

# Intensidade de exercício correspondente ao $VO_2$ max durante o ciclismo: análise de diferentes critérios em indivíduos treinados

CDD. 20.ed. 613.71  
796.6

Carlos Eduardo Polazzo MACHADO\*  
Fabrizio CAPUTO\*  
Benedito Sérgio DENADAI\*

\*Instituto de Biociências,  
Universidade Estadual  
Paulista - Rio Claro.

## Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar a intensidade de exercício correspondente ao  $VO_2$  max ( $IVO_2$  max) durante o ciclismo utilizando quatro diferentes critérios. A  $IVO_2$  max foi determinada em 10 ciclistas treinados ( $VO_2$  max =  $64,5 \pm 5,9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) através dos seguintes critérios: 1) Submáximo - exercício incremental (SUB-INC): a  $IVO_2$  max foi determinada através da extrapolação da relação  $VO_2$  x intensidade a partir das cargas abaixo do limiar de lactato durante o exercício incremental; 2) Submáximo - exercício constante (SUB-CON): a  $IVO_2$  max foi determinada através da extrapolação da relação  $VO_2$  x intensidade a partir dos valores de  $VO_2$  no final do sexto minuto durante dois exercícios de carga constante (50 e 70% $VO_2$  max); 3) Potência máxima - teste incremental (MAX-PMAX): a  $IVO_2$  max foi considerada como a maior intensidade mantida durante o teste incremental e; 4) Máximo -  $VO_2$  max (MAX- $VO_2$  max): a  $IVO_2$  max foi considerada como a menor intensidade durante o exercício incremental onde o  $VO_2$  max foi alcançado. A  $IVO_2$  max (W) não foi significativamente diferente entre todos os critérios (SUB-INC =  $327,3 \pm 43,6$ ; SUB-CON =  $321,9 \pm 38,5$ ; MAX-PMAX =  $349,1 \pm 34,1$ ; MAX- $VO_2$  max =  $342,5 \pm 36,0$ ). Entretanto, verificou-se uma grande variabilidade intra-individual nos valores de  $IVO_2$  max, principalmente entre os critérios máximos e submáximos. Concluímos que os critérios analisados neste estudo podem determinar  $IVO_2$  max com diferentes significados fisiológicos. Portanto, a escolha do critério para a determinação da  $IVO_2$  max deve ser feita com base na sua finalidade dentro do processo de avaliação (predição de performance, controle ou prescrição do treinamento) e/ou da disponibilidade de equipamentos para a análise de gases.

UNITERMOS: Ciclismo; Potência aeróbia; Treinamento aeróbio.

## Introdução

Por muitos anos, o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  max) foi o índice mais utilizado para a avaliação aeróbia (predição da performance, prescrição e controle do treinamento). Entretanto, em indivíduos com elevado nível de treinamento aeróbio, muitos estudos têm verificado que a performance em provas de curta (2-5 min), média (5-30 min) ou longa duração (> 30 min), pode ser modificada (aumento ou diminuição), sem a correspondente mudança do  $VO_2$  max (BASSET JUNIOR & HOWLEY, 2000).

Na tentativa de aumentar a sensibilidade deste índice às adaptações do treinamento aeróbio e sua

capacidade de predição da performance, principalmente entre indivíduos altamente treinados em modalidades com predomínio aeróbio, a intensidade correspondente ao  $VO_2$  max ( $IVO_2$  max), vem sendo amplamente estudada. Estudos prévios têm demonstrado que a  $IVO_2$  max está relacionada com a performance de corredores de elite nas distâncias de 1.500, 3.000 e 5.000 m (LACOUR, PADILLA-MAGUNACELAYA, BARTHELEMY & DORMOIS, 1990), 10.000 m (MORGAN, BALDINI, MARTIN & KOHRT, 1989) e 21,1 km (BILLAT, RENOUX, PINOTEAU, PETIT & KORALSZTEIN, 1994). Para o ciclismo, LINDSAY, HAWLEY, MYBURGH,

SCHOMER, NOAKES e DENNIS (1996) simulando uma competição em laboratório, verificaram uma correlação moderadamente elevada ( $r = 0,84$ ) entre a  $IVO_2\text{max}$  e a performance na prova de 40 km contra-relógio. Do mesmo modo, CAPUTO, DE LUCAS, MANCINI e DENADAI (2001), encontraram que a  $IVO_2\text{max}$  determinada em teste de campo (velódromo), apresentou maior validade do que o  $VO_2\text{max}$ , para prever a performance em provas de curta duração (2, 4 e 6 km) no ciclismo.

