

# A acurácia da determinação do $\dot{V}O_{2max}$ e do limiar anaeróbio\*

Paulo Cesar N. Granja Filho, Fernando A.M.S. Pompeu e Alair Pedro Ribeiro de Souza e Silva

## RESUMO

São raros estudos que tratam da acurácia de parâmetros de trocas gasosas durante o esforço, com a população brasileira. **Objetivo:** Determinar a confiabilidade do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) e do limiar anaeróbio (LAN), assim como, a objetividade do segundo (LAN) em adultos jovens saudáveis. **Métodos:** Foram aplicados dois testes de esforço máximo, a partir dos quais dois observadores independentes determinaram o LAN através do método de inspeção visual. Os dados foram tratados por meio da análise de regressão, coeficiente de correlação intraclasse (CCI), ANOVA com dois fatores com teste *post hoc* de Tukey e teste *t* pareado para  $\alpha \leq 0,05$ . As variações intra-observadores e intra-sujeitos foram determinadas por meio do erro típico (s) e coeficiente de variação (CV). **Resultados:** Não houve diferença significativa entre os testes para o  $\dot{V}O_{2max}$  e LAN. Não foram observadas diferenças significativas entre testadores para a determinação do LAN. O  $\dot{V}O_{2max}$  apresentou entre os dois testes CCI = 0,97,  $s = \pm 0,14L \cdot \text{min}^{-1}$  e CV =  $\pm 5,5\%$  e para o LAN o CCI = 0,90,  $s = \pm 0,14L \cdot \text{min}^{-1}$ , e CV =  $\pm 9,2\%$ . A determinação do LAN interobservadores apresentou CCI = 0,95,  $s = \pm 0,10L \cdot \text{min}^{-1}$  e CV =  $\pm 5,6\%$ . **Conclusão:** O  $\dot{V}O_{2max}$  e o LAN foram medidas satisfatoriamente precisas.

## ABSTRACT

### Accuracy of $\dot{V}O_{2max}$ and anaerobic threshold determination

Studies on the accuracy of the gas exchange and ventilation parameters during exertion involving the Brazilian population are scarce in literature. **Objective:** To determine the reliability of the maximal oxygen intake ( $\dot{V}O_{2max}$ ) and anaerobic threshold (AnT), as well as the objectivity of the AnT determination in Brazilian healthy youth adults. **Methods:** Two tests of maximal exertion were applied. Two independent observers applied the visual inspection method for the AnT determination. The data were compared by means of the regression analysis, intraclass correlation coefficient (ICC), two-way ANOVA and the paired *t*-test for an  $\alpha \leq 0.05$ . The intra-observer and intra-subject variabilities were determined by means of the typical error (s) and variation coefficient (VC). **Results:** No significant differences between tests for the  $\dot{V}O_{2max}$  and AnT determination as well as between observers in AnT determination were observed. The new  $\dot{V}O_{2max}$  presented ICC = 0.97,  $s = \pm 0.14 L \cdot \text{min}^{-1}$ , and VC =  $\pm 5.5\%$ . The AnT presented ICC = 0.90,  $s = \pm 0.14 L \cdot \text{min}^{-1}$ , and VC =  $\pm 9.2\%$ . The inter-observers AnT determination presented ICC = 0.95,  $s = 0.1 L \cdot \text{min}^{-1}$  and VC = 5.6%. **Conclusion:** The  $\dot{V}O_{2max}$  and the AnT are reliable measurements, and the AnT determination was demonstrated to be an objective method in the population studied.

**Palavras-chave:** Objetividade. Consumo máximo de oxigênio. Limiar de lactato e limiar ventilatório.

**Key words:** Reliability. Objectivity. Maximal oxygen intake. Anaerobic threshold and ventilatory threshold.

**Palabras-clave:** Objetividad. Consumo máximo de oxígeno. Umbral de lactato y umbral ventilatorio.

## RESUMEN

### La exactitud en la determinación del $\dot{V}O_{2max}$ y del umbral anaeróbico

Son raros los estudios que tratan de la exactitud de los parámetros de cambios gaseosos durante el esfuerzo con la población brasileña. **Objetivo:** Determinar la confiabilidad del consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_{2max}$ ) y del umbral anaeróbico (LAN), así como la objetividad del segundo, (LAN) en adultos jóvenes saludables. **Métodos:** Fueron aplicados dos tests de esfuerzo máximo, a partir de los cuales dos observadores independientes determinaron el LAN a través del método de inspección visual. Los datos fueron tratados por medio del análisis de regresión, coeficiente de relación intraclase (CCI), ANOVA con dos factores con test *post hoc* de Tukey y el test *t* apareado para  $\alpha \leq 0,05$ . Las variaciones intra-observadores e intra-sujetos fueron determinados por medio del error típico (s) y el coeficiente de variación (CV). **Resultados:** No hubo diferencia significativa entre los tests para el  $\dot{V}O_{2max}$  y el LAN. No fueron observadas diferencias significativas entre los testeadores para la determinación del LAN. El  $\dot{V}O_{2max}$  presentó entre los dos tests CCI = 0,97,  $s = \pm 0,14 L \cdot \text{min}^{-1}$  y CV =  $\pm 5,5\%$  y para el LAN el CCI = 0,90,  $s = \pm 0,14 L \cdot \text{min}^{-1}$ , e CV =  $\pm 9,2\%$ . La determinación del LAN interobservadores presentó CCI = 0,95,  $s = \pm 0,10 L \cdot \text{min}^{-1}$  e CV =  $\pm 5,6\%$ . **Conclusion:** El  $\dot{V}O_{2max}$  y el LAN fueron medidas satisfatoriamente precisas.

## INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) e o limiar anaeróbio (LAN) são parâmetros usados para a avaliação da função cardiorrespiratória máxima e reserva funcional. O  $\dot{V}O_{2max}$  vem auxiliando na triagem de candidatos ao transplante cardíaco ( $< 14\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), pois, apresenta elevado valor preditivo da mortalidade destes pacientes<sup>(1,2)</sup>.

O desempenho atlético em provas de longa duração apresenta boa associação ( $r = 0,78$ ) com o  $\dot{V}O_{2max}$ <sup>(3)</sup>. Contudo, este fenômeno não foi observado em grupos homogêneos de atletas de alto nível<sup>(4,5)</sup>. Correlações mais fortes podem ser encontradas entre o LAN e o desempenho em provas de longa duração ( $r = 0,94$  a  $0,98$ )<sup>(3)</sup>.

Para medidas destes parâmetros, no âmbito clínico e desportivo, emprega-se ergoespirômetros automatizados com boa resolução temporal. Contudo, a instrumentação disponível na maioria dos laboratórios nacionais é menos sofisticada, em virtude do menor custo. Estes equipamentos não têm sido avaliados quanto à quali-

\* Departamento de Biociências da Atividade Física – EEFD/UFRJ.

Recebido em 17/12/04. 2ª versão recebida em 18/1/05. Aceito em 12/5/05.

**Endereço para correspondência:** Departamento de Biociências da Atividade Física – EEFD/UFRJ, Av. Brigadeiro Trompowsk, s/n, Cidade Universitária, Ilha do Fundão – 29141-590 – Rio de Janeiro, RJ. Fax: (21) 2562-6801. E-mail: pompeu\_fernando@hotmail.com

dade das medidas. Neste caso, os pesquisadores nacionais ficam limitados a extrapolações baseadas em estudos feitos no exterior com equipamentos mais sofisticados. Portanto, o objetivo da presente investigação foi analisar a confiabilidade do  $\dot{V}O_{2max}$  e LAN, assim como, a objetividade do segundo parâmetro, quando empregados equipamentos amplamente difundidos no território nacional.

## MÉTODOS

Foram sujeitos desta investigação 14 adultos jovens, saudáveis, não tabagistas e envolvidos em atividades físicas não competitivas com:  $24 \pm 4$  anos,  $66,2 \pm 13,7$ kg e  $169,6 \pm 10,2$ cm. Esse grupo era composto por cinco mulheres ( $28 \pm 6$  anos;  $57,2 \pm 4,1$ kg e  $160,2 \pm 7,1$ cm) e nove homens ( $22 \pm 2$  anos,  $71,1 \pm 14,8$ kg e  $174,8 \pm 7,4$ cm). Antes da realização dos testes, os voluntários preencheram um Termo de Consentimento e Esclarecimento. O protocolo experimental deste estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Estudos com Seres Humanos do HSE (CEP. 000.021/99). Recomendou-se, para o dia prévio ao exame, a abstinência de atividades físicas extenuantes. Recomendou-se também, evitar cafeína e alimentos nas três horas antecedentes ao esforço.

Na primeira visita ao laboratório, os voluntários realizaram um teste de familiarização. Uma semana após este teste, os sujeitos retornaram ao laboratório para a realização dos testes experimentais que foram separados pelo intervalo mínimo de uma e máximo de duas semanas.

Foi utilizado um protocolo escalonado e contínuo<sup>(6)</sup>, constando de repouso inicial por seis minutos sentado sobre o cicloergômetro (*Monark*<sup>®</sup>, Brasil), seguido por aquecimento de quatro minutos sem carga e, posteriormente, pela fase escalonada com duração de oito a 12 minutos. Para os incrementos, calculou-se indiretamente a carga máxima ( $W_{max}$ )<sup>(7)</sup>, sendo esta dividida em 10 partes para a determinação dos estágios de um minuto. As cadências variaram por indivíduo, de 60 a 96rpm, e os incrementos, de 15 a  $35W \cdot \text{min}^{-1}$ .

As variáveis de trocas gasosas e ventilatórias foram integradas a cada 20 segundos, a partir de medidas coletadas por um analisador metabólico (*Aerosport*<sup>®</sup> TEEM 100, EUA) e pneumotacógrafo de fluxo médio (*Hans Rudolph*<sup>®</sup>, EUA). A frequência cardíaca foi monitorada por um cardiocômetro (*Polar Sport Tester*<sup>®</sup>, Finland) a cada cinco segundos.

