

Ausência do componente lento no VO₂ em protocolo de rampa

Adriano Eduardo Lima Silva¹
João Fernando Laurito Gagliardi^{2,3,4}
Renato Fraga Moreira Lotufo³
Maria Augusta Peduti Dal' Molin Kiss²

¹LAPEM - Universidade do Estado de Santa Catarina SC

²LADESP - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo SP

³Instituto de Avaliação Física do Esporte

⁴Universidade Ibirapuera SP

Resumo: O objetivo do presente estudo foi identificar um possível desvio de linearidade na relação VO₂-potência em doze indivíduos, submetidos a um teste de rampa em bicicleta ergométrica (25 W.min⁻¹). O VO₂ (mL.min⁻¹) foi plotado em função da intensidade (W) e uma equação de regressão linear foi criada a partir dos dados abaixo de LV1. O VO₂ acima de LV1 foi estimado a partir desta equação e comparado com os valores medidos. Uma diferença de ângulo entre dois segmentos, abaixo e acima de LV1, também foi realizada para descrever o grau de modificação da curva. O VO₂ medido acima de LV1 não foi diferente do estimado em nenhuma das intensidades e a diferença de ângulo entre os segmentos não foi significativa. Este aumento linear foi encontrado, provavelmente, devido a maior amplitude e a menor duração dos estágios utilizados neste estudo, em relação aos dados reportados na literatura.

Palavras-chave: Consumo de oxigênio, protocolo de rampa, cinética de VO₂, componente lento do VO₂.

Lack of the slow component in VO₂ in ramp protocol

Abstract: The purpose of this study was to identify a non-linear increase in the relationship VO₂-power output in twelve individuals who were submitted to the ramp protocol in cycle ergometer (25 W.min⁻¹). The VO₂ (mL.min⁻¹) was plotted as a function of power output (W) and linear regression equation was generated from the data below LV1. The VO₂ above LV1 was predicted by this equation and compared to the measured values. An angle difference between two segments, below and above VL1, was also identified to describe the degree of the curve modification. The measured VO₂ above LV1 was not different from the predicted in any of the power output and the angle differences between segments were not significant. This linear increase was probably found due to a greater increment and to a shorter duration of the stages used in this study, in relation to the data reported in the literature.

Key Words: Oxygen uptake, ramp protocol, VO₂ kinetics, VO₂ slow component.

Introdução

Muitas investigações foram realizadas com o objetivo de analisar o comportamento da curva de consumo de oxigênio (VO₂) em função da intensidade do exercício (PENDERGAST et al., 1979; ROBERGS, 2001; LIMA-SILVA et al., 2003; LIMA-SILVA; LOTUFO, 2003a; 2003b). Essa relação vem sendo descrita através de uma função linear por inúmeros autores (FALLS; HUMPHREY, 1976; MCMIKEN; DANIELS, 1976; LÉGER; GADOURY, 1989; LATIN; BERG, 1994), sustentando as primeiras premissas relatadas por Archibald Vivian Hill e Hartley Lupton (1923). A maior parte dos modelos preditivos de VO_{2max} (FALLS; HUMPHREY, 1976; MCMIKEN; DANIELS, 1976; LÉGER; GADOURY, 1989; LATIN; BERG, 1994) e a quantificação do metabolismo anaeróbio em intensidades acima da potência aeróbia máxima (MEDBO et al., 1988; SPENCER; GASTIN, 2001), são baseadas nesta

relação.

A partir da década de setenta, a presença de um componente lento na resposta do VO₂ em intensidades acima do primeiro limiar de lactato ou ventilatório passou a ser discutido intensamente na literatura (WHIPP; WASSERMAN, 1972; WHIPP; WARD, 1990; WHIPP, 1994; GAESSER; POOLE, 1996). Nos exercícios acima desse limiar espera-se um atraso na estabilização e o consumo de oxigênio pode estar acima do extrapolado, a partir da relação linear entre VO₂-potência das intensidades sublimiáres (XU; RHODES, 1999; RILEY; COOPER, 2002). Quando são utilizados exercícios em intensidades acima da potência crítica (definida, teoricamente, como a intensidade na qual o indivíduo conseguiria manter o exercício por tempo indeterminado), o VO₂ passa a ser dependente tanto da intensidade quanto do tempo, tendendo a atingir valores próximos ao VO_{2max} (POOLE et al., 1990; GAESSER;

POOLE, 1996). A manifestação de um componente lento pode interferir consideravelmente na relação entre VO_2 -potência, inviabilizando muitas vezes uma descrição linear simples (PENDERGAST et al., 1979; LIMA, 1997; ZOLADZ et al., 1998a; ROBERGS, 2001; LIMA-SILVA et al., 2003; LIMA-SILVA; LOTUFO, 2003a; 2003b).

