTIMATE OF THE 3,5 MMOL.L<sup>-1</sup> LACTATE THRESHOLD BY MAXIMAL AND SUBMAXIMAL VARIABLES DURING TREADMILL INCREMENTAL TEST

### RESUMO

Em modelos preditivos, há uma ausência de estudos que tenham associado variáveis máximas e submáximas para a obtenção dos limiares de lactato. Desta maneira, o objetivo deste estudo foi verificar a possibilidade de estimativa do limiar de lactato, referente à concentração de lactato sanguíneo de 3,5 mmol.l<sup>-1</sup> (LL<sub>3,5</sub>), a partir de variáveis máximas e submáximas obtidas em protocolo progressivo, em esteira rolante. Como variáveis preditoras, foram utilizadas a frequência cardíaca (FC) referente à velocidade de 12 km.h<sup>-1</sup> (FC<sub>12</sub>), a FC de pico (FC<sub>PICO</sub>), a velocidade correspondente à FC de 170 bpm (VEL<sub>170</sub>) e a velocidade de pico (VEL<sub>PICO</sub>). Após executar protocolo progressivo, com velocidade inicial entre 6,0 e 10,8 km.h<sup>-1</sup>, e incrementos de 1,2 km.h<sup>-1</sup> a cada estágio de 3 minutos<sup>5</sup>, 46 atletas aeróbios foram divididos aleatoriamente em grupo de validação (n= 30) e grupo de validação cruzada (n= 16). A análise de regressão múltipla (*método Enter*) resultou na seguinte equação de predição (p< 0,05): LL<sub>3,5</sub> (km.h<sup>-1</sup>)= -3,650 + (1,042 x VEL<sub>PICO</sub>), com EPE de 1,2 km.h<sup>-1</sup> (7,7%) e R<sup>2</sup> de 0,74. Não houve diferenças significativas entre os valores de LL<sub>3,5</sub> medido e predito no grupo de validação (r= 0,86), e no grupo de validação cruzada (r= 0,79). A adição de FC<sub>12</sub>, VEL<sub>170</sub> ou FC<sub>PICO</sub> não melhorou significativamente a qualidade do modelo. A partir destes resultados, sugerimos que a VEL<sub>PICO</sub> pode estimar satisfatoriamente a velocidade do LL<sub>3,5</sub>, sem a necessidade da utilização da FC<sub>PICO</sub> ou de outras variáveis submáximas.

**Palavras-chave:** predição do limiar lactato, análise de regressão múltipla, modelo preditivo, velocidade de pico, protocolo progressivo.

### ABSTRACT

In predictive models, there is a lack of studies that have associated maximal and submaximal variables to attain lactate threshold (LT). Therefore, the purpose of this paper was to investigate the possibility for predicting 3.5 mmol.l<sup>-1</sup> LT velocity (V<sub>3,5</sub>) using maximal and submaximal variables. The heart rate (HR) corresponding to 12 km.h<sup>-1</sup> velocity (HR<sub>12</sub>), the peak heart rate (HR<sub>PEAK</sub>), the velocity corresponding to HR of 170 bpm (V<sub>170</sub>) and the peak velocity (V<sub>PEAK</sub>) were the independent variables used. Forty-six runners underwent to progressive test with initial velocity between 6 and 10.8 km.h<sup>-1</sup>, and increments of 1.2 km.h<sup>-1</sup> every three minutes. The subjects were randomly assigned to validation group (n= 30) or cross-validation group (n= 16). Multiple regression analysis (*Enter selection*) resulted in the following predictive equation (p< 0.05): V<sub>3,5</sub> (km.h<sup>-1</sup>)= -3.650 + (1.042 x V<sub>PEAK</sub>), with SEE= 1.2 km.h<sup>-1</sup> (7.7%) and R<sup>2</sup>= 0.74. There were no significant differences between measured and predicted V<sub>3,5</sub> values in validation group (r= 0.86) or in cross-validation group (r= 0.79). Entering the variables HR<sub>12</sub>, HR<sub>PEAK</sub> or V<sub>170</sub> did not increase model accuracy. From these results, it is suggested that the use of V<sub>PEAK</sub> accurately predict 3.5 mmol.l<sup>-1</sup> LT velocity.