Genericamente, a  $IVO_2\text{max}$  pode ser definida como sendo a velocidade (corrida e natação) ou a potência (ciclismo estacionário) na qual o  $VO_2\text{max}$  é atingido durante um teste incremental (BILLAT & KORALSZTEIN, 1996), sendo o índice que melhor descreve a associação entre a potência aeróbia máxima ( $VO_2\text{max}$ ) e a economia de movimento (EM).

A grande maioria dos estudos que tem determinado e analisado a  $IVO_2\text{max}$ , utilizaram a corrida como modo de exercício (BILLAT et al., 1994; DANIELS, SCARDINA, HAYES & FOLEY, 1984; DI PRAMPERO 1986; LACOUR et al., 1990). Nestes estudos, diferentes critérios têm sido utilizados para identificar a  $IVO_2\text{max}$ , podendo estes ser basicamente divididos em dois grupos: a) critérios que a partir das relações submáximas entre o  $VO_2$  e a velocidade de corrida, procuram determinar a  $IVO_2\text{max}$  que teoricamente pode ser sustentada apenas pelo metabolismo aeróbio (DI PRAMPERO, 1986; LACOUR et al., 1990) e; b) critérios que analisam a velocidade obtida diretamente no teste incremental, que por estar acima do limiar anaeróbio (LAN), envolvem teoricamente um componente anaeróbio para a determinação da  $IVO_2\text{max}$  (BILLAT et al., 1994; DANIELS et al., 1984; NOAKES, MYBURGH & SCHALL, 1990). Embora os valores médios de  $IVO_2\text{max}$  gerados por estes critérios possam ser semelhantes, alguns estudos têm verificado uma variabilidade intra-individual bem elevada (BILLAT & KORALSZTEIN,

1996; HILL & ROWEL, 1996), sugerindo que o significado fisiológico da  $IVO_2\text{max}$ , pelo menos durante a corrida, pode depender do critério e do indivíduo analisado.

Especificamente para o ciclismo, os efeitos da utilização de diferentes critérios para determinação da  $IVO_2\text{max}$  não foram ainda analisados, particularmente em indivíduos treinados. Segundo LUCIA, HOYOS, SANTALLA, PEREZ e CHICHARRO (2002), indivíduos altamente treinados apresentam durante um teste incremental (tipo rampa), uma progressiva redução no aumento do  $VO_2$  (deflexão) acima da intensidade do limiar de lactato (LL). Neste mesmo estudo, indivíduos classificados como bem treinados, não apresentaram este comportamento, mostrando uma relação mais próxima da linear entre o  $VO_2$  e a intensidade do exercício. Já em indivíduos classificados como ativos, alguns estudos têm verificado uma maior elevação do  $VO_2$  (inflexão) a partir do LL (BARSTOW, JONES, NGUYEN & CASABURI, 2000; ZOLADZ, DUDA & MAJERCZAK, 1998), sugerindo estes dados em conjunto, que o estado de treinamento aeróbio pode influenciar a relação  $VO_2$  x carga durante o exercício incremental no ciclismo. Desta forma, nossa hipótese é que os critérios que analisam a relação  $VO_2$  x carga durante o exercício submáximo (incremental ou carga constante), possam determinar diferentes  $IVO_2\text{max}$ , quando comparados com aqueles que determinam a intensidade máxima de exercício obtida durante o protocolo incremental. O conhecimento destas informações pode ser importante, principalmente quando o objetivo é o acompanhamento longitudinal dos efeitos do treinamento no  $VO_2\text{max}$ , na EM e na  $IVO_2\text{max}$ . Com isso, o objetivo deste estudo foi analisar a influência de diferentes critérios (submáximos e máximos) na determinação da  $IVO_2\text{max}$  durante o ciclismo em indivíduos treinados.