Recentemente, a influência do componente lento em protocolos progressivos passou a ser estudada. Zoladz et al. (1998a) observaram um desvio de linearidade da curva de VO_2 coincidente com o limiar de lactato em vinte e cinco indivíduos, dos vinte e seis estudados. Resultados semelhantes foram observados anteriormente por Lima (1997), com todos os vinte e dois indivíduos estudados apresentando melhores ajustes de curva a partir de uma equação quadrática. No primeiro estudo, a duração dos estágios foi de três minutos, com incrementos de 30W, enquanto, no segundo estudo, a duração dos estágios foi de um minuto, com uma pequena amplitude de incremento na potência (aproximadamente 15W). Assim, resta a necessidade de verificar se esse comportamento acontece em outros protocolos utilizados em avaliação da aptidão aeróbia, com maior amplitude e mais rápido incremento na intensidade, i.e. $25 \text{ W} \cdot \text{min}^{-1}$.

Um estudo realizado por Russell et al. (2002) demonstrou que não existiam diferenças significativas entre a inclinação da linha de regressão linear gerada com todos os pontos, com cinco pontos abaixo ou com cinco pontos acima do primeiro limiar de lactato, sugerindo um comportamento linear durante toda a curva. Como a curva VO_2 -potência foi construída com valores mensurados em testes de cargas constantes, acaba sendo interessante a quantificação dessas mudanças também em protocolo de rampa. A utilização do ângulo da diferença entre os dois segmentos possíveis (um abaixo e outro acima de LV1), já aplicado em estudos com o ponto de deflexão da frequência cardíaca (POKAN et al., 1995; 1998), pode ser uma abordagem atraente para esse fim.

O objetivo do presente estudo foi verificar se existe alteração no comportamento da curva VO_2 -potência após LV1 em um teste progressivo com incrementos de 25 W a cada minuto. Esse protocolo constitui uma maior amplitude de incremento na potência e um menor tempo de estágio do que os do trabalho de Lima (1997) e Zoladz et al. (1998a), respectivamente.

Metodologia

Amostra

Doze indivíduos ativos, mas não atletas ($37,5 \pm 9,5$ anos; $81,8 \pm 13,3$ kg; $176,4 \pm 7,4$ cm) foram voluntários para participarem desta investigação. Os sujeitos, após serem

informados verbalmente sobre os riscos e desconfortos associados com o experimento, concordaram em participar do estudo. Todos os voluntários realizaram um eletrocardiograma de repouso e de esforço para garantir a participação apenas de indivíduos isentos de problemas cardíacos.

Análise dos dados

As médias de VO_2 dos últimos vinte segundos de cada estágio foram utilizadas para as análises. A porção linear da relação VO_2 -potência foi estabelecida plotando o consumo de oxigênio abaixo do primeiro limiar ventilatório ($< \text{LV1}$) em função da potência (figura 1). Inicialmente, uma equação linear foi criada a partir desses valores e tornou-se possível estimar o VO_2 das intensidades acima de LV1 ($> \text{LV1}$). O “excesso” de oxigênio foi definido como a diferença entre os valores medidos e os estimados a partir da linha de regressão linear (déficit). A eficiência delta ($\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{W}$) foi calculada a partir da inclinação da porção linear do VO_2 (i.e. $< \text{LV1}$). Uma segunda linha de regressão foi criada com os valores medidos nas intensidades acima de LV1 para que a $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{W}$ desta faixa pudesse ser comparada com a gerada através dos estágios abaixo de LV1.

Para conhecer o grau da modificação da curva de VO_2 após LV1, uma equação polinomial de segundo grau foi gerada utilizando os valores entre a potência inicial (25 W) e a potência máxima (W_{max}). A inclinação dos segmentos k_1 (entre 25 W e LV1) e k_2 (entre LV1 e W_{max}) foram calculadas, assim como, o ângulo da diferença entre estes segmentos, utilizando a seguinte equação: $k_{\text{int}} = (k_1 - k_2) \times (1 + k_1 \times k_2)^{-1}$. O fator k_{int} representa o ângulo da diferença dos segmentos. Um valor k_{int} menor do que -0,1 ($k_{\text{int}} < -0,1$) aponta para um significativo aumento no comportamento da curva. Um valor entre -0,1 e 0,1 representa um comportamento linear durante toda extensão da curva ($-0,1 < k_{\text{int}} < 0,1$).