**Key words:** hreshold prediction, multiple regression analysis, prediction model, peak velocity, progressive protocol.

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Laboratório de Desempenho Esportivo. EEFÉ/USP

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, Laboratório de Pesquisa Morfo-Funcional. CEFID/UEDESC

## INTRODUÇÃO

A literatura recente e antiga assume o limiar de lactato (LL) como a principal variável na detecção do nível de capacidade aeróbia e predição do rendimento esportivo<sup>1, 2</sup>. Esta intensidade, obtida freqüentemente durante testes progressivos, parece ser representativa do estado de equilíbrio dinâmico máximo (EDM) das concentrações sanguíneas de lactato ([La]) em exercícios constantes<sup>3, 4</sup>. Entre as várias metodologias disponíveis para a obtenção do LL, a sugerida no estudo de Heck et al. (1985)<sup>5</sup> pode ser considerada como uma das mais fundamentadas, suportada num modelo teórico consistente, pois entre outros resultados, a possibilidade de se identificar o EDM das [La] a partir de teste incremental foi testada e confirmada. Entretanto, a metodologia proposta por Heck et al.<sup>5</sup> prevê a utilização de medidas invasivas para coleta de sangue arterializado. Em última análise, sua aplicação se torna restrita pela necessidade de equipamentos sofisticados e pessoal especializado, nem sempre disponíveis na prática esportiva diária.

Alguns modelos propostos para a predição da carga referente ao LL ou ao limiar ventilatório (LV) utilizaram variáveis submáximas obtidas em esteira ou cicloergômetro<sup>6, 7, 8</sup>. Variáveis como a carga relativa à frequência cardíaca (FC) de 170 bpm e a FC correspondente à velocidade de 12 km.h<sup>-1</sup> (FC<sub>12</sub>) foram sugeridas como potenciais preditoras<sup>7</sup>, suportadas inicialmente no conceito de capacidade de trabalho físico estabelecido por Wahlund<sup>9</sup>, e nos dados de Duggan e Tebbut<sup>6</sup>, os quais utilizaram as [La] em 12 km.h<sup>-1</sup> para a estimativa da intensidade do LL. Contudo, variáveis máximas também apresentam associações com o desempenho em provas de longa duração<sup>10, 11</sup>. De fato, Lima Silva et al.<sup>12</sup>, Lima Silva et al.<sup>13</sup>, e Oliveira et al.<sup>14</sup> demonstraram que a velocidade de pico (VEL<sub>PICO</sub>) atingida em teste incremental em esteira rolante é uma razoável preditora da velocidade dos LV e LL, respectivamente.

Embora Lima Silva et al.<sup>12</sup> tenham combinado variáveis submáximas e a VEL<sub>PICO</sub> para a predição dos LV, em seu modelo inicial, ainda há uma carência de trabalhos utilizando variáveis submáximas e máximas combinadas, em modelos de estimativa do LL. Adicionalmente, há uma ausência de estudos que utilizem valores de FC máxima ou de pico (FC<sub>PICO</sub>) para a predição do LL, como nos resultados apresentados por Roecker et al.<sup>15</sup>.

Em vista das dificuldades de se utilizar medidas mais diretas para a identificação da velocidade referente ao LL, e sabendo-se das fortes associações entre este índice e o rendimento esportivo em provas de média e longa distâncias<sup>1, 16</sup>, recomenda-se a investigação de modelos preditivos alternativos. Desta maneira, o objetivo deste estudo foi verificar a possibilidade da estimativa do LL a partir de variáveis máximas e submáximas, obtidas em protocolo progressivo, em esteira rolante. Para tanto, foram

utilizadas as FC<sub>12</sub>, a velocidade correspondente à FC de 170 bpm (VEL<sub>170</sub>), a FC<sub>PICO</sub>, e a VEL<sub>PICO</sub> como variáveis independentes (VI), enquanto a velocidade correspondente à concentração de lactato de 3,5 mmol.l<sup>-1</sup> (LL<sub>3,5</sub>) foi adotada como variável dependente (VD). Como hipótese inicial, acreditávamos que a combinação de variáveis máximas e submáximas poderia aumentar a capacidade preditiva do modelo.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### Amostra

Quarenta e seis homens, corredores de nível regional, nacional e/ou internacional, participaram deste estudo (25,7 ± 4,8 anos; 61,5 ± 7,8 kg; 172,2 ± 6,7 cm). A amostra foi dividida aleatoriamente em 2 grupos, formando respectivamente um grupo de validação (GV= 30 sujeitos), e um grupo de validação cruzada (GVC= 16 sujeitos). Um questionário foi respondido para o controle de variáveis intervenientes, e um formulário de consentimento informado foi obtido previamente para cada indivíduo. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética para estudos com humanos da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