Os procedimentos de calibragem dos equipamentos foram feitos previamente à realização de cada teste. Calibrou-se o ergoespirometro fornecendo-se uma mistura de gases padrão (*AGA*<sup>®</sup>, Brasil) balanceada com nitrogênio, contendo 17,01% de oxigênio e

5,00 % de dióxido de carbono. O fluxo foi calibrado através de uma seringa de três litros (*Hans Rudolph*<sup>®</sup>, EUA) e o cicloergômetro, por meio de um lastro de 3kg.

Os testes, realizados sempre pelo mesmo operador, foram considerados satisfatórios quando alcançado pelo menos um dos seguintes critérios<sup>(8)</sup> para esforço máximo: platô no  $\dot{V}O_2$  (aumento  $\leq 150\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$  ou  $2\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ),  $FC_{max} \geq 180\text{bpm}$ ,  $Borg \geq 18$  e  $RER \geq 1,1$ . Não houve estímulo verbal, ou de outra natureza externa, que pudesse alterar o tempo de continuação do esforço.

A determinação do LAN foi feita pelo método de inspeção visual<sup>(6,9-11)</sup>. Para tanto, foram analisados os gráficos *v-slope* modificado (*V-s mod.*), equivalentes ventilatórios ( $\dot{V}E/\dot{V}O_2 \times \text{tempo}$  e  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2 \times \text{tempo}$ ), ventilação minuto ( $\dot{V}E \times \text{tempo}$ ) e razão das trocas respiratórias ( $RER \times \text{tempo}$ ). Dois observadores independentes determinaram o LAN para cada sujeito, analisando os quatro gráficos em conjunto ( $LAN_{obs}$ ). Tais observadores tinham a experiência mínima de dois anos de treinamento em ergoespirometria. A média entre os dois observadores foi utilizada como método combinado<sup>(12)</sup> ( $LAN_{comb}$ ). Os valores dos limiares foram expressos como  $\dot{V}O_{2abs}$  ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ),  $\dot{V}O_{2rel}$  ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) e potência física (Watts).

O tratamento estatístico foi realizado através do aplicativo *SPSS*<sup>®</sup> for Windows e planilha eletrônica em *Excel*<sup>®</sup>(13). Para a análise da confiabilidade do  $\dot{V}O_{2max}$  e do  $LAN_{comb}$ , as diferenças entre as médias foram examinadas através do teste *t* pareado. Duas ANOVAS com dois fatores (4 x 4) foram utilizadas a fim de confrontar os quatro gráficos para determinação do LAN nos dois testes ou, pelos dois observadores. O teste de *post hoc* HSD-Tukey foi aplicado, quando necessário. O grau de associação entre testes e entre observadores foi medido através do coeficiente de correlação intraclass (CCI). A análise de regressão linear foi utilizada para estabelecer a carga (Watts) correspondente ao  $LAN_{comb}$  ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ) para cada sujeito e, ainda, para relacionar o  $\dot{V}O_{2max}$  e o  $LAN_{comb}$  entre os dois testes. As variações intra-sujeito e intra-observador foram medidas através do erro típico (s) e do coeficiente de variação (CV)<sup>(14)</sup>. Fixou-se o nível de significância em menor ou igual a 0,05.

## RESULTADOS

A diferença entre o  $\dot{V}O_{2max}$  nos dois momentos ( $\dot{V}O_{2max,abs}$ : teste A =  $3,03 \pm 0,81L \cdot \text{min}^{-1}$  e teste B =  $3,01 \pm 0,85L \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $\dot{V}O_{2max,rel}$ : teste A =  $46,1 \pm 9,5\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  e teste B =  $45,5 \pm 9,7\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) não foi significativa. A variação intra-sujeitos para o  $\dot{V}O_{2max}$  foi de 0,14L  $\cdot \text{min}^{-1}$  (CV = 5,5%) ou 2,0mL  $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (CV = 5,4%). Houve forte grau de associação entre os dois testes para as medidas de  $\dot{V}O_{2max}$  ( $\dot{V}O_{2max,abs}$ : CCI = 0,97,  $\dot{V}O_{2max,rel}$ : CCI = 0,95).

TABELA 1  
ANOVA 2-fatores para comparação entre métodos nos testes A e B para observadores

| Variável  | Testes | Observadores | Métodos (média $\pm$ desvio padrão) |                            |                |                |                |
|---|--------|--------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|
|   |        |              | V-slope mod.                        | Ve/Vo <sub>2</sub> x tempo | Ve x tempo     | RER x tempo    | LAN observador |
| LAN ( $\dot{V}O_2$ , $L \cdot \text{min}^{-1}$ )                              | A      | A            | 1,5 $\pm$ 0,5                       | 1,6 $\pm$ 0,5              | 1,6 $\pm$ 0,5  | 1,6 $\pm$ 0,5  | 1,6 $\pm$ 0,5  |
|   | A      | B            | 1,5 $\pm$ 0,6                       | 1,5 $\pm$ 0,5              | 1,3 $\pm$ 0,3  | 1,5 $\pm$ 0,6  | 1,4 $\pm$ 0,4  |
|   | B      | A            | 1,5 $\pm$ 0,5                       | 1,6 $\pm$ 0,4              | 1,6 $\pm$ 0,4  | 1,4 $\pm$ 0,4  | 1,5 $\pm$ 0,4  |
|   | B      | B            | 1,5 $\pm$ 0,6                       | 1,4 $\pm$ 0,4              | 1,3 $\pm$ 0,3  | 1,6 $\pm$ 0,5  | 1,4 $\pm$ 0,4  |
| LAN ( $\dot{V}O_2$ , $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) | A      | A            | 23,3 $\pm$ 5,3                      | 25,1 $\pm$ 7,0             | 24,3 $\pm$ 6,0 | 24,4 $\pm$ 5,3 | 24,5 $\pm$ 5,5 |
|   | A      | B            | 23,4 $\pm$ 8,1                      | 23,0 $\pm$ 6,7             | 21,0 $\pm$ 4,4 | 22,9 $\pm$ 8,2 | 22,5 $\pm$ 6,2 |
|   | B      | A            | 22,9 $\pm$ 6,3                      | 24,7 $\pm$ 5,5             | 24,6 $\pm$ 6,0 | 22,0 $\pm$ 4,5 | 23,9 $\pm$ 5,3 |
|   | B      | B            | 24,0 $\pm$ 8,3                      | 21,9 $\pm$ 6,3             | 20,8 $\pm$ 5,5 | 24,7 $\pm$ 8,0 | 22,2 $\pm$ 6,3 |
| LAN (Watts)   | A      | A            | 127 $\pm$ 54                        | 135 $\pm$ 50               | 138 $\pm$ 47   | 138 $\pm$ 59   | 118 $\pm$ 41   |
|   | A      | B            | 122 $\pm$ 60                        | 114 $\pm$ 48               | 112 $\pm$ 33   | 110 $\pm$ 46   | 104 $\pm$ 31   |
|   | B      | A            | 119 $\pm$ 50                        | 136 $\pm$ 41               | 136 $\pm$ 36   | 122 $\pm$ 36   | 117 $\pm$ 31   |
|   | B      | B            | 119 $\pm$ 52                        | 108 $\pm$ 45               | 108 $\pm$ 37   | 131 $\pm$ 52   | 106 $\pm$ 33   |

\* diferença entre métodos ( $\alpha \leq 0,05$ ), \*\* diferença entre testes ( $\alpha \leq 0,05$ ), \*\*\* interação ( $\alpha \leq 0,05$ ).

**TABELA 2**  
**Confiabilidade e variabilidade intra-observador do LAn (expressos como  $\dot{V}O_2$  abs,  $\dot{V}O_2$  rel, e Watts)**

| Variável   | Métodos                  | Observadores               |                            |                             |                             |                            |                            |
|--|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  |                          | s                          |                            | CV                          |                             | CCI                        |                            |
|  |                          | A                          | B                          | A                           | B                           | A                          | B                          |
| $\dot{V}O_2$ abs<br>(L • min <sup>-1</sup> )                     | V-s mod                  | 0,17                       | 0,25                       | 13,00%                      | 21,00%                      | 0,89                       | 0,83                       |
|  | Ve/ $\dot{V}O_2$ x tempo | 0,16                       | 0,16                       | 11,40%                      | 11,00%                      | 0,88                       | 0,89                       |
|  | Ve x tempo               | 0,18                       | 0,17                       | 12,10%                      | 13,00%                      | 0,87                       | 0,74                       |
|  | RER x tempo              | 0,22                       | 0,30                       | 12,20%                      | 18,70%                      | 0,88                       | 0,73                       |
|  | LAn observador           | 0,11                       | 0,17                       | 7,50%                       | 12,30%                      | 0,94                       | 0,86                       |
|  |                          | Média ± DP:<br>0,17 ± 0,03 | Média ± DP:<br>0,21 ± 0,06 | Média ± DP:<br>11,2 ± 2,1%  | Média ± DP:<br>15,2 ± 4,4%  | Média ± DP:<br>0,89 ± 0,02 | Média ± DP:<br>0,81 ± 0,07 |
| $\dot{V}O_2$ rel<br>(mL • kg <sup>-1</sup> • min <sup>-1</sup> ) | V-s mod                  | 2,47                       | 3,55                       | 12,70%                      | 17,70%                      | 0,82                       | 0,81                       |
|  | Ve/ $\dot{V}O_2$ x tempo | 2,47                       | 2,13                       | 10,80%                      | 10,50%                      | 0,84                       | 0,89                       |
|  | Ve x tempo               | 3,65                       | 2,52                       | 16,10%                      | 13,00%                      | 0,63                       | 0,75                       |
|  | RER x tempo              | 2,61                       | 4,46                       | 11,50%                      | 17,80%                      | 0,81                       | 0,70                       |
|  | LAn observador           | 1,47                       | 2,56                       | 6,70%                       | 11,80%                      | 0,92                       | 0,83                       |
|  |                          | Média ± DP:<br>2,53 ± 0,77 | Média ± DP:<br>3,04 ± 0,9  | Média ± DP:<br>11,5 ± 0,03% | Média ± DP:<br>14,1 ± 0,03% | Média ± DP:<br>0,8 ± 0,1   | Média ± DP:<br>0,8 ± 0,07  |
| Watts  | V-s mod                  | 34                         | 27                         | 29,40%                      | 29,60%                      | 0,57                       | 0,76                       |
|  | Ve/ $\dot{V}O_2$ x tempo | 11                         | 18                         | 9,20%                       | 13,20%                      | 0,93                       | 0,84                       |
|  | Ve x tempo               | 20                         | 17                         | 14,90%                      | 16,00%                      | 0,75                       | 0,75                       |
|  | RER x tempo              | 28                         | 24                         | 15,90%                      | 18,90%                      | 0,77                       | 0,77                       |
|  | LAn observador           | 14                         | 16                         | 9,40%                       | 16,30%                      | 0,84                       | 0,74                       |
|  |                          | Média ± DP:<br>21 ± 9,5    | Média ± DP:<br>20 ± 4,8    | Média ± DP:<br>15,7 ± 0,08% | Média ± DP:<br>18,8 ± 0,06% | Média ± DP:<br>0,77 ± 0,13 | Média ± DP:<br>0,77 ± 0,03 |

As diferenças no LAn<sub>comb</sub> entre os testes, expressas como  $\dot{V}O_2$ abs (teste A = 1,55 ± 0,49L • min<sup>-1</sup> e teste B = 1,51 ± 0,42L • min<sup>-1</sup>), como  $\dot{V}O_2$ rel (teste A = 23,5 ± 5,8mL • kg<sup>-1</sup> • min<sup>-1</sup> e teste B = 22,9 ± 5,5mL • kg<sup>-1</sup> • min<sup>-1</sup>) ou como carga (teste A = 112 ± 35W e teste B = 111 ± 30W) não foram significativas. Foram também observadas diferenças não significativas para a determinação do LAn através de cada parâmetro empregado na inspeção visual (tabela 1). A variação intra-sujeito para o LAn<sub>comb</sub> foi de 0,14L • min<sup>-1</sup> (CV = 9,2%) ou 2,0mL • kg<sup>-1</sup> • min<sup>-1</sup> (CV = 8,5%). Houve forte associação entre os testes para o LAn<sub>comb</sub> expresso como  $\dot{V}O_2$ abs (CCI = 0,90), como  $\dot{V}O_2$ rel (CCI = 0,87) e como carga (CCI = 0,80). O grau de associação entre os testes e a variação intra-observador para os métodos de inspeção visual estão apresentados na tabela 2.

A diferença entre observadores para os métodos em separado e em conjunto (tabela 1) não foi significativa. Houve alto grau de associação do LAn entre os observadores no teste A, expresso como  $\dot{V}O_2$ abs (CCI = 0,92), como  $\dot{V}O_2$ rel (CCI = 0,93) e como carga (CCI = 0,85). Resultados semelhantes também foram observados no teste B quando o LAn<sub>obs</sub> foi expresso como  $\dot{V}O_2$ abs (CCI = 0,93), como  $\dot{V}O_2$ rel (CCI = 0,91) e como carga (CCI = 0,90).

## DISCUSSÃO

O método combinado para detecção do LAn proposto por Gaskill *et al.*<sup>(12)</sup> baseou-se na média de intensidades determinada por observadores independentes. Estes avaliadores empregaram, para estabelecer a intensidade do LAn, a inspeção visual de três gráficos (*v-slope* simplificado, equivalentes ventilatórios e excesso de CO<sub>2</sub> expirado). Neste estudo<sup>(12)</sup>, demonstrou-se uma forte associação ( $r^2 = 0,93$ , n = 54) entre o teste e o reteste.

Caiozzo *et al.*<sup>(10)</sup> encontraram excelente correlação entre testes para o método dos equivalentes ventilatórios ( $r = 0,93$ ). Contudo, este parâmetro apresentou menor reprodutibilidade no ensaio de Cohen-Solal *et al.*<sup>(15)</sup> com pacientes cardíacos ( $r = 0,83$ ). Davis *et al.*<sup>(16)</sup> relataram moderada correlação ( $r = 0,74$ ) entre testes para o LAn, usando a inspeção visual de três gráficos (VE x tempo, FeO<sub>2</sub> x tempo e  $\dot{V}CO_2$  x tempo). No último estudo<sup>(16)</sup>, como no atual, a

determinação do  $\dot{V}O_2$  no LAn, foi menos confiável quando realizada pelo método da razão das trocas respiratórias (RER).

A tabela 2 apresenta o limiar anaeróbio por observador (LAn<sub>obs</sub>) usando todos os gráficos. Nota-se que o emprego conjunto dos gráficos produz menor variação intra-observador do que o emprego destes em separado.

Os estudos de objetividade do LAn apresentam resultados conflitantes. Posner *et al.*<sup>(17)</sup> encontraram o CCI = 0,94 entre os melhores observadores, Gladden *et al.*<sup>(18)</sup> reportaram o CCI = 0,70 e Shimizu *et al.*<sup>(19)</sup> o CCI = 0,85.

O intervalo de tempo entre os testes, além do método de detecção do LAn, pode apresentar efeitos relevantes em estudos metodológicos. Hopkins<sup>(20)</sup> sugeriu, com base numa metanálise, que o intervalo ótimo entre testes deveria ser de 2,5 dias. Este autor acredita que neste período não há resquícios de fadiga e, portanto, alterações no segundo teste. Contudo, o intervalo de sete a 14 dias pode ser operacionalmente mais vantajoso, pois, segundo a experiência do nosso laboratório, aprimora a aderência nestes ensaios. No intervalo de até duas semanas, não espera-se mudanças significativas no desempenho de indivíduos que não participem de programas de treinamento.

A influência da variação biológica sobre a confiabilidade do LAn e  $\dot{V}O_{2max}$  é ainda pouco conhecida. Ensaio como o de Katch *et al.*<sup>(21)</sup> tentaram mensurar esta variação através de múltiplos testes ao longo de quatro semanas, cinco dias por semana, em atletas bem treinados (n = 5). Estes autores concluíram que a variação biológica equivale a 90% de toda a flutuação dos resultados de  $\dot{V}O_{2max}$ . Intrigantemente, observamos, na figura 1, que os indivíduos com os valores mais elevados de  $\dot{V}O_{2max}$  são os que estão mais próximos à linha de identidade. Acreditamos que a variação biológica seja menor nos indivíduos mais aptos. Somando-se a isto, nota-se que as magnitudes das adaptações crônicas centrais e periféricas, observadas após treino, são inversamente proporcionais ao nível de condicionamento inicial. Skinner *et al.*<sup>(22)</sup> demonstraram, em 614 indivíduos, que aqueles com  $\dot{V}O_{2max}$  mais baixo apresentam as maiores adaptações (21,9%). Noutro estudo<sup>(15)</sup>, demonstrou-se que testes conduzidos com atletas bem treinados são mais precisos do que os de sedentários.

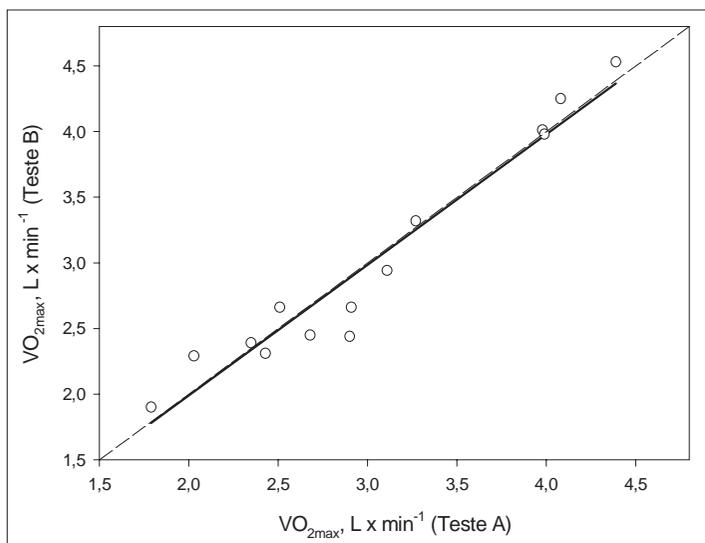


Fig. 1 - Relação entre testes para o  $\dot{V}O_{2max}$  ( $\dot{V}O_2$  abs)

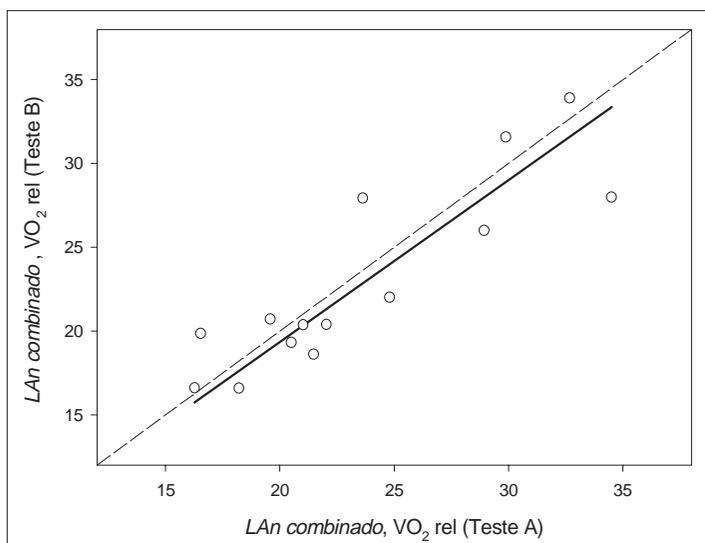


Fig. 2 - Relação entre testes para o LAn combinado ( $\dot{V}O_2$  rel)

O critério do platô para caracterização de  $\dot{V}O_{2max}$  foi primeiro proposto por Taylor *et al.*<sup>(23)</sup>, na metade do século XX, sendo então considerado como a principal referência de esforço máximo. Contudo, no estudo atual, observou-se este critério em apenas 41,6% dos testes. Uma possível explicação para a ausência deste fenômeno pode ser o tempo empregado na amostragem dos gases. Myers *et al.*<sup>(24)</sup> encontraram grande variação no coeficiente angular da relação entre  $\dot{V}O_2$  e tempo de esforço, administrando diversos intervalos para coleta de amostras dos gases. Neste caso, o platô, definido como uma inclinação menor ou igual a zero no  $\dot{V}O_2$ , foi mais afetado nos intervalos mais curtos. Estes dados sugerem que a variação na relação  $\dot{V}O_2$  x tempo depende do intervalo de coleta das amostras dos gases.

Outra possível fonte de erro no estudo atual, pode ter sido o cicloergômetro de frenagem mecânica (por fricção). Este tipo de equipamento precisa de reajustes periódicos na resistência<sup>(25)</sup>. Isto ocorre em razão do aquecimento da correia de *nylon* que modifica o atrito e, conseqüentemente, a resistência<sup>(25)</sup>. O erro intratestador na leitura da escala graduada de carga em kp também pode ter alguma influência na variação do  $LAn_{comb}$ . Wilmore *et al.*<sup>(26)</sup> investigaram, por meio eletrônico, a descalibração de diferentes ergômetros e o efeito deste erro na confiabilidade do  $\dot{V}O_2$  em diversas intensidades de esforço. Estes autores observaram uma variação aproximada de 10% na carga do cicloergômetro de frenagem me-

cânica; contudo, isto não foi suficiente para alterar a boa associação ( $r = 0,88$ ) na medida do  $\dot{V}O_2$  entre dois momentos na carga de 98W. Na investigação de Wilmore *et al.*<sup>(26)</sup> também observou-se a tendência à diminuição das correlações com o aumento da carga de trabalho. No presente estudo, as médias das cargas correspondentes aos  $LAn_{comb}$  estiveram bem próximo das apresentadas no estudo citado acima<sup>(26)</sup> (CCI = 0,80). A redução da correlação para o  $\dot{V}O_2$  com o aumento da carga de trabalho pode ser explicada pela descalibrações do ergômetro e/ou do ergoespirômetro.

Quando o  $LAn_{comb}$  foi expresso pela carga de trabalho, observou-se maior variação entre os dois momentos (CV = 12,1%), em comparação com o expresso pelo  $\dot{V}O_2$  ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ : CV = 9,2%; e em  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ : CV = 8,4%). Observou-se, em diversos estudos, CVs de 1,9 a 8,4% para o  $\dot{V}O_{2max}$ <sup>(21,23,27-29)</sup>. Gerrard *et al.*<sup>(29)</sup> incluíram a variação diurna no tratamento de seus dados. Estes autores realizaram seis testes para cada sujeito (3 dias x 2 períodos do dia) e puderam observar o CV de 8,4% para o  $\dot{V}O_{2max}$  e de 12% para o LAn. Taylor *et al.*<sup>(23)</sup> obtiveram um CV = 2,4% usando protocolo descontinuo e medindo o  $\dot{V}O_2$  no último minuto do teste sob condições bem controladas. A motivação dos sujeitos pode ser um importante aspecto para a confiabilidade da medida do  $\dot{V}O_{2max}$ <sup>(30)</sup>. Contudo, o LAn teoricamente não deveria ser afetado pela motivação, uma vez que ocorre em níveis submáximos de esforço.

Devido às condições socioeconômicas e culturais brasileiras, é possível que a pouca experiência com o ciclismo possa ter influenciado de forma negativa os resultados. O ciclismo produz efeitos distintos sobre o  $\dot{V}O_{2max}$  em sedentários (geralmente 5 a 20% menor do que o observado em corridas) e em ciclistas (geralmente 10% maior do que nas corridas). Caso os sujeitos tivessem sido submetidos ao teste na esteira, possivelmente obteríamos maior confiabilidade.

Os cuidados no pré-teste também podem ter influenciado os resultados. No entanto, os sujeitos foram esclarecidos da importância do não engajamento em programas de treinamento físico, uma vez que se esperam mudanças significativas do LAn (expresso como  $L \cdot \text{min}^{-1}$ , mas não como  $\% \dot{V}O_{2max}$ ) em homens normais a partir de três semanas de exercícios a  $80\% \dot{V}O_{2max}$  durante 30min, quatro vezes na semana<sup>(31)</sup>.

Conclui-se, portanto, que o  $\dot{V}O_{2max}$  e o LAn possuem pequena variação intra-sujeito, intra-observador e interobservador (no segundo caso), sendo parâmetros precisos quando utilizados os equipamentos adotados com maior frequência nos laboratórios nacionais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro e a valiosa contribuição acadêmica da AACEA-HSE, na pessoa do Dr. Aluysio S. Aderaldo Jr. Agradecem, também, a contribuição, na fase de coleta de dados, aos acadêmicos Jan B. Bartholomeu e Paulo André da Silva. Finalmente, agradecem as valiosas revisões do texto realizadas pelas professoras Dr<sup>a</sup> Martha M. Sorenson e Dr<sup>a</sup> Verônica S. Pinto (Bioqmed/UFRJ).

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

## REFERÊNCIAS

1. Costanzo MR, Augustine S, Bourge R, Bristow M, O'Connell JB, Driscoll D, et al. Selection and treatment of candidates for heart transplantation. *Circulation* 1995;92:3593-612.
2. Mancini DM, Einsen H, Kussmaul W, Mull R, Edmunds Jr LH, Wilson JR. Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation* 1991;83:778-86.
3. Sjödin B, Svedenahg J. Applied physiology of marathon running. *Sports Med* 1985;2:83-99.
4. Coetzer P, Noakes TD, Sanders B, Lambert MI, Bosch NA, Wiggins T, et al. Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *J Appl Physiol* 1993;75:1822-7.

5. Weston AR, Mbambo Z, Myburgh KH. Running economy of African and Caucasian distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1130-4.
6. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35:236-43.
7. Hsi WL, Lan C, Lai JS. Normal standards for cardiopulmonary responses to exercise using a cycle ergometer test. *J Formos Med Assoc* 1998;97:315-22.
8. Howley ET, Bassett Jr DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 27;1292-301.
9. Sue DY, Wasserman K, Morrica RB, Casaburi R. Metabolic acidosis during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: use of V-slope method for anaerobic threshold determination. *Chest* 1988;94:931-8.
10. 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;53:1184-9.
11. Wasserman K, McIlroy M. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol* 1964;14.
12. Gaskill S, Ruby BC, Walker AJ, Sanchez AO, Serfass RC, Leon AS. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1841-8.
13. A New View of Statistics [homepage on the internet]. Hopkins WG. Reliability from consecutive pairs of trials [updated 2003; cited 2003 Set 06]. Available from: <http://sports.org/resource/stats/xrely.xls>
14. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med* 2000;30:1-15.
15. Cohen-Solal A, Benessiano J, Himbert D, Paillole C, Gourgon R. Ventilatory threshold during exercise in patients with mild to moderate chronic heart failure: determination, relation with lactate threshold and reproducibility. *Int J Cardiol* 1991; 30:321-7.
16. Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J, Kurtz P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol* 1976;41:544-50.
17. Posner JD, Gorman KM, Klein HS, Cline CJ. Ventilatory threshold: measurement and variation with age. *J Appl Physiol* 1987;63:1519-25.
18. Gladden LB, Yates JW, Stremel W, Stanford BA. Gas exchange and lactate anaerobic thresholds: inter- and intraevaluator agreement. *J Appl Physiol* 1985;58:2082-9.
19. Shimizu M, Myers J, Buchanan N, Walsh D, Kraemer M, McAuley P, et al. The ventilatory threshold: method, protocol, and evaluator agreement. *Am Heart J* 1991;122:509-16.
20. Hopkins WG, Schabert EJ, Hawley JA. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med* 2001;31:211-34.
21. Katch VL, Sady SS, Freedson P. Biological variability in maximum aerobic power. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:21-5.
22. Skinner JS, Wilmore KM, Krasnoff JB, Jakolski A, Gagnon J, Province MA, et al. Adaptation to standardized training program and changes in fitness in large, heterogeneous population: the heritage family study. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:157-61.
23. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as objective measure of cardiorespiratory performance. *J Appl Physiol* 1955;8:73-80.
24. Myers J, Walsh D, Sullivan M, Froelicher V. Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. *J Appl Physiol* 1990;68:404-10.
25. Paton CD, Hopkins WG. Tests of cycling performance. *Sports Med* 2001; 31:489-96.
26. Wilmore JH, Constable SH, Stanforth PR, Buono MJ, Tsao YW, Roby JR, et al. Mechanical and physiological calibration of four cycle ergometers. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:322-5.
27. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, Van KG. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med* 1985;6:197-201.
28. Figueroa-Colon R, Hunter GR, Mayo MS, Aldridge RA, Goran ML, Weinsier RL. Reliability of treadmill measures and criteria to determine  $\dot{V}O_{2max}$  in prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:865-9.
29. Gerrard CS, Emmons C. The reproducibility of respiratory responses to maximum exercise. *Respiration* 1986;49:94-100.
30. Shephard R. Maximal oxygen intake. Exercise in sports. Australia: Blackwell Scientific Publications, 1992;198.
31. Ready AE, Quinney HA. Alterations in anaerobic threshold as the result of endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:292-6.