## Materiais e métodos

Participaram deste estudo dez ciclistas ( $20,6 \pm 3,7$  anos,  $67,8 \pm 6,0$  kg,  $174,0 \pm 4,5$  cm), sendo todos do sexo masculino e aparentemente saudáveis. Os atletas possuíam pelo menos dois anos de treino específico na modalidade, com participação regular em provas de nível regional e nacional. Todos os ciclistas treinavam seis dias por semana, com um

volume semanal que oscilava entre 300 a 400 km. Cada voluntário foi informado sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, tendo assinado um termo de consentimento para a participação no estudo. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética da instituição onde o experimento foi realizado. Os sujeitos foram

orientados a virem para os testes descansados, alimentados e hidratados e a não realizarem esforços intensos nas últimas 48 horas.

Os sujeitos realizaram inicialmente um teste incremental para a determinação do  $\text{VO}_2\text{max}$ ,  $\text{IVO}_2\text{max}$ , LL e LAn. Após um intervalo de 2-3 dias, realizaram na mesma sessão, dois testes de carga constante para a determinação da relação  $\text{VO}_2$  x carga. Os testes foram realizados no mesmo local e horário do dia ( $\pm 2$  horas de variação), em uma bicicleta ergométrica de frenagem mecânica (Monark), com a cadência mantida constante a 70 rpm durante todos os testes. As variáveis cardiorrespiratórias foram medidas usando um analisador de gases (Cosmed K4b<sup>2</sup>, Roma, Itália), coletando dados respiração a respiração, sendo obtidos posteriormente em todos os estágios dos testes, valores médios a cada intervalo de 15 segundos. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada através de um frequencímetro (Polar, Kempele, Finlândia) interligado ao analisador de gases. Este analisador de gases já foi previamente validado em diversas intensidades de exercício (MC LAUGHLIN, KING, HOWLEY, BASSETT & AINSWORTH, 2001). Antes de cada teste, os sistemas de análise do  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  foram calibrados usando o ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , enquanto a turbina bi-direcional (medidor de fluxo) foi calibrada usando uma seringa de três litros (Cosmed K4b<sup>2</sup>, Roma, Itália).

O teste progressivo contínuo teve carga inicial de 105 W, com incrementos de 35 W a cada 3 min até a exaustão voluntária, ou quando o sujeito, embora estimulado verbalmente, não tenha sido capaz de manter a cadência (70 rpm) selecionada para o teste. No final de cada estágio foram coletados 25  $\mu\text{l}$  de sangue do lóbulo da orelha para a posterior determinação da concentração do lactato sanguíneo em um lactímetro (YSL 2300 STAT, Ohio, USA). A concentração de lactato obtida no final do teste progressivo foi considerada como lactato pico ([LAC]pico). O mais alto  $\text{VO}_2$  e FC obtidos durante um intervalo de 15 segundos, foram considerados como o  $\text{VO}_2\text{max}$  e  $\text{FCmax}$ , respectivamente. Todos os sujeitos preencheram no mínimo dois dos três critérios para o  $\text{VO}_2\text{max}$ : 1) Razão de trocas respiratórias ( $R \geq 1,1$ ); 2) [LAC]pico maior que 8 mM, e; 3)  $\text{FCmax}$  no mínimo igual 90% da máxima prevista para idade (TAYLOR, BUSKIRK & HENSCHER, 1955). O LL foi considerado como a intensidade de exercício onde ocorreu o primeiro e sustentado aumento da concentração de lactato acima das

concentrações de repouso. O LAn foi determinado por interpolação linear, sendo considerado uma concentração fixa de 3,5 mM (HECK, MADER, HESS, MUCKE, MULLER & HOLLMANN, 1985).