### Protocolo progressivo

Proposto por Heck et al.<sup>5</sup>, este foi aplicado em esteira rolante da marca Quinton<sup>®</sup> (modelo 2472), com velocidade inicial, variando entre 6,0 e 10,8 km.h<sup>-1</sup> (de acordo com o esporte e competições anteriores), e incrementos de 1,2 km.h<sup>-1</sup> a cada estágio, até a exaustão. Cada estágio teve duração de 3 minutos de exercício, com 30 segundos de pausa para coleta de sangue. Após o término do teste, os sujeitos caminharam durante 3 ou 4 minutos para recuperação do esforço.

### Coleta e análise dos dados

Nos 30 segundos finais de cada estágio, 25 µl de sangue arterializado foram coletados no lóbulo da orelha (previamente hiperemiado com Finalgom<sup>®</sup>) e armazenados em microtubos com adição de 50 µl de fluoreto de sódio. As amostras de sangue foram mantidas sob temperatura de 10° C e analisadas, posteriormente, em espectrofotômetro Guilford<sup>®</sup> (300N), e lactímetro Yellow Springs<sup>®</sup> (2300). As [La] obtidas foram plotadas em função da velocidade para a identificação do LL (expresso em km.h<sup>-1</sup>). A FC foi registrada nos 5 segundos finais de cada estágio, através de eletrocardiógrafo Hewlett Packard<sup>®</sup> (1500B) e freqüencímetro Polar<sup>®</sup> (T61).

### Identificação do limiar de lactato (VD)

O limiar de lactato (LL<sub>3,5</sub>) foi identificado através de interpolação entre o ponto referente à concentração de lactato sanguíneo de 3,5 mmol.l<sup>-1</sup> e sua velocidade correspondente, de acordo com o sugerido por Kiss et al. (1995)<sup>17</sup>.

### Identificação das variáveis máximas e submáximas (VI)

Enquanto a  $FC_{PICO}$  foi obtida nos 5 segundos finais do último estágio, a  $VEL_{PICO}$  foi assumida na velocidade do último estágio completado, mais a eventual velocidade da respectiva fração do estágio subsequente. A  $FC_{12}$  foi determinada nos 5 segundos finais do estágio referente à velocidade de  $12 \text{ km.h}^{-1}$ , e a  $VEL_{170}$  foi identificada por interpolação entre o ponto referente à FC de 170 bpm e sua velocidade correspondente.

### Tratamento estatístico

A normalidade, linearidade e homoscedasticidade dos dados foram investigadas através do teste de Shapiro-Wilk's, e pelos gráficos de dispersão entre as VI e a VD. Uma análise de regressão múltipla (seleção pelo método *Enter*) foi executada no GV, utilizando-se os índices de colinearidade [*variance inflation factor* (VIF) > 10,0 e tolerância < 0,10], valores do teste F, níveis de correlação entre as VI e a VD, e a qualidade do ajuste do modelo [ $R^2$  e erro padrão de estimativa (EPE)] como critérios de exclusão de VI<sup>18</sup>. Foram aplicados testes T de *Student* para medidas dependentes e matrizes de correlação de Pearson para verificação da validade interna e externa do modelo. A estimativa do efeito de redução do modelo foi realizada, como sugerido por Thomas e Nelson<sup>19</sup>. O teste T de *Student* para medidas independentes (para variâncias desiguais) foi aplicado quando da comparação de variáveis entre o GV e o GVC. Em todos os tratamentos foi utilizado um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

*Modelo preditivo final:* a tabela 1 mostra os valores (média e desvio padrão) das variáveis máximas

e submáximas, e os valores de  $LL_{3,5}$  medido para os GV e GVC. Não houve diferenças significativas para as variáveis máximas e submáximas, assim como para a VD medida e predita, entre os grupos.

A análise de regressão múltipla resultou no modelo preditivo final apenas com a inclusão da  $VEL_{PICO}$ , com a seguinte equação gerada:

$$LL_{3,5} (\text{km.h}^{-1}) = -3,650 + (1,042 \times VEL_{PICO})$$

onde o  $R^2$  foi igual a 0,74 e o EPE igual a  $1,2 \text{ km.h}^{-1}$  (+ 7,7%). A adição de quaisquer VI à  $VEL_{PICO}$  não melhorou de maneira significativa a qualidade do modelo ( $R^2$  entre 0,74 e 0,75 e EPE =  $1,2 \text{ km.h}^{-1}$ ). Enquanto o modelo final apresentou valor de F igual a 76,6, os modelos obtidos com a adição de outras VI mostraram valores de F entre 23,7 e 36,7. Posteriormente, todas as combinações possíveis de VI foram testadas, e a combinação de quaisquer VI sem a inclusão da  $VEL_{PICO}$  não apresentou poder de predição e extrapolação satisfatórios.