A W_{max} foi considerada a maior potência atingida durante o teste. Nas situações em que o indivíduo não conseguiu completar o estágio, a potência máxima foi calculada a partir da seguinte equação: $W_{\text{max}} = W_{\text{final}} + (t/60 \cdot 25)$; onde: W_{final} corresponde a potência do último estágio completo (sessenta segundos), t o tempo em segundos mantido no último estágio e 25 a amplitude de incremento do teste (HAWLEY; NOAKES, 1992). O LV1 foi identificado na intensidade partir da qual, a relação VE/VO_2 aumentava continuamente, acompanhada por um aumento na FO_2 expirada (SKINNER; MCLELLAN, 1980).

Análise estatística

Motriz, Rio Claro, v.10, n.3, p.181-188, set./dez. 2004

O teste de Kolmogorov – Smirnov foi aplicado para verificação da normalidade na distribuição dos dados. A comparação entre os valores medidos e os estimados foi realizada a partir do teste *t de Student* para medidas pareadas. A correlação linear de *Pearson* foi utilizada para estabelecer relações entre as variáveis. Para todos os tratamentos foi estipulado um nível de significância inferior a 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Todos indivíduos apresentaram ao menos dois dos critérios estabelecidos para considerar o teste como máximo. Os índices de condição aeróbia, identificados no teste progressivo (VO_{2max} , $VO_{2limiar}$, W_{max} , W_{limiar}), foram 2453 ± 362 mL.min⁻¹; 1663 ± 302 mL.min⁻¹; $247,3 \pm 23,6$ W e $150 \pm 35,4$ W, respectivamente. Em média, LV1 foi identificado a 68% (DP 9%) do VO_{2max} .

Tabela 1. Consumo de oxigênio (VO_2) medido e estimado, déficit (medido menos estimado) e diferenças em: um (LV1 + 1), dois (LV1 + 2), três (LV1 + 3) e quatro (LV1 + 4) estágios acima de LV1 e, na última e penúltima carga antes do fim do teste.

	Medidos (mL.min ⁻¹)		Estimados (mL.min ⁻¹)		Déficit (mL.min ⁻¹)		Diferenças
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
LV1 + 1	1811	315	1820	287	-10	89	NS
LV1 + 2	2035	340	2039	293	-4	126	NS
LV1 + 3	2240	326	2252	297	-12	145	NS
LV1 + 4	2411	415	2402	324	9	152	NS
último	2430	349	2452	257	-22	198	NS
penúltimo	2281	364	2239	229	43	224	NS

NS: não significativa. Obs: em LV1 + 4 foi possível comparar o VO_2 em apenas oito sujeitos.

Na tabela 1 estão contidos os valores (média \pm DP) do VO_2 medidos e estimados no primeiro, segundo, terceiro e quarto estágio após LV1 e, da última e penúltima carga, antes do fim do teste. As diferenças entre os valores medidos e estimados, assim como os valores do déficit, também estão expressos. Nenhuma diferença significativa foi observada entre os valores medidos e estimados (tabela 1, figura 2). As inclinações ($\Delta VO_2/\Delta W$) e os interceptos das linhas de regressão $< LV1$ e $> LV1$ também não foram diferentes ($8,7 \pm 0,8$ mL.min⁻¹.W⁻¹; $297,7 \pm 95,6$.min⁻¹ para $< LV1$ e $8,6 \pm 1,4$ mL.min⁻¹.W⁻¹; $304,8 \pm 252,1$ mL.min⁻¹ para $> LV1$, respectivamente). Entretanto, um maior coeficiente de variação pode ser observado para os interceptos das equações acima de LV1 (9,2% vs 16,3%). Em apenas dois dos sujeitos pôde ser observado um déficit superior a 200 mL.min⁻¹, identificado na última intensidade do teste. O comportamento da curva de um deles está representado na figura 1. Em outros dois sujeitos um déficit negativo superior a 200 mL.min⁻¹ (valores medidos menores do que os estimados) também foi observado. Entretanto, em nenhum dos indivíduos k_{int} apresentou valores inferiores à -0,1; caracterizando um comportamento linear durante toda extensão da curva.