Os testes de carga constante foram realizados a partir do repouso com duração de seis minutos em cargas abaixo do LL (50% e 70%  $\text{VO}_2\text{max}$ ). Os testes foram executados de forma aleatória e separados por 20 min de intervalo. Estas intensidades foram escolhidas para garantir que não haveria ocorrência do componente lento no  $\text{VO}_2$ .

Para a determinação da  $\text{IVO}_2\text{max}$  foram adotados dois critérios a partir de valores submáximos e dois critérios a partir de valores máximos. Estes foram adaptados com base nos protocolos inicialmente propostos para a corrida (BILLAT et al., 1994; DI PRAMPERO, 1986):

1. Submáximo - exercício incremental (SUB-INC): a  $\text{IVO}_2\text{max}$  foi determinada através da extrapolação da relação  $\text{VO}_2$  x intensidade a partir dos valores de  $\text{VO}_2$  obtidos nos 15 segundos finais de duas cargas abaixo do LL durante o exercício incremental.
2. Submáximo - exercício constante (SUB-CON): a  $\text{IVO}_2\text{max}$  foi determinada através da extrapolação da relação  $\text{VO}_2$  x intensidade a partir dos valores de  $\text{VO}_2$  nos 15 segundos finais do sexto minuto durante dois exercícios de carga constante (50 e 70 %  $\text{VO}_2\text{max}$ ),
3. Potência máxima - teste incremental (MAX-PMAX): a  $\text{IVO}_2\text{max}$  foi considerada como a maior intensidade de exercício obtida durante o teste incremental. Quando o atleta não conseguiu completar a última carga de trabalho, a  $\text{IVO}_2\text{max}$  foi calculada pela seguinte equação (KUIPERS, VERSTAPPEN, KEIZER, GEURTEN & VAN KRANENBURG, 1985):  

$$\text{IVO}_2\text{max (W)} = P_{\text{com}} + (t/180) \times 35$$
 Onde:  $P_{\text{com}}$  é a última carga realizada com estágio completo;  $t$  é o tempo de permanência na última carga incompleta; 180 é o tempo em segundos de cada estágio e; 35 é o valor de incremento das cargas.
4. Máximo -  $\text{VO}_2\text{max}$  (MAX- $\text{VO}_2\text{max}$ ): a  $\text{IVO}_2\text{max}$  foi considerada como a menor intensidade durante o exercício incremental onde o  $\text{VO}_2\text{max}$  foi alcançado. Caso ocorresse um platô no  $\text{VO}_2$  (aumento  $< 2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  entre o penúltimo e o último estágio), o valor do estágio anterior foi considerado como a  $\text{IVO}_2\text{max}$ . Se um aumento  $> 2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  fosse observado, a  $\text{IVO}_2\text{max}$  foi ajustada pelo tempo mantido durante o último estágio, conforme equação descrita no critério anterior.

## Análise estatística

Todos os dados estão expressos como média  $\pm$  desvio-padrão (DP). Os valores determinados pelos diferentes critérios foram analisados utilizando-se a ANOVA ONE-WAY e o coeficiente de correlação de Pearson. Os

limites de concordância entre os valores de  $IVO_{2max}$  foram obtidos através do procedimento proposto por BLAND e ALTMAN (1986). Em todos os testes foi adotado um nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

## Resultados

Os valores médios  $\pm$  DP das variáveis fisiológicas obtidas durante o teste incremental foram:  $VO_{2max} = 64,5 \pm 5,9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $FC_{max} = 193,2 \pm 8,5$  bpm,  $[LAC]_{pico} = 11,5 \pm 2,8$  mM,  $LL = 203,6 \pm 14,1$  W e  $LAn = 274,5 \pm 30,0$  W. Os valores médios da  $IVO_{2max}$  estão apresentados na TABELA 1. Não foram encontradas diferenças significantes entre os valores de  $IVO_{2max}$  determinados pelos diferentes critérios. As correlações entre os critérios de determinação da  $IVO_{2max}$  estão descritas na TABELA 2. Foram encontradas apenas correlações significantes entre MAX-PMAX vs. MAX- $VO_{2max}$ , MAX-PMAX vs. SUB-INC e MAX- $VO_{2max}$  vs. SUB-INC.