A  $FC_{PICO}$  foi retirada do modelo preditivo inicial, devido ao baixo nível de correlação apresentado com o  $LL_{3,5}$ . Embora todas as demais VI tenham se correlacionado significativamente com a VD, a mais alta correlação foi observada entre a  $VEL_{PICO}$  e o  $LL_{3,5}$  (tabela 2). A  $FC_{12}$  e a  $VEL_{170}$  foram excluídas do modelo, pois o acréscimo destas variáveis foi pouco significativo para a explicação do fenômeno.

*Validação da equação de predição:* evidências de validade do modelo preditivo foram obtidas no próprio GV e no GVC, através da ausência de diferenças significativas entre os escores do  $LL_{3,5}$  medido e predito ( $LL_{3,5 \text{ predito}}$ ). Os valores dos  $LL_{3,5}$  e  $LL_{3,5 \text{ predito}}$ , assim como os resultados do teste T de *student* para medidas dependentes e o coeficiente de correlação de Pearson para ambos os grupos, estão apresentados na tabela 3. A comparação dos coeficientes de correlação (r) entre os escores preditos e medidos do GV (r = 0,86) e do GVC (r = 0,79), e a

**Tabela 1.** Média e desvio padrão das VI máximas e submáximas, e do  $LL_{3,5}$  para os grupos de validação (GV) e validação cruzada (GVC).

	$FC_{12}$ bpm	$VEL_{170}$ $\text{km.h}^{-1}$	$FC_{PICO}$ bpm	$VEL_{PICO}$ $\text{km.h}^{-1}$	$LL_{3,5}$ $\text{km.h}^{-1}$
<b>GV</b>	147 ± 16	15,1 ± 2,3	187 ± 10	18,0 ± 1,8	15,1 ± 2,2
<b>GVC</b>	148 ± 12	14,4 ± 2,7	190 ± 8	18,0 ± 1,9	15,5 ± 2,0

$FC_{12}$ : FC em  $12 \text{ km.h}^{-1}$ ;  $VEL_{170}$ : Velocidade referente à FC de 170 bpm;  $FC_{PICO}$ : FC de pico;  $VEL_{PICO}$ : Velocidade de pico;  $LL_{3,5}$ : Velocidade do LL referente à concentração de 3,5 mmol.l<sup>-1</sup>

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação entre as VI e o  $LL_{3,5}$  ( $\text{km.h}^{-1}$ ), para os grupos de validação (GV) e validação cruzada (GVC).

Grupo	$FC_{12}$ bpm	$VEL_{170}$ $\text{km.h}^{-1}$	$FC_{PICO}$ bpm	$VEL_{PICO}$ $\text{km.h}^{-1}$
<b>GV</b>	-0,70*	0,68*	-0,16	0,85*
<b>GVC</b>	-0,72*	0,71*	0,43	0,79*

\* significativa para  $p < 0,01$ ;  $FC_{12}$ : FC em  $12 \text{ km.h}^{-1}$ ;  $VEL_{170}$ : Velocidade referente à FC de 170 bpm;  $FC_{PICO}$ : FC de pico;  $VEL_{PICO}$ : Velocidade de pico

comparação entre o coeficiente de determinação do modelo preditivo ( $R^2= 0,74$ ) e o coeficiente de determinação obtido entre o critério predito e medido no GVC ( $r^2= 0,62$ ), mostraram pequeno grau de redução do modelo proposto.

**Tabela 3.** Média e desvio padrão do  $LL_{3,5}$  medido e predito, valores do teste T de *Student* e coeficiente de correlação de Pearson entre  $LL_{3,5}$  medido e predito, para os grupos de validação (GV) e validação cruzada (GVC).

Variáveis	GV	GVC
$LL_{3,5}$	$15,0 \pm 2,2$	$15,8 \pm 2,0$
$LL_{3,5\text{predito}}$	$15,0 \pm 1,9$	$15,5 \pm 1,8$
Ts	$p= 0,99$	$p= 0,42$
r	$0,86^*$	$0,79^*$

\*diferença significativa para  $p < 0,01$ ;  $LL_{3,5\text{predito}}$ :  $LL_{3,5}$  predito; Ts: teste T de *Student*; r: coeficiente de correlação de Pearson.