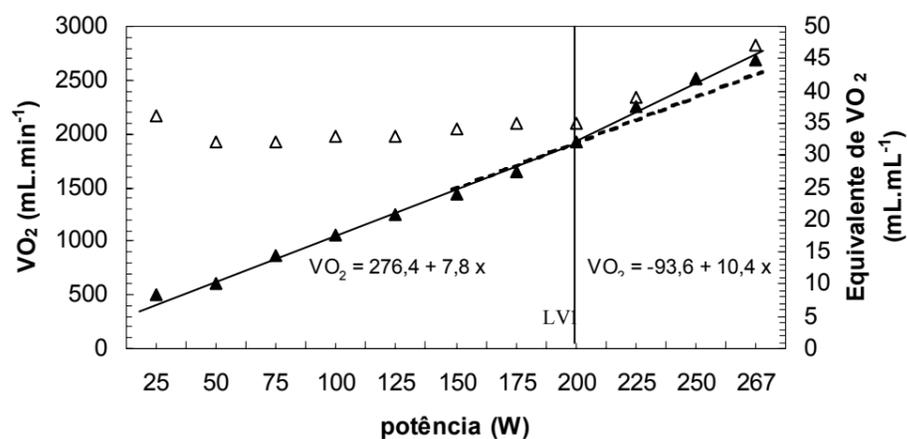


Figura 1. Exemplo de identificação do primeiro limiar ventilatório (LV1) e elaboração das equações da curva de consumo de oxigênio (VO_2). Os pontos abaixo de LV1 foram ajustados com uma equação linear para a estimativa dos valores acima (linha tracejada). A distância entre a linha tracejada e a contínua, acima de LV1 representa o déficit de oxigênio. A inclinação da equação 2 nesse caso difere da inclinação da equação 1. ▲ representa o VO_2 e △ representa o VE/VO_2 .

A inclinação e o intercepto ($< LV1$) não apresentaram correlação com nenhum dos índices de condição aeróbia

(VO_{2max} , W_{max} , $VO_{2limiar}$, W_{limiar}). Porém, associações positivas e negativas foram encontradas entre inclinação e

intercepto ($> LV1$) com o VO_{2max} , respectivamente (0,78 e -0,60; $p < 0,05$). Por fim, k_{ini} apresentou forte associação com

VO_{2max} , W_{max} , inclinação e intercepto acima de $LV1$ (-0,71; -0,63; -0,82; 0,92; respectivamente).

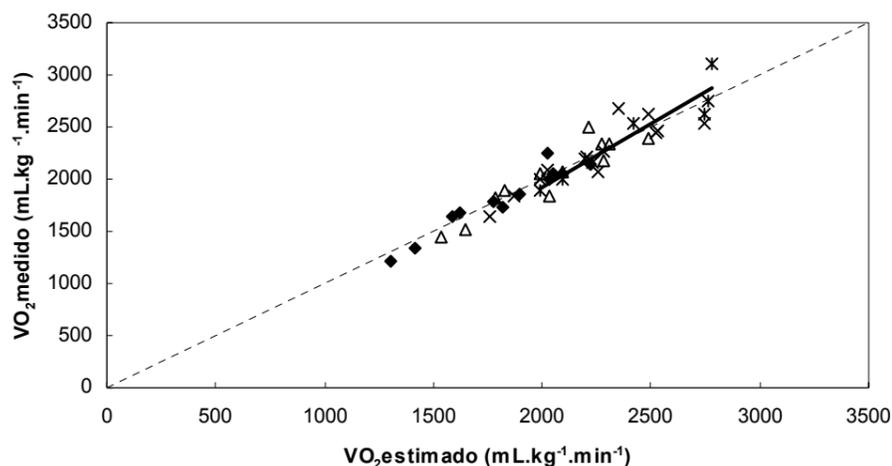


Figura 2. Consumo de oxigênio medido e estimado no primeiro (■), segundo (Δ), terceiro (×) e quarto (*) estágio acima de $LV1$. Do primeiro ao terceiro estágio $> LV1$, nenhum desvio significativo na inclinação da linha ($\neq 1$) foi observado. Entretanto, no quarto estágio $> LV1$ uma pequena tendência a desviar de “um” (1,21) pode ser observada (linha contínua).

Discussão

Limitações do estudo. No presente estudo, uma média de seis ($DP = 1,4$; distância 4 - 8) pontos foram utilizados para elaboração das linhas de regressão abaixo de $LV1$. Um mínimo de sete pontos para ajuste da curva de VO_2 tem sido proposto na literatura (LIMA SILVA et al., 2003). Isto poderia gerar erros no cálculo dos valores acima de $LV1$ e conseqüentemente, comprometer a estimativa do déficit do VO_2 . Entretanto, a utilização de quatro pontos em intensidade correspondente a 70 - 95% do VO_{2max} têm sido utilizados para o cálculo do déficit máximo acumulado e para estimativa da capacidade anaeróbia, mantendo uma precisão satisfatória (MEDBO; BURGERS, 1990; OLESEN, 1992). Resultados similares foram obtidos por Russell et al. (2002) que, utilizando diferentes números de pontos, não observaram diferenças na estimativa do déficit de oxigênio e demanda de energia supra VO_{2max} , apesar de apresentarem maior variabilidade e menor precisão quando utilizados apenas cinco pontos, sem usar um intercepto individual. Nos indivíduos em que foi possível gerar sete ou oito pontos $< LV1$, as equações foram elaboradas também com quatro ou cinco pontos e não apresentaram diferenças significantes em nenhum dos termos (inclinação e intercepto) e nem na qualidade dos ajustes (somatório de resíduos e R^2). Assim, mesmo utilizando um número menor de pontos do que o

sugerido na literatura para ajustes de curva, isso pode ter pouca interferência nos resultados.