TABELA 1 - Média  $\pm$  DP e coeficiente de variação (CV) dos valores de intensidade de exercício correspondente ao  $VO_{2max}$  ( $IVO_{2max}$ ) determinados pelos diferentes critérios analisados neste estudo.

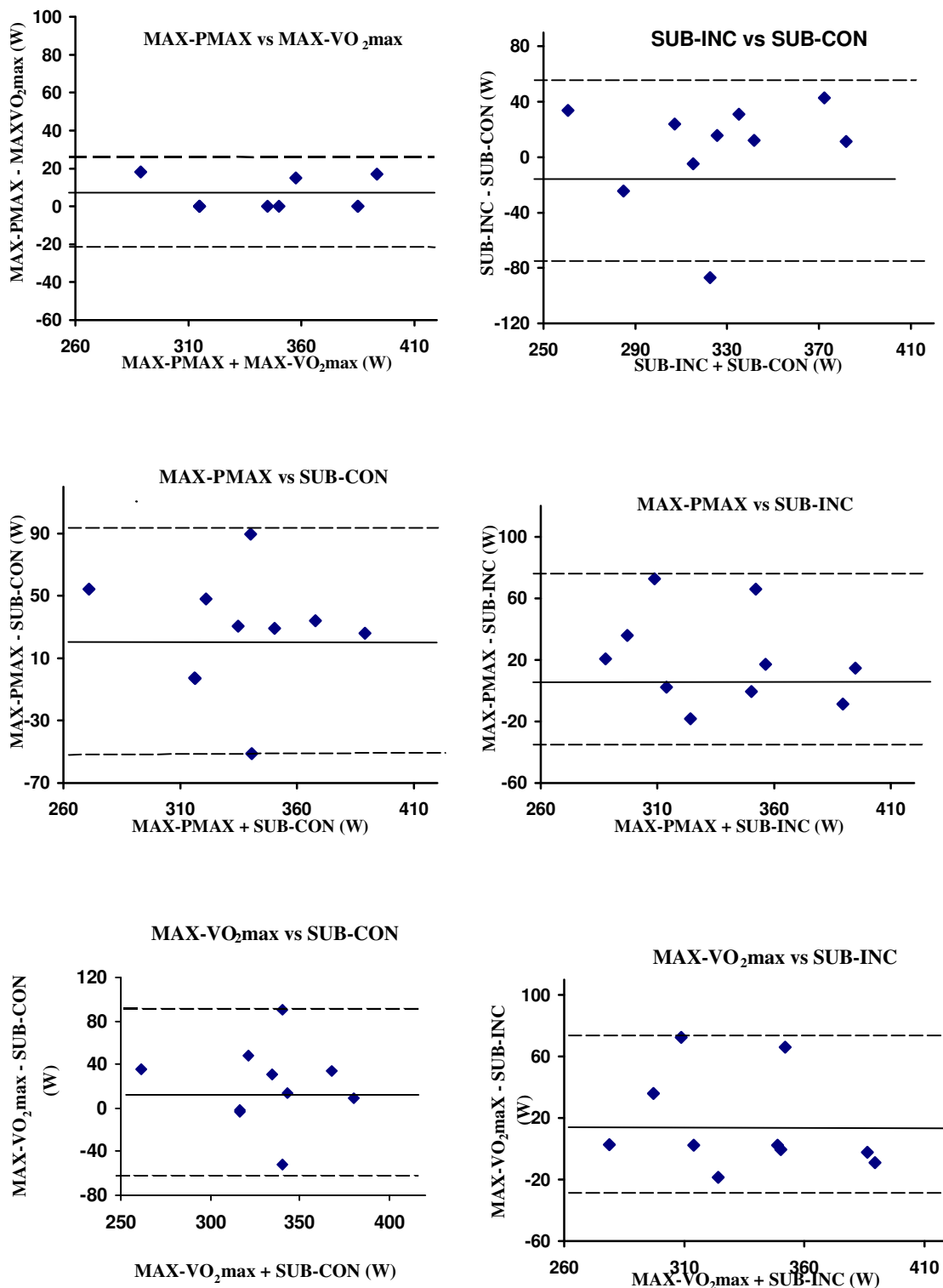
	MAX-PMAX	MAX- $VO_{2max}$	SUB-CON	SUB-INC
$IVO_{2max}$ (W)	349,1 $\pm$ 34,1	342,5 $\pm$ 36,0	321,9 $\pm$ 38,5	327,3 $\pm$ 43,6
CV (%)	10%	10%	12%	13%