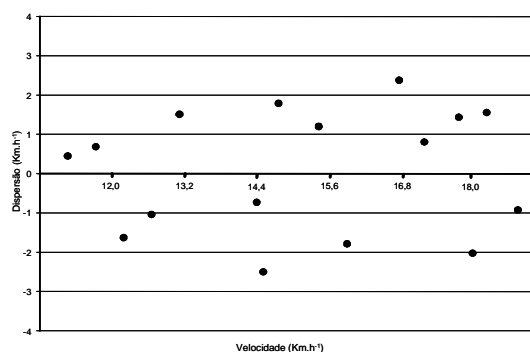
## DISCUSSÃO

A proposta de se investigar um modelo preditivo na área das ciências do esporte é uma tentativa de diminuir a distância entre as metodologias laboratoriais de avaliação física e as técnicas de controle e prescrição de treinamento físico. Na prática desportiva diária, variáveis de fácil obtenção são normalmente utilizadas com esta finalidade. Neste sentido, a FC e a carga de trabalho físico, representada aqui pela velocidade, são indicativos do nível de estresse fisiológico, podendo-se assumir que estas representam o nível de sobrecarga interna e externa impostas ao organismo, respectivamente. Este é um dos principais motivos que levam à incorporação destas variáveis em estudos de estimativas do rendimento esportivo de longa duração.

Uma das maiores contribuições desta investigação, foi a verificação de que a combinação de variáveis máximas e submáximas não consegue aumentar o poder de predição da velocidade referente ao LL, pois o modelo final foi obtido apenas com a inclusão da  $VEL_{PICO}$ . Embora alguns trabalhos tenham mostrado as fortes associações existentes entre a  $VEL_{PICO}$  e a intensidade do  $LL^{14}$ , ou entre a  $VEL_{PICO}$  e o rendimento em provas de longa duração<sup>11</sup>, estes não tinham investigado a adição de variáveis submáximas ao modelo de predição.

Lima Silva et al.<sup>12</sup> e De-Oliveira<sup>20</sup> sugeriram modelos de estimativa do 2º LV e do LL, respectivamente, a partir de variáveis submáximas como a  $VEL_{170}$ , a FC de 8  $km.h^{-1}$  ( $FC_8$ ) e a FC de 15  $km.h^{-1}$ , além da própria  $VEL_{PICO}$ . Os resultados encontrados nestes estudos são semelhantes aos nossos, evidenciando que a velocidade máxima obtida durante um teste incremental pode ser suficiente para

predizer satisfatoriamente a intensidade referente ao limiar de transição metabólica. A figura 1 confirma o mencionado, pois a dispersão aleatória dos resíduos em nossos dados evidencia uma ausência de tendências da equação obtida, geralmente um comportamento característico de bons modelos de predição.



**Figura 1.** Gráfico de dispersão entre os escores de  $LL_{3,5}$  e  $LL_{3,5\text{predito}}$  no GVC. No eixo x estão os valores da velocidade ( $km.h^{-1}$ ) e no eixo y está o nível de dispersão ( $km.h^{-1}$ ) de  $LL_{3,5\text{predito}}$  em relação ao  $LL_{3,5}$ .

A não inclusão da  $FC_{12}$  e da  $VEL_{170}$  na equação de predição, nesta investigação, pode estar atrelada a alguns fatores. Os altos percentuais de variância da VD explicada pela  $VEL_{PICO}$  poderiam ser o primeiro, confirmando os achados de Lima Silva et al.<sup>12</sup>, os quais observaram que esta VI explicou 76% da variância do 2º LV em seu estudo. Em nossos dados, 74% da variância do  $LL_{3,5}$  foi explicada pela  $VEL_{PICO}$ . Segundo, mesmo não atingindo um grau significativo de colinearidade, as  $FC_{12}$  e  $VEL_{170}$  se apresentaram muito próximas aos índices adotados para verificação desta característica ( $VIF= 8,94$  e tolerância=  $0,11$ ), comportamento este que pode ser evidenciado também pelo alto nível de correlação entre as mesmas ( $r= 0,94$  para  $p < 0,01$ ). Provavelmente isto deva ter contribuído para a ausência de variáveis submáximas adicionadas ao modelo final, apesar dos altos níveis de correlação entre as  $VEL_{170}$  e  $FC_{12}$ , e o  $LL_{3,5}$  ( $r= 0,68$  e  $0,70$ , respectivamente). Neste ponto, notamos divergências entre os estudos, pois Lima Silva et al.<sup>12</sup> encontraram baixos níveis de correlação entre as  $FC_8$  e  $VEL_{170}$  e o 2º LV ( $r$  entre  $-0,10$  e  $0,31$ ).

Em última análise, a combinação final de variáveis que integram uma equação preditiva se apresenta dependente da combinação inicial de VI na análise. Isto porque, de maneira geral, variáveis submáximas como a  $FC_{12}$  e a  $VEL_{170}$  entraram em equações preditivas de estudos que não utilizaram a  $VEL_{PICO}$  como VI<sup>7</sup>, mas não em modelos finais de estudos que utilizaram estas variáveis associadas à  $VEL_{PICO}$ <sup>12, 13</sup>. Desta maneira, a outra importante contribuição desta investigação foi a confirmação do alto poder preditivo da  $VEL_{PICO}$ , para a aproximação da velocidade do  $LL_{3,5}$ . De outro lado, ainda que a  $VEL_{170}$  não tenha sido incluída na equação final obtida, há indicativos de que esta variável possa ser utilizada

para a identificação da carga referente ao  $LL_{3,5}$ , independentemente do emprego de uma equação. Esta suposição é suportada pela ausência de diferenças significativas entre a  $VEL_{170}$  e o  $LL_{3,5}$  no GV e no GVC, e pelas altas correlações encontradas em nossos, e nos resultados de Oliveira et al.<sup>7</sup> e de Lima Silva et al.<sup>12</sup>, ainda que este comportamento seja dependente do nível de aptidão aeróbia dos indivíduos<sup>20</sup>.

A  $FC_{PICO}$  foi incorporada, inicialmente, devido a sua fácil obtenção, independente da utilização de aparelhos especializados, e por sua clássica relação de linearidade com a carga de trabalho<sup>22</sup>, embora alguns estudos tenham demonstrado que esta relação pode não ser necessariamente linear<sup>23, 24, 25</sup>. Em indivíduos com maiores níveis de aptidão aeróbia, a curva da FC em função do tempo ou carga de trabalho apresenta um ponto de deflexão nos estágios finais, que está altamente associado com o 2º limiar de transição metabólica<sup>26, 25</sup>. Assim, sugere-se que em indivíduos treinados aerobiamente, o ponto de deflexão da FC tenha maior poder em estimar o LL do que a própria  $FC_{PICO}$ , ao contrário da sugestão dos resultados de Roecker et al.<sup>15</sup>, os quais mostraram que a  $FC_{PICO}$  pode prever satisfatoriamente a FC do LL, em grupo com nível de aptidão aeróbia heterogêneo. Como a amostra utilizada no presente estudo apresentou níveis razoavelmente elevados de condicionamento aeróbio, esta poderia ser a principal justificativa para a não inclusão desta VI no modelo final obtido aqui.

Uma justificativa alternativa para estes resultados estaria na resposta da  $FC_{PICO}$  ao treinamento físico. Isto porque esta variável apresenta poucas alterações após período de treinamento com características aeróbias, e/ou outras características metabólicas<sup>27, 28</sup>, embora o oposto já tenha sido observado na literatura<sup>29</sup>. Neste caso, a carga onde a  $FC_{PICO}$  é atingida poderia ser uma variável mais sensível ao treinamento físico<sup>28</sup>, tendo esta, maior poder discriminante e preditivo do rendimento esportivo, como o sugerido neste e em outros estudos<sup>12, 11, 14</sup>.

As análises realizadas neste estudo seguiram as recomendações de Hair et al.<sup>18</sup> e de Thomas e Nelson<sup>19</sup>, para tratamento de dados multivariados e para validação interna e externa de modelos preditivos, respectivamente. Conseqüentemente, a equação gerada no GV foi testada no GVC. Os resultados demonstraram razoável adequação do modelo extraído, pois além dos valores estimados pela equação não terem sido significativamente diferentes dos valores medidos, tanto no GV como no GVC ( $p < 0,05$ ), altos níveis de correlação foram observados entre os escores preditos e medidos no GV ( $r = 0,86$ ) e no GVC ( $r = 0,79$ ). Contudo, a confirmação da adequação do modelo foi obtida pelo pequeno grau de redução quando da utilização da equação no GVC, através da comparação do coeficiente de determinação do modelo preditivo ( $R^2 = 0,74$ ) com o coeficiente de determinação obtido a partir do critério

predito e medido no GVC ( $r^2 = 0,62$ ).

Contrastando o supracitado, algumas limitações da presente investigação são inerentes aos procedimentos metodológicos e ao modelo teórico deste estudo: 1) a necessidade de se utilizar um protocolo com incrementos de longa duração como o utilizado aqui, pode contrariar o real objetivo de estudos preditivos, os quais visam facilitar o acesso a variáveis fisiológicas; 2) ainda que a metodologia aplicada neste estudo seja bem fundamentada, suportada num modelo teórico consistente, o emprego de concentrações fixas para a identificação do LL pode ser limitada. Prévios estudos demonstraram uma tendência à superestimação do LL quando da utilização de concentrações fixas<sup>2, 30</sup>, principalmente quando a amostra analisada possui elevados níveis de aptidão aeróbia; 3) a proposta de estimar um método de determinação do limiar anaeróbio sempre esbarrará na suposição de que este fenômeno represente, realmente, o máximo estado estável do lactato sanguíneo durante cargas constantes<sup>22</sup>. Embora haja grande consistência nesta sugestão<sup>3, 4, 5</sup>, esta possibilidade não foi testada aqui; 4) a sugestão de um modelo preditivo com a inclusão inicial de 5 variáveis sobre uma amostra constituída por 30 indivíduos (GV) poderia ser uma limitação adicional, embora a proporção entre o número de variáveis estudadas e o número de observações realizadas tenha atingido o limite mínimo sugerido na literatura<sup>18</sup>.

## CONCLUSÕES

Os resultados da presente investigação indicam que a combinação de variáveis máximas e submáximas, obtidas durante teste incremental em esteira, não melhoram o poder preditivo da velocidade referente ao LL de 3,5 mmol.l<sup>-1</sup>. Apesar das limitações já apresentadas, ao menos em indivíduos com elevados níveis de aptidão aeróbia, e conseqüentemente, maiores valores de velocidade máxima atingida em testes progressivos, sugere-se o emprego de apenas a  $VEL_{PICO}$  para uma estimativa satisfatória do  $LL_{3,5}$ . Esta sugestão é suportada pelo razoável EPE, e pelo discreto decréscimo da qualidade do modelo, quando da utilização desta VI como preditora do limiar de lactato. Adicionalmente a outros estudos, foi observada a possibilidade de utilização da velocidade referente à FC de 170 bpm como indicadora direta da velocidade do  $LL_{3,5}$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nicholson RM, Sleivert GG. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (2): 339-342.
2. Tanaka k, Matsuura Y. Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation. *J Appl Physiol Respirat Environ Exerc Physiol* 1984; 57: 640-643.

3. Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Med* 1996; 22 (3): 157-175.
4. Simões HG, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Determination of maximal lactate steady state velocity coincidence with lower blood glucose. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: S68.
5. Heck H, Mader A, Hess G, Müke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J sports Med* 1985; 6: 117-130.
6. Duggan A, Tebbut SD. Blood lactate at 12 km/h and VOBLA as predictors of run performance in nonendurance athletes. *Int J sports Med* 1987; 11 (2): 111-115.
7. Oliveira FR, Matshushigue KA, Gagliardi JFL, Vazquez FJ, Kiss MAPDM. Estimativa da velocidade de concentração de lactato de 3,5 mmol x L<sup>-1</sup> a partir de variáveis submáximas em esteira rolante. *Rev paul Educ Fís* 1994; 8 (2): 28-35.
8. Palka MJ, Rogozinsky A. Standards and predict values of anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 1986; 54 (6): 643-646.
9. Wahlund H. Determination of physical capacity. *Acta Physiol Scand* 1948; 215 (suppl):1-78.
10. Hawley JA, Noakes TD. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 1992; 65: 79-83.
11. Noakes TD, Myburg KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO<sub>2max</sub> test predicts running performance. *J Sports Scie* 1990; 8 (1): 35-45.
12. Lima Silva AE, De-Oliveira FR. Estimativa dos Limiares Ventilatórios através da velocidade máxima em teste incremental. *Motriz* 2004; 10 (1): 37-44.
13. Lima Silva AE, Lotufo RF, De-Oliveira FR. Predição do segundo limiar ventilatório a partir do pico de velocidade em teste progressivo em esteira. *Rev Bras Med Esporte* 2002; 8 (5): 204.
14. Oliveira FR, Silva AS, Araújo AS, Gagliardi JFL, Vazquez FJ, Kiss MAPDM. Predição da velocidade de referência de [La] de 3,5 mmol.l<sup>-1</sup> a partir do pico de velocidade em esteira. *Jornal Informativo da Federação Internacional de Educação Física (FIEP-Brasil)* 1994; 5 (2): 8.
15. Roecker K, Niess AM, Horstmann T, Striegel H, Mayer F, Dickhuth HH. Heart rate prescriptions from performance and anthropometrical characteristics. *Med Scie Sports Exerc* 2002; 34 (5): 881-887.
16. Roecker K, Schotte O, Niess AM, Horstmann T, Dickhuth HH. Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30 (10): 1552-1557.
17. Kiss MAPDM, Fleishmann E, Cordani LK, Kalinovsk F, Costa R, Oliveira FR, et al. Validade da velocidade do limiar de lactato de 3,5 mmol x L<sup>-1</sup> identificada através de teste em pista de atletismo. *Rev paul Educ Fís* 1995; 9 (1):16-25.
18. Hair JF, Anderson RE, Tathan RL, Black WC. *Multivariate data analysis*. New Jersey - Prentice Hall 1998.
19. Thomas JR, Nelson JK. Métodos de pesquisa em atividade física. Porto Alegre - Artmed 2002.
20. De-Oliveira FR. Estimativa del umbral de lactato e ajustes de frequência cardíaca a partir del teste de Léger-Boucher. [Tese de Doutorado em Atividade Física e Esporte]. San Sebastian: Universidade do País Basco 2004.
21. Oliveira FR, Lima JRP, Kiss MAPDM. A velocidade de frequência cardíaca de 170 bpm (V170) como preditora da velocidade de concentração de lactato de 3,5 mmol.L<sup>-1</sup> (V3,5) em triatletas. Anais do I Congresso da Sociedade Brasileira de Atividade Motora Adaptada – III Simpósio de Atividade Física e Adaptação. Campinas: UNICAMP 1995.
22. Ribeiro JP, De Rose EH. Limiar anaeróbico - uma alternativa no diagnóstico da capacidade para realizar exercícios físicos de longa duração. *Rev Bras Ciências Esporte* 1980; 2 (1): 10-19.
23. Bunc V, Hofmann P, Leitner H, Gasil G. Verification of heart rate threshold. *Eur J Appl Physiol* 1995; 70: 263-269.
24. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Drochetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic thresholds by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982; 52 (4): 869-73.
25. Hofmann P, Pokan R, Preidler K, Leitner H, Szolar B, Schwabergger G. Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function. *Int J Sports Med* 1994; 15 (5): 232-237.
26. Pires FO, Lima Silva AE. Ponto de deflexão da frequência cardíaca e 2º limiar ventilatório: comparação entre métodos de identificação. *Motriz* 2003; 9 (Supl 1): S125.
27. Lehmann M, Keul J, Huber G, Da Prada M. Plasma catecholamines in trained and untrained volunteers during graduated exercise. *Int J Sports Med* 1981; 2: 143-147.
28. Poole DC, Ward SA, Whipp BJ. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. *Eur J Appl Physiol* 1990; 59: 421-429.
29. Lehmann M, Keul J. Free plasma catecholamines, heart rates, lactate levels, and oxygen uptake in competition weight lifters, cyclists, and untrained subjects. *Int J Sports Med* 1986; 7: 18-21.
30. Pires FO, Lima Silva AE, Barros RV, Gagliardi JFL, Degaki E, Kiss MAPDM. Possibilidade da ocorrência dos 1º e 2º limiares ventilatórios em cargas de trabalho coincidentes, durante protocolos progressivos com incrementos de longa duração. *Rev Bras Ciências Mov* 2005; 13 (1): 61-69.

#### Agradecimentos

Agradecemos aos professores Adriano Eduardo Lima Silva e Ana Paula de Oliveira Pires pelas contribuições na obtenção dos dados, críticas e sugestões.

#### Endereço para correspondência

Flávio de Oliveira Pires  
Rua Acalanto de Bartira, 166; Jd. Bonfiglioli  
Cep: 05358160 - São Paulo (SP)  
E mail: piresfo@usp.br

Recebido em 10/06/05

Revisado em 02/08/05

Aprovado em 09/09/05