Déficit de oxigênio. Os dados da presente investigação não corroboram os achados de Lima (1997) e de Zoladz et al. (1998a) que apresentaram um significativo aumento na amplitude de incremento do VO_2 durante testes incrementais (tabela 1). Essas diferenças, ao menos entre esses trabalhos, não parecem ser dependentes do nível de aptidão física dos indivíduos estudados, embora os protocolos empregados nas diferentes metodologias exerçam uma influência em alguns desses índices (DAVIS et al., 1982; WESTON et al., 2002). Em nossa concepção, a discordância pode ser devido às diferentes amplitudes de incremento e duração dos estágios nos trabalhos de Lima (1997) e Zoladz et al. (1998a), respectivamente. A partir da potência máxima apresentada pelos sujeitos dos dois trabalhos supracitados, pode ser calculado o tempo médio de duração dos testes. A duração média destes testes foi de 15 e 27 minutos, respectivamente, o que foi consideravelmente maior do que a média de 10 minutos apresentada no presente estudo. Provavelmente, esse maior tempo de teste tenha sido suficiente para o

aparecimento do componente lento e conseqüente mudança na conformação da curva, enquanto o tempo de nossos testes, insuficiente para a manifestação desses fenômenos. Dessa forma, a amplitude de incremento utilizada (25 W a cada minuto) pode ter sido excessiva e “mascarado” o componente

Motriz, Rio Claro, v.10, n.3, p.181-188, set./dez. 2004

lento. Entretanto, como esses protocolos não foram comparados diretamente nesse trabalho, recomenda-se a realização de estudos adicionais com esse objetivo.

Fortalecendo o modelo discutido acima, existiu uma discreta tendência da linha de regressão entre os valores medidos e estimados desviar de “um” (1) no quarto estágio acima de LV1 (figura 2). Poderíamos inferir a partir disto que, caso fosse possível continuar o teste e completar um maior número de estágios, um maior déficit poderia ser identificado. Nós tivemos a oportunidade de avaliar um praticante de ciclismo de nível nacional e podemos observar

que, na potência máxima atingida durante o teste (425 W), a diferença entre o VO_2 medido e o obtido a partir da interpolação < LV1 foi de $372 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, em virtude provavelmente da maior duração do teste (17 minutos). Os dados desse teste estão apresentados na figura 3. Em síntese, os dados do presente estudo confirmam as afirmações de Whipp et al. (1981), sugerindo uma característica linear do VO_2 abaixo e acima do limiar anaeróbio (LV1) nos protocolos de rampa em que uma grande amplitude de incremento na potência é utilizada.

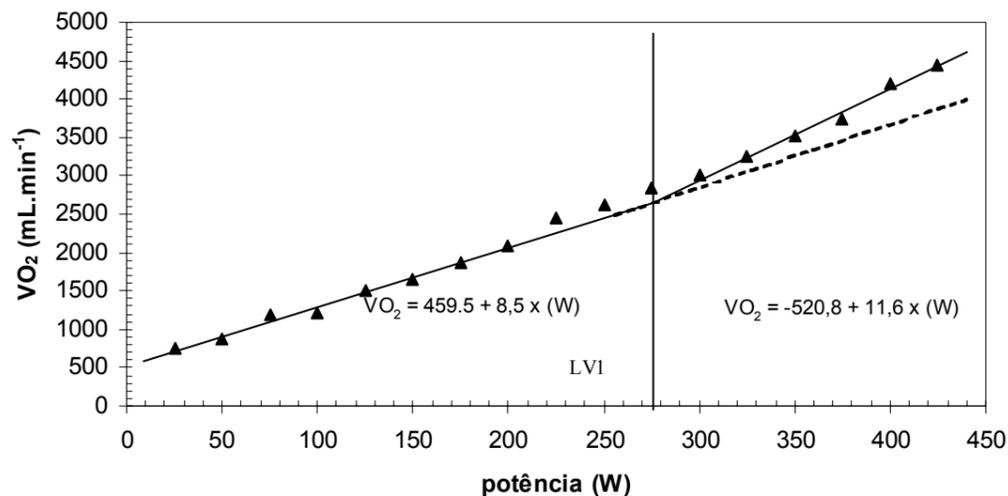


Figura 3. Dados de consumo de oxigênio (▲) durante teste progressivo em um ciclista de nível nacional. A metodologia utilizada na elaboração das equações foi à mesma descrita na figura 1. Na intensidade máxima o indivíduo apresentou um déficit de $372 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$.

Russell et al. (2002) encontraram uma discreta presença do componente lento, definido como a diferença entre o VO_2 do minuto seis e três, apenas nas intensidades próximas e acima do primeiro limiar de lactato. Porém, quando utilizado o valor de VO_2 mensurado no terceiro minuto, a inclinação da linha de regressão linear gerada com os pontos abaixo do primeiro limiar de lactato não diferiu da gerada com os pontos acima, sugerindo que, utilizando apenas a fase rápida do consumo de oxigênio na construção da curva (até três minutos), não existe uma interferência significativa do componente lento. Vale ressaltar que Russell et al. (2002) utilizaram cargas constantes nessa avaliação, sendo realizado apenas duas intensidades de exercício por dia de teste - intercalados por dez minutos de intervalo - o que torna difícil à comparação direta com testes progressivos, porque neste último, pode existir um efeito somatório de sucessivos atrasos

na resposta do VO_2 , exacerbando a presença de um componente lento.

Stringer et al. (1994) tem sugerido que o componente lento da resposta do VO_2 em intensidades superiores a LV1 pode ser uma consequência da modificação do mediador da curva de dissociação da oxihemoglobina. Esses autores reportaram que, em intensidades abaixo do LV1, a mudança na curva de dissociação da oxihemoglobina parece ser dependente primariamente pela pressão de O_2 (PO_2) nos capilares. Em intensidades acima de LV1, a PO_2 atinge níveis mínimos ($\cong 20 \text{ Torr}$) e a dissociação oxigênio - hemoglobina passa a ser controlada principalmente pelo lactato sanguíneo. Embora nós não tenhamos medido as concentrações de lactato sanguíneo durante o teste, um aumento na concentração desta substância no sangue pode ser esperado em protocolos deste tipo. Isso ficou evidente pela razão de trocas respiratórias

acima de 1,10 na intensidade máxima do teste e uma significativa mudança na curva da ventilação em relação ao consumo de oxigênio, este último utilizado por vários autores como um indicativo do aumento das concentrações de lactato no sangue acima dos níveis de repouso (WASSERMAN et al., 1973; KINDERMANN et al., 1979; SKINNER; MCLELLAN, 1980). Desta forma, pode-se inferir que, provavelmente tenha ocorrido um considerável aumento nas concentrações de lactato sanguíneo nas intensidades mais altas do teste (acima de LV1), o qual não foi acompanhado por uma presença de componente lento, tornando difícil estabelecer relação de causa e efeito entre esses dois fenômenos. Esses achados têm sido sustentados na literatura por inúmeros autores (POOLE et al., 1994; WHIPP, 1994; ZOLADZ et al., 1998b).

Dentre os possíveis influenciadores do componente lento, um aumento no recrutamento de fibras de contração rápida em intensidades superiores ao primeiro limiar ventilatório tem sido aceito como o principal (WHIPP, 1994). Contudo, em protocolos progressivos, a diminuição na amplitude de incremento e aumento na duração dos estágios também pode influenciar na identificação do componente lento (WHIPP et al., 1981; LIMA, 1997; ZOLADZ et al., 1998a), possivelmente por um atraso na resposta do VO₂ das fibras de contração rápida (BARSTOW et al., 1996).

Termos das linhas de regressão e ângulos dos segmentos. Como nenhum déficit significativo do VO₂ foi observado, evidentemente nenhuma diferença foi encontrada entre os interceptos e inclinações das linhas de regressão acima e abaixo do LV1. O ângulo da diferença dos segmentos também evidenciou uma resposta linear. Hansen et al. (1987) testaram a influência do incremento de potência (15, 20, 25 e 30 W.min⁻¹) sobre a inclinação da curva de VO₂. Os autores concluíram que, em nenhuma das situações, a relação $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{W}$ foi alterada. Entretanto, os resultados desse trabalho devem ser interpretados com cautela, visto que, a inclinação foi calculada com os valores do teste todo, e em algumas situações, principalmente 15 e 20 W, uma considerável mudança na relação $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{W}$ poderia acontecer nas intensidades supralimiar.

Valores de referência para a relação $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{W}$ foram propostos na literatura e uma média de 10 mL.min⁻¹.W⁻¹ pode ser utilizado como padrão de normalidade (HANSEN et al., 1987; SOLAL et al., 1990). Os indivíduos do presente estudo apresentaram valores inferiores a esse (aproximadamente 8,7 mL.min⁻¹.W⁻¹), o que aproxima dos valores limites de normalidade de função cardíaca (8,6 mL.min⁻¹.W⁻¹) propostos por Hansen et al. (1987). Entretanto, os indivíduos do

presente estudo não evidenciaram nenhuma alteração no eletrocardiograma de esforço, sugerindo que essas diferenças ocorreram possivelmente em virtude do método utilizado para o cálculo da relação $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{W}$. Uma significativa associação entre VO_{2max} e inclinação > LV1 foi obtida (r = 0,78), assim como, entre VO_{2max} e k_{int} (r = -0,71), demonstrando uma maior inclinação da curva de VO₂ em intensidades acima do LV1 nos indivíduos que apresentaram maior VO_{2max}. Relações similares entre o consumo de oxigênio submáximo e o VO_{2max} foram apresentadas na literatura, inferindo que indivíduos com maior VO_{2max} apresentam menor economia de movimento e vice – versa (PATE et al., 1992; LUCÍA et al., 2002). Contudo, a extrapolação desse pensamento a partir dos dados do presente estudo precisa ser feita com cautela, visto que, a duração dos estágios utilizados no presente estudo favorece um maior VO₂ em indivíduos com cinética mais rápida para essa variável (LIMA SILVA et al., 2002).

Conclusões

Em resumo, no presente estudo, utilizando um teste progressivo na bicicleta ergométrica com incrementos de 25 W a cada minuto, não foi possível identificar um significativo aumento na curva de VO₂ coincidente com o primeiro limiar de lactato ou ventilatório, sugerindo um não aparecimento do componente lento nesse tipo de protocolo. Resta ainda a necessidade de estudos que comparem diretamente diferentes protocolos e amplitudes de incremento/tempo de estágio. Existe uma tendência de indivíduos que apresentam maior VO_{2max} evidenciarem uma maior inclinação da curva de VO₂ em intensidades acima do LV1.

Referências

- BARSTOW, T. J.; JONES, A. M.; NGUYEN, P. H.; CASABURI, R. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 81, n. 4, p.1642-1650, 1996.
- 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.
- FALLS, H. B.; HUMPHREY, L. D. Energy cost of running and walking in young women. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v.8, n.1, p.9-13, 1976.
- GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sports Science Reviews**, Baltimore, v.24, p.35-71, 1996.

- HANSEN, J. E.; SUE, D. Y.; OREN, A.; WASSERMAN, K. Relation of oxygen uptake to work rate in normal men and men with circulatory disorders. **American Journal of Cardiology**, New York, v.59, n.6, p.669-674, 1987.
- HAWLEY, J. A.; NOAKES, T. D. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.65, n.1, p.79-83, 1992.
- HILL, A. V.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. **Quarterly Journal of Medicine**, Oxford, v.16, n.16, p.135-171, 1923.
- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.42, n.1, p.25-34, 1979.
- LATIN, R. W.; BERG, K. E. The accuracy of the ACSM and a new cycle ergometry equation for young women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.26, n.5, p.642-646, 1994.
- LÉGER, L.; GADOURY, C. Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min to predict VO_{2max} in adults. **Canadian Journal of Sports Science**, Ontario, v.14, n.1, p.21-26, 1989.
- LIMA, J. R. P. **Frequência cardíaca em cargas crescentes de trabalho: Ajuste sigmóide, ponte 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, 1997.
- LIMA SILVA, A. E.; LOTUFO, R. F. Ajustes lineares vs quadráticos da curva de consumo de oxigênio em cargas crescentes. **Revista Motriz**, Rio Claro, v.9, n.1, supl., p.S120, 2003a.
- _____. Identificação do ponto de modificação cinética da curva de VO_2 em testes progressivos. **Revista Motriz**, Rio Claro, v.9, n.1, supl., p.S121, 2003b.
- LIMA SILVA, A. E.; BERTUZZI, R. C. M.; LOTUFO, R. F.; DE OLIVEIRA, F. R. Comportamento do VO_2 em diferentes níveis de aptidão aeróbia e tempos de análise. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. São Paulo, v.8, n.5, supl. p.194, 2002.
- LIMA SILVA, A. E.; GAGLIARDI, J. F. L.; LOTUFO, R. F.; KISS, M. A. P. D. M. Ajustes lineares vs quadráticos da curva de consumo de oxigênio em testes progressivos. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**. São Caetano do Sul, v.11, n.4, p.13-18, 2003.
- LUCÍA, A.; HOYOS, J.; MARGARITA, P.; SANTALLA, A.; CHICARRO, J.L. Inverse relationship between VO_{2max} and economy/efficiency in world – class cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.12, p.2079- 2084, 2002.
- MEDBO, J. I.; BURGERS, S. Effect of training on the anaerobic capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.22, n.4, p.501-507, 1990.
- MEDBO, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O. M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O_2 deficit. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.64, n.1, p.50-60, 1988.
- MCMIKEN, D. F.; DANIELS, J. T. Aerobic requirements and maximum aerobic power in treadmill and track running. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v.8, n.1, p.14-17, 1976.
- OLESEN, H. L. Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.73, n.3, p.1130-1134, 1992.
- PATE, R. R.; MACERA, C. A.; BAILEY, S. P.; BARTOLI, W. P.; POWELL, K. E. Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.24, n.10, p.1128-1133, 1992.
- PENDERGAST, D. P.; CERRETELLI, P.; RENNIE, D. W. Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environment Exercise Physiology**, Bethesda, v.47, n.4, p.754-760, 1979.
- POKAN, R.; HOFMANN, P.; LEHMANN, M.; LEITNER, H.; EBER, B.; SCHWABERGER, G.; KEUL, J.; KLEIN, W. Heart rate deflection related to lactate performance curve and plasma catecholamine response during incremental cycle ergometer exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.70, n.2, p.175-179, 1995.
- POKAN, R.; HOFMANN, P.; DUVILLARD, S.P.; SCHUMACHER, M.; GASSER, R.; ZWEIKER, R.; FRUHWALD, F. M.; EBER, B.; SMEKAL, G.; BACHL, N.; SCHMID, P. Parasympathetic receptor blockade and the heart rate performance curve. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, n.2, p.229-233, 1998.
- POOLE, D. C.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.59, n.6, p.421-429, 1990.
- POOLE, D. C.; GLADDEN, L. B.; KURDAK, S.; HOGAN, M. C. L- (+)- Lactate infusion into working dog gastrocnemius: no evidence lactate per se mediates VO_2 slow

component. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.76, n.2, p.787-792, 1994.

ROBERGS, R. A. An exercise physiologist's "contemporary" interpretations of the "ugly and creaking edifices" of the VO_{2max} concept. **Journal of Exercise Physiology**_{online}, Duluth, v.4, n.1, p.1-44, 2001.

RILEY, M. S.; COOPER, C. B. Ventilatory and gas exchange responses during heavy constant work-rate exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.1, p.98-104, 2002.

RUSSELL, A. P.; LE ROSSIGNOL, P. F.; SNOW, R. J.; LO, S. K. Improving the precision of the accumulated oxygen deficit using VO_2 -power regression points from below and above the lactate threshold. **Journal of Exercise Physiology**_{online}, Duluth, v.5, n.1, p.23-31, 2002.

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.

SOLAL, A. C.; CHABERNAUD, J. M.; GOURGON, R. Comparison of oxygen uptake during bicycle exercise in patients with chronic heart failure and in normal subjects. **Journal of American College Cardiology**, New York, v.16, n.1, p.80-85, 1990.

SPENCER, M. R.; GASTIN, P. B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.33, n.1, p.157-162, 2001.

STRINGER, W.; WASSERMAN, K.; CASABURI, R.; PORZASZ, J.; MAEHARA, J. K.; FRENCH, W. Lactic acidosis as a facilitator of oxyhemoglobin dissociation during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.76, n.4, p.1462-1467, 1994.

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.236-243, 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 Sports Medicine**, Stuttgart, v.23, n.1, p.22-27, 2002.

WHIPP, B. J. The component of O_2 uptake kinetics during heavy exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.26, n.11, p.1319-1326, 1994.

WHIPP, B. J. WASSERMAN, K. Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.33, n.3, p.351-356, 1972.

WHIPP, B. J. WARD, S. A. Physiological determinants of pulmonary gas exchange kinetics during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.22, n.1, p.62-71, 1990.

_____. DAVIS, J. A.; TORRES, F.; WASSERMAN, K. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environment Exercise Physiology**, Bethesda, v.50, n.1, p.217-221, 1981.

XU, F.; RHODES, E. C. Oxygen Uptake Kinetics during exercise. **Sports Medicine**, Auckland, v.27, n.5, p.313-327, 1999.

ZOLADZ, J. A.; SZKUTNIK, Z.; MAJERCEZAK, J.; DUDA, K. Detection of the change point in oxygen uptake during an incremental exercise test using recursive residuals: relationship to the plasma lactate accumulation and blood acid base balance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.78, n.4, p.369-377, 1998a.

ZOLADZ, J. A.; DUDA, K.; MAJERCEZAK, J. VO_2 /Power output relationship and the slow component of oxygen uptake kinetics during cycling at different pedalling rates: relationship to venous lactate accumulation and blood acid-base balance. **Physiological Research**, Prague, v.47, n.6, p.427-438, 1998b.

Endereço:

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

Agradecemos a colaboração do professor Dr. Fernando Roberto de Oliveira durante o processo de revisão do trabalho.

*Manuscrito recebido em 16 de novembro de 2003.
Manuscrito aceito em 6 de abril de 2005.*