TABELA 2 - Correlações entre os valores de intensidade de exercício correspondente ao  $VO_{2max}$  ( $IVO_{2max}$ ) determinados pelos diferentes critérios analisados neste estudo.

	SUB-CON	MAX- $VO_{2max}$	MAX-PMAX
SUB-INC	0,58	0,70*	0,73*
SUB-CON	---	0,50	0,48
MAX- $VO_{2max}$	---	---	0,97*

\*  $p \leq 0,05$

Na FIGURA 1 estão apresentados os limites de concordância entre todos os critérios de determinação da  $IVO_{2max}$ . Os limites de concordância entre os critérios MAX-PMAX e SUB-CON [25,5 (38,0) W], MAX-PMAX e SUB-INC [20,1 (30,1) W], MAX- $VO_{2max}$  e SUB-INC [15,1 (31,6) W], MAX- $VO_{2max}$  e SUB-CON [20,5 (37,2) W] e SUB-INC e SUB-CON [5,4W (37,8) W] mostram uma variabilidade intra-individual elevada, sugerindo que os significados fisiológicos dessas  $IVO_{2max}$  podem ser diferentes. Por outro lado, os critérios MAX-PMAX e MAX- $VO_{2max}$  apresentaram limites de concordância [5,0 (8,0) W] que sugerem valores de  $IVO_{2max}$  bem semelhantes.



A linha sólida na horizontal representa a média da diferença entre dois critérios de determinação da IVO<sub>2</sub>max. As linhas pontilhadas representam o limite de confiança de 95% entre as duas variáveis e reflete a extensão (W) na qual pode ser esperado que um critério pode diferir do outro para um dado valor individual.

FIGURA 1 - Diagrama de Bland-Altman comparando a IVO<sub>2</sub>max determinada pelos diferentes critérios.

## Discussão

O objetivo principal deste estudo foi analisar os efeitos da utilização de diferentes critérios, obtidos durante os exercícios submáximo e máximo, na determinação da  $IVO_2\text{max}$  de indivíduos treinados no ciclismo. Embora não tenha sido encontrada diferença significativa entre os valores médios, verificamos uma variabilidade intra-individual bem elevada na  $IVO_2\text{max}$  gerada pelos diferentes critérios. Estes dados são semelhantes aos encontrados durante a corrida (HILL & ROWEL, 1996), e sugerem que o significado fisiológico da  $IVO_2\text{max}$  pode depender do critério utilizado na sua determinação.

A comparação dos valores de  $IVO_2\text{max}$  obtidos no presente estudo com outros previamente reportados na literatura, com a consequente caracterização do nível de treinamento dos nossos atletas, tem que ser feita com ressalvas, tendo em vista, pelo menos dois aspectos. Primeiro, para o nosso conhecimento, nenhum estudo utilizou regressões baseadas em dados submáximos para a extrapolação da  $IVO_2\text{max}$  no ciclismo, particularmente em indivíduos treinados. Segundo e talvez mais importante, é que os valores de  $IVO_2\text{max}$  são altamente dependentes das características do protocolo incremental (escalonado x rampa). Dentro ainda do protocolo escalonado (contínuo ou intermitente), a duração do estágio e a taxa de incremento, podem determinar grandes variações na  $IVO_2\text{max}$ , sem modificar de modo significativo o  $VO_2\text{max}$  (BILLAT & KORALSZTEIN, 1996). De qualquer modo, analisando os valores de  $VO_2\text{max}$  e mesmo de  $IVO_2\text{max}$ , podemos classificar nossos atletas como bem treinados (JEUKENDRUP, CRAIG & HAWLEY, 2000).

No presente estudo, foram feitas pequenas adaptações nos protocolos e critérios utilizados para a determinação da  $IVO_2\text{max}$ , já que originalmente os mesmos foram empregados na corrida, não existindo ainda dados específicos para o ciclismo. Por exemplo, no critério proposto por BILLAT et al. (1994), os autores determinam a menor intensidade durante o exercício incremental onde o  $VO_2\text{max}$  é alcançado. Caso ocorresse um platô no  $VO_2$  (aumento  $< 2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  entre o penúltimo e o último estágio), o valor do estágio anterior era considerado como a  $IVO_2\text{max}$ . Se um aumento  $> 2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  fosse sustentado por mais que um minuto, este estágio era considerado como a  $IVO_2\text{max}$ . Em nosso estudo, a  $MAX\text{-}VO_2\text{max}$  foi

determinada ajustando-se a  $IVO_2\text{max}$  pelo tempo mantido durante o último estágio, caso não fosse observado platô no  $VO_2$  ( $> 2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). Nós optamos por esse critério por dois motivos. Primeiro, para proporcionar maior precisão na determinação da  $IVO_2\text{max}$ , já que a taxa de incremento entre os estágios é relativamente grande (35 W). Segundo, para verificar se a ocorrência de um possível platô no  $VO_2$  poderia interferir nos valores obtidos pelo critério  $MAX\text{-}P\text{MAX}$ , já que este último pode ser determinado sem a medida direta do  $VO_2$ , podendo deste modo ser um índice de utilização mais universal.

Nos modelos submáximos, DI PRAMPERO (1986) e LACOUR et al. (1990) utilizaram apenas um ponto ( $VO_2$  x velocidade) para determinar o custo energético da corrida, encontrando posteriormente a  $IVO_2\text{max}$ . Este critério, entretanto, apresenta uma importante fonte de erro, já que as medidas do custo energético podem apresentar diferenças intra-individuais (baixa reprodutibilidade), em função das variações de ordem biológica e técnica. Para tentar minimizar este aspecto, nós realizamos a extrapolação da  $IVO_2\text{max}$  a partir do custo energético de duas cargas e não apenas de uma. Além disso, para verificar a influência do exercício incremental na determinação do custo energético (i.e., duração e efeito do estágio prévio sobre a cinética do  $VO_2$  no estágio posterior), nós determinamos também o custo energético através de dois testes de cargas constantes, realizados a partir do repouso, com durações de 6 min para tentar atingir a fase estável do  $VO_2$ .

Tem sido hipotetizado, principalmente pelos estudos realizados durante a corrida (DI PRAMPERO, 1986; LACOUR et al., 1990), que os métodos baseados em regressões submáximas, determinariam intensidades ( $IVO_2\text{max}$ ) que poderiam ser sustentadas exclusivamente pelo metabolismo aeróbio. Este conceito, entretanto, deve ser analisado com ressalvas, pois o  $VO_2\text{max}$  não pode ser alcançado sem nenhuma contribuição anaeróbia. Já os modelos baseados nas intensidades máximas obtidas no teste incremental, descreveriam intensidades com um componente anaeróbio, pois seus valores são superiores ao LAn.

Matematicamente, os valores de  $IVO_2\text{max}$  determinados através dos critérios submáximos (SUB-INC e SUB-CON) e máximo ( $MAX\text{-}VO_2\text{max}$ ), só

seriam diferentes se houvesse perda da linearidade na relação  $VO_2$  x carga durante o exercício incremental. Em princípio, nossos dados sugerem a existência desta linearidade, pois os valores médios de  $IVO_2$ max não foram diferentes entre todos os critérios. Na realidade, entretanto, as correlações e os limites de concordância entre os critérios submáximos e máximos, mostram uma elevada variabilidade intra-individual, sugerindo respostas bem heