

Associação entre limiares ventilatórios e percepção do esforço

Association between ventilatory thresholds and perceived exertion

SILVA, G.S.F.; DERESZ, C.S.; LIMA, P.R.J. Associação entre limiares ventilatórios e percepção do esforço. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(1): 79-86.

RESUMO – O método ventilatório pode ser usado na identificação indireta do limiar anaeróbico (Lan). São identificados dois pontos correspondentes aos limiares ventilatórios (LVs), denominados LV1 e LV2. Os objetivos desse trabalho foram: estudar a associação entre o LV1 e a percepção do esforço (PE), utilizando a escala de Borg, e testar hipótese que também existe associação entre o LV2 e a PE. Foram estudados 20 indivíduos (16 homens e 4 mulheres) com $24,8 \pm 7$ anos de idade, IMC $23,4 \pm 2,3$ Kg/m² e VO₂máx $2,34 \pm 2,3$ l/min, que realizaram teste máximo em cicloergômetro com progressão de 20 w/min até a exaustão. A identificação dos LVs foi realizada por inspeção visual dos gráficos dos equivalentes ventilatórios do VO₂ e VCO₂ pelo % da carga máxima. No tratamento, utilizaram-se a análise de regressão e teste “t” de Student ($p < 0,05$) para dados pareados. O LV1 ocorreu no nível 15 ± 1 da Escala de Borg e em $65,5 \pm 6\%$ da carga máxima. Usando o nível 15, estimou-se o LV1 em $64,8 \pm 6\%$ da carga máxima. O LV2 ocorreu no nível $18 \pm 1,2$ da Escala de Borg e em $83,9 \pm 5\%$ da carga máxima. Usando o nível 18, estimou-se o LV2 em $84,8 \pm 5\%$ da carga máxima. Para os dois limiares, não houve diferença significativa entre os valores observados e estimados ($p < 0,05$). Podemos concluir que o percentual da carga máxima nos LVs está associado à PE de 15 e 18 da Escala de Borg.

PALAVRAS-CHAVE – Limiar anaeróbico, Escala de Borg e Exercício Aeróbico.

SILVA, G.S.F.; DERESZ, C.S.; LIMA, P.R.J. Associação entre limiares ventilatórios e percepção do esforço. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(1): 79-86.

ABSTRACT – The ventilatory method can be used to indirectly identify anaerobic threshold. It is identified by two points that correspond to the two ventilatory thresholds (VT) termed VT1 and VT2. Our purpose was to study the association between VT1 and perceived exertion (PE) and to test the hypothesis that also exist association between VT2 and PE. Twenty individuals were studied (sixteen men and four women) with 24.8 ± 7 years of age, BMI 23.4 ± 2.3 (Kg/m²) and VO₂max 2.34 ± 2.3 (l/min). All the individuals performed incremental protocol with increments of 20 w/min, using a cycle ergometer, until voluntary exhaustion. The VTs were obtained by visual inspection of the ventilatory equivalent of VO₂ and VCO₂ plots. For statistical analysis, were used the regression analysis and Student “t” test ($p < .05$) for dependent samples. The VT1 occurred in the level 15 ± 1 of the Borg’s scale and in $65.5 \pm 6\%$ of the maximum load. Using the level 15, VT1 was estimated in $64.8 \pm 6\%$ of the maximum load. VT2 occurred at the level 18 ± 1.2 of the Borg’s scale and in $83.9 \pm 5\%$ of the maximum load. Using the level 18, the VT2 was estimated in $84.8 \pm 5\%$ of the maximum load. For the two thresholds, there was no significant difference between observed and predicted values. In conclusion, VT1 and VT2 are associated to PE respectively in the levels 15 and 18 of the Borg’s scale.

KEYWORDS – Anaerobic Threshold, Borg Scale and Aerobic Exercise.

Glauber dos Santos Ferreira da Silva^{1,2}

Cristine Sponchiado Deresz²

Jorge Roberto Perrout Lima²

¹ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Departamento de Fisiologia – USP, Avenida dos Bandeirantes nº 3900, Vila Monte Alegre, Ribeirão Preto – SP, CEP - 14049-900
² Rua João Weiss, 27, Altos dos Pinheiros, Juiz de Fora – MG, Cep – 36036-237

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Número do Processo: 107818/2003-5

Recebimento: 09/11/2005
Aceite: 18/03/2006

Endereço para correspondência: Jorge Roberto Perrout de Lima. Rua João Weiss, 27 / Alto dos Pinheiros. CEP:36036-237 - Juiz de Fora – MG. e-mail: jperrout@faefid.ufjf.br

Introdução

O Limiar Anaeróbio (Lan) tem sido difundido como índice de avaliação aeróbia por ser mais sensível ao treinamento do que $VO_2\max$, por sua correlação com a performance e pela validade e reprodutibilidade dos protocolos de identificação. Características que o tornam um importante instrumento na prescrição da intensidade do exercício e um indicador da capacidade cardiorespiratória⁽⁶⁾. Dentre outros, o método ventilatório pode ser usado na identificação indireta do Lan. Esse método se baseia nas mudanças do padrão da ventilação, do consumo de oxigênio e da produção de CO_2 durante o exercício progressivo^(1,16), levando em consideração o comportamento da: ventilação (VE), equivalente ventilatório do O_2 (VE/VO_2) e equivalente ventilatório do CO_2 (VE/VCO_2). Podem-se identificar dois pontos que marcam transições metabólicas – Limiares Ventilatórios (LVs)^(16,18).

O primeiro limiar ventilatório (LV1), em um teste escalonado, é caracterizado pelo aumento sistemático do VCO_2 , causado pela maior produção de CO_2 como consequência do tamponamento do H^+ pelo bicarbonato (HCO_3^-), que é o principal meio de transporte de CO_2 . O LV1 é identificado pelo aumento do VE/VO_2 (isto é, taxa de aumento de VE maior do que VO_2) sem aumento marcado de VE/VCO_2 . Prosseguindo no aumento da intensidade do exercício, atinge-se o segundo limiar ventilatório (LV2). Este ponto é caracterizado pela incapacidade do sistema respiratório em tamponar o H^+ , como consequência a VE aumenta desproporcionalmente à eliminação de CO_2 , o que eleva o VE/VCO_2 ^(1,16,20). Caiozzo et al.⁽⁴⁾ demonstraram alta correlação ($r=0,93$) entre teste-reteste ao usar o VE/VO_2 para detectar o Lan. Entretanto, apesar de indireto, o método ventilatório é pouco acessível na prática porque exige a análise dos gases expirados, que o torna muito dispendioso.

Alguns estudos buscaram associar o LV1 à percepção do esforço (PE). Esses estudos utilizaram, para a medida da PE, a Escala de Borg de 15 níveis (6-20) que é um instrumento prático, de simples manipulação e ligado à intensidade do exercício. Isso possibilita seu uso na prescrição do treinamento não só para indivíduos saudáveis e atletas, mas também para grupos especiais⁽¹¹⁻¹²⁾. Porém, não se encontrou um ponto específico na escala que fosse marcador desse limiar. Nos estudos

revisados, o LV1 se encontrava entre os níveis *Pouco Intenso* e *Intenso* na Escala de Borg^(5,7-10,14,15,19). Tais variações podem ter ocorrido em função do ergômetro e/ou da idade dos indivíduos. Com relação ao gênero e ao estado de treinamento, não houve diferenças.

Como ainda há controvérsia quanto ao nível da escala de Borg correspondente ao LV1 e como não há estudo que estabeleça relação entre PE e o LV2, os objetivos desse estudo foram: estudar a associação entre o LV1 e a PE, utilizando a escala de Borg, em um grupo de indivíduos ativos e testar a hipótese de que também existe associação entre o LV2 e a PE, utilizando a mesma escala, no mesmo grupo de indivíduos.

Métodos

Sujeitos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora. O grupo de sujeitos foi composto por 20 indivíduos (16 homens e 4 mulheres). Foram incluídos apenas indivíduos que não tinham nenhuma enfermidade cardiovascular. Todos assinaram termo de consentimento livre esclarecido.

Medidas antropométricas

As medidas antropométricas utilizadas foram: peso, estatura, dobras cutâneas do tórax, abdômen, tríceps, suprailíaca, e coxa. Com tais medidas, foram calculados os índices de massa corporal e o percentual de gordura⁽²⁰⁾.

Teste Progressivo

Todos os indivíduos realizaram um teste máximo em cicloergômetro. Para determinação da carga inicial, solicitava-se que o indivíduo pedalasse a uma carga correspondente ao nível 13 na escala de Borg 6-20, para aplicação das cargas subsequentes, acrescentavam-se 20 W por minuto, até a exaustão. A PE foi medida pela escala de Borg (6-20). Ao final de cada estágio do teste, era pedido ao sujeito que apontasse um valor na escala de Borg que correspondesse à sua PE. Antes de iniciar o teste, a escala foi explicada padronizadamente para todos os sujeitos⁽²⁾. A análise dos gases (VE , VO_2 e VCO_2) foi realizada continuamente pelo analisador metabólico do modelo Teem 100 (Aerosport) com amostragem

a cada 20 s de coleta. A FC foi registrada pelo monitor Polar Vantage NV, ao final de cada estágio. A temperatura foi mantida entre 21 – 24° C, de forma que não interferisse na PE.

Identificação dos Limiares Ventilatórios

Para identificação dos LVs, foram construídos gráficos de dispersão em que os valores de VE/VO_2 e VE/VCO_2 foram plotados em função do percentual da carga máxima de cada indivíduo. O LV1 foi identificado na carga em que o VE/VO_2 apresentou seu menor ponto antes de aumento consistente. O menor valor de VE/VCO_2 anterior ao aumento consistente foi usado como identificador do LV2. A identificação foi feita por 2 avaliadores independentes por meio da análise visual dos gráficos.

Tratamento estatístico

Os resultados do estudo foram apresentados em média e desvio padrão. A PE e % da carga máxima em que foram identificados os limiares, também foram apresentados em histogramas, para que se pudesse visualizar a

distribuição dos dados e a moda. A média da PE em cada limiar foi utilizada para estimar os LVs. Para observar o grau de associação entre os limiares observados e preditos pela PE, os valores de LV1 e LV2 observados e estimados foram submetidos à análise de regressão e ao teste “t” de Student ($p < 0,05$) para dados pareados. Na análise de regressão, os valores preditos foram plotados no eixo nas abscissas e os observados, nas coordenadas. Foram calculados: a reta de regressão, pelo método dos quadrados mínimos; o coeficiente de determinação, pelo quadrado do coeficiente de correlação de Pearson; e o erro padrão de estimativa, pelo quadrado dos resíduos. Para testar a normalidade da curva de distribuição de frequência das variáveis estudadas, foi usado o teste de Kolmogorov–Smirnov.

Resultados

A caracterização da amostra é apresentada na Tabela 1. A Figura 1 mostra a relação entre PE e intensidade do exercício em que o aumento do percentual da carga máxima, ou seja, na intensidade é acompanhado pelo aumento linear da PE ($r^2 = 0,88$).

Tabela 1. Caracterização da amostra (média \pm desvio padrão).

	Masculino (N=16)	Feminino (N=4)	Total (N=20)
Idade (anos)	25,5 \pm 7,7	22,0 \pm 2,2	24,8 \pm 7,0
IMC (Kg/m ²)	23,8 \pm 2,3	21,5 \pm 1,1	23,4 \pm 2,3
% Gordura	12,9 \pm 6,9	20,3 \pm 5,5	14,4 \pm 7,2
Carga Máxima (W)	257 \pm 31	190 \pm 21	243 \pm 40
VO ₂ máx (l/min)	2,97 \pm 0,45	2,01 \pm 0,26	2,34 \pm 2,3
FCmáx (bpm)	191 \pm 10,6	189 \pm 9,7	191 \pm 10,2

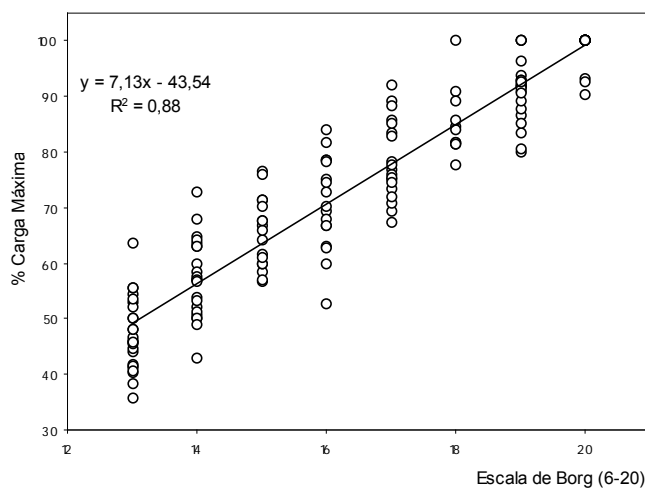


Figura 1. Correlação entre escala de Borg e percentual da carga máxima.

As Figura 2 e 3 mostram a distribuição de frequência da PE e do percentual da carga máxima no LV1 e no LV2. Pode-se observar que no LV1 a moda da PE foi o nível 14 (valor de maior frequência), porém a média da PE no LV1 é o nível 15. Apesar dessa disparidade, pelo teste de Kolmogorov – Smirnov ($p < 0,05$) as curvas apresentaram um padrão de normalidade. No LV2, a distribuição da PE é mais simétrica, ou seja, o nível 18 é a moda e a média. Os percentuais da carga máxima para os LV1 e LV2 têm distribuição normal.

A Tabela 2 apresenta a média e desvio padrão da PE e do percentual da carga máxima nos LV1 e LV2. O LV1 ocorreu no nível 15 ± 1 da Escala de Borg e em $65,5 \pm 6$ % da carga máxima. Usando o nível 15, estimou-se o LV1 em $64,8 \pm 6$ % da carga máxima. O LV2 ocorreu no nível $18 \pm 1,2$ da Escala de Borg e em $83,9 \pm 5$ % da carga máxima. Usando o nível 18, estimou-se o LV2 em $84,8 \pm 5$ % da carga máxima. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o percentual da carga máxima estimado e observado no LV1 e no LV2.

Tabela 2. Percentual da carga máxima estimado e observado e escala de Borg, nos limiares ventilatórios (média \pm desvio padrão).

Limiar Ventilatório	% carga máxima		Percepção do Esforço
	Observado	Estimado	Observada (6-20)
LV1	$64,8 \pm 6$	$65,5 \pm 6$	$15 \pm 1,0$
LV2	$83,9 \pm 5$	$84,8 \pm 5$	$18 \pm 1,2$

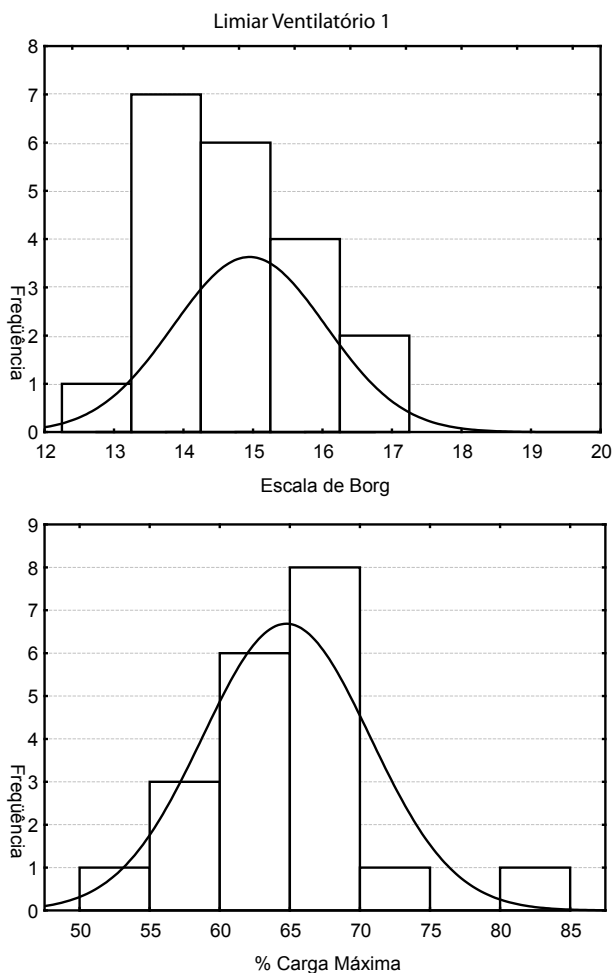


Figura 2 – Histogramas da percepção do esforço e do percentual da carga máxima nos LV1.

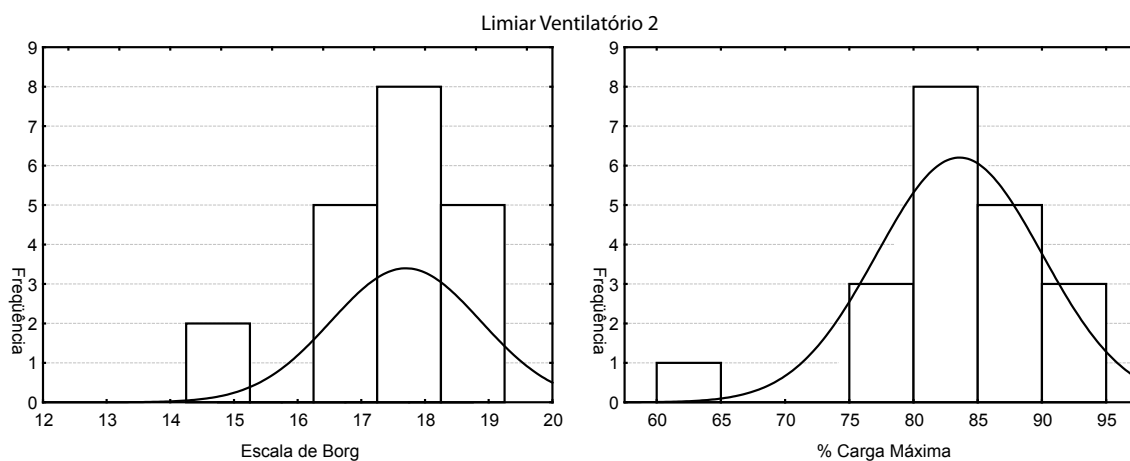


Figura 3 – Histogramas da percepção do esforço e do percentual da carga máxima nos LV2.

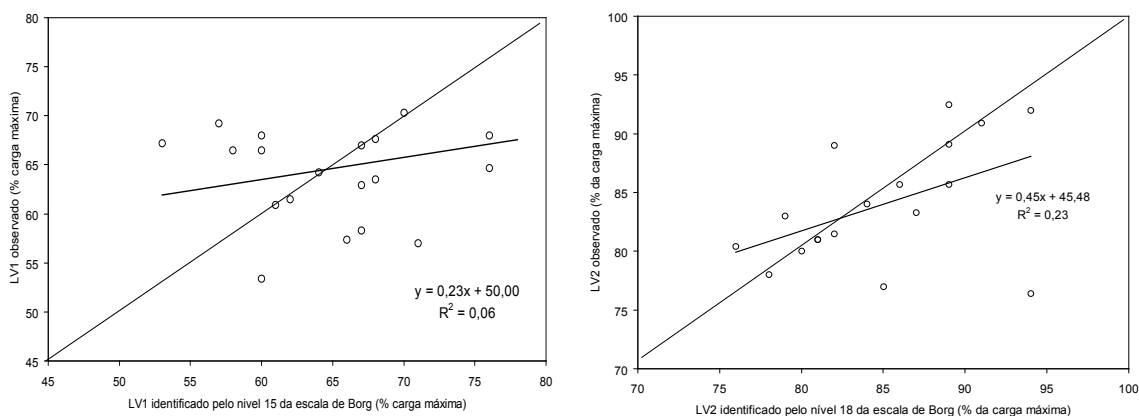


Figura 4 – Análise de regressão dos valores observados e estimados dos LV1 (acima) e LV2 (abaixo).

Os gráficos de dispersão, que mostram a análise de regressão dos valores observados e estimados, estão na Figura 4. Houve correlação significativa ($p < 0,05$) apenas na estimativa de LV2 (LV1 $r = 0,24$; LV2 $r = 0,48$). Entretanto, os erros padrão de estimativa foram baixos para os dois limiares (LV1 = 6,7 %, LV2 = 4,9 %).

Discussão

Nos últimos anos, tem-se buscado simplificar a prescrição do treinamento. Alguns estudos mostraram que existe associação entre a PE e o LV1. Este trabalho, além de estudar a associação entre LV1 e PE, buscou estudar se a PE também guarda algum grau de associação com o LV2. O percentual da carga máxima observado nos LVs e os valores estimados pela PE não foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$). Entretanto, dos valores

observados e estimados, apenas a estimativa do LV2 apresentou correlação significativa. O LV1 mostrou associação com o nível 15 da escala de Borg, com correlação de $r = 0,24$ e o LV2 com o nível 18, com correlação $r = 0,48$. Os valores de correlação são relativamente baixos, porém, o erro padrão das estimativas também foram baixos (LV1=6,7% e LV2=4,9%). Considerando a moda (valor de maior frequência), o LV1 ocorreu no nível 14 e o LV2 no nível 18.

Ferliche *et al.* ⁽⁷⁾, avaliaram o uso de um valor fixo na escala de Borg como estimativa da carga correspondente ao LV1. Nesse estudo, os autores fixaram o valor 12 - 13 e não encontraram diferença estatística quando ambos parâmetros (valor fixo e limiar ventilatório) foram expressos em VO_2 , % da carga máxima ou % VO_2 máx. Isso demonstra que há uma associação entre os LVs e a PE, cujo

conhecimento pode ser útil na prescrição de exercícios. Os resultados apresentados por Feriche *et al.* ⁽⁷⁾ são semelhantes aos do presente estudo, no qual não se observaram diferenças entre os percentuais da carga máxima observados e estimados no LV1.

Em outro estudo, Hill *et al.* ⁽¹⁰⁾, analisaram o efeito do treinamento na percepção do esforço no LV1, como forma de testar a hipótese que o treinamento, mesmo alterando algumas variáveis como VO_2 máx e o percentual do VO_2 relativo ao LV1, não alteraria o valor da PE. Os resultados demonstraram que, antes e depois do treinamento, os valores da PE no LV1 se mantiveram entre 13 – 15.

Outros autores encontraram valores aproximados aos de Feriche *et al.* ⁽⁷⁾, ou seja, o LV1 foi representado por valores entre 12 – 14 ^(9,19,8,15). Se comparados a esses estudos, nossos resultados parecem estar de forma geral no limite superior do intervalo em que se encontram os resultados da literatura. Essas diversidades poderiam ser atribuídas por diferenças no tipo de ergômetro e idade dos indivíduos estudados. Mahon *et al.* ⁽¹⁵⁾ demonstraram que os valores da PE no LV1 foram maiores nas crianças do que nos adultos. No estudo Green *et al.* ⁽⁸⁾ os valores da PE no cicloergômetro foram maiores do que na esteira.

Podemos considerar ainda as diferenças existentes entre a PE modulada por diferentes sinais sensoriais. Esses sinais podem ser centrais (por exemplo, a ventilação) e/ou locais como os provenientes da musculatura e articulações ^(3,17). De fato, alguns estudos citados utilizaram três medidas da PE no LV1, a PE-central, PE-local e a PE-global (a última é uma média de todas as sensações). Nos

resultados apresentados por Mahon *et al.* ⁽¹⁵⁾ os valores da PE-local foram maiores do que a PE-global e central no LV1. A contribuição e influência do sinal periférico na PE pode ser maior no cicloergômetro por trabalhar com menores grupos musculares.

Com relação ao LV2, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho que fizesse uma relação entre esse limiar e a PE. Por isso, neste estudo em particular, encontramos resultado inovador, que foi o estabelecimento de um ponto na escala de Borg que corresponde ao LV2 - o nível 18. Inclusive, com correlações mais altas do que o LV1. Porém, mais estudos, com diferentes amostras ou ergômetros, precisam ser realizados para confirmar e comparar com os resultados apresentados nesse estudo.

Este estudo também contribui para aumentar as evidências de que a escala de Borg é um instrumento que fornece informações que podem ser aplicadas na prescrição e no controle do treinamento, cujo uso é recomendado, principalmente, quando os recursos financeiros e tecnológicos são escassos. Entretanto, deve se investir em novos estudos que busquem desenvolver métodos que permitam a predição dos LVs pela PE.

Conclui-se que os LVs estão associados à PE. O LV1 corresponde ao nível 15 e o LV2 corresponde ao nível 18 em testes realizados em cicloergômetro.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Programa PBIC – UFJF

Referências Bibliográficas

1. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol.* 1986; 60: 2020-27.
2. Borg, G. *Escala de Borg para a dor e o esforço percebido.* São Paulo: Manole, 2000.
3. Cafareli, E. Peripheral contributions to the perception of effort. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14: 382-89.
4. Caiozzo VJ, Davis JA, Ellis JF, Azus JL, Vandagriff R, Prietto CA, et al. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol.* 1982; 53: 1184-89.
5. Demello JJ, Cureton KJ, Boineau RE, Singh MM. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 1987; 19: 354-62.
6. Denadai BS. *Avaliação aeróbia. Determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo.* Rio Claro: Motriz, 2000.
7. Feriche B, Chicharro JL, Vaquero AF, Perez M, Lucia A. The use of a fixed value of RPE during a ramp protocol. Comparison with the ventilatory threshold. *J Sports Med Phys Fitness.* 1998; 38: 35-8

8. Green JM, Crews TR, Bosak AM, Peveler WW. Overall and differentiated ratings of perceived exertion at the respiratory compensation threshold: effects of gender and mode. *Eur J Appl Physiol*. 2003; 89: 445-50.
9. Hill DW, Cureton KJ, Collins MA. Effect of time of day on perceived exertion at work rates above and below the ventilatory threshold. *Res Q Exerc Sport*. 1989; 60: 127-33.
10. Hill DW, Cureton KJ, Grisham SC, Collins MA. Effect of training on the rating of perceived exertion at the ventilatory threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1987; 56: 206-11.
11. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora S. Use of REP-Based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36: 1042-47.
12. Jakicic JM, Donnelly JE, Pronk NP, Jawad AF, Jacobsen DJ. Prescription of exercise intensity for the obese patient: the relationship between heart rate, VO₂ and perceived exertion. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1995; 19: 382-7.
13. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, Human Kinetics, 1988.
14. Mahon AD, Duncan GE, Howe CA, Del Corral P. Blood lactate and perceived exertion relative to ventilatory threshold: boys versus men. *Med Sci Sports Exerc*. 1997; 29: 1332-7.
15. Mahon AD, Gay JA, Stolen KQ. Differentiated ratings of perceived exertion at ventilatory threshold in children and adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998; 78: 115-20.
16. Reinhard U, Muller PH, Schmulling RM. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration*. 1979; 38:36-42.
17. Robertson RJ. Central Signals of perceived exertion during dynamic exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1982; 14: 390-96.
18. Skinner JS, McLellan H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport*. 1980; 51: 234-48.
19. Swaine IL, Emmett J, Murty D, Dickinson C, Dudfield M. Rating of perceived exertion and heart rate relative to ventilatory threshold in women. *Br J Sports Med*. 1995; 29: 57-60.
20. Wasserman K, Stringer WW, Casaburi R, Koike A, Cooper CB. Determination of the anaerobic threshold by gas exchange: biochemical considerations, methodology and physiological effects. *Z Kardiol*. 1994; 83: 1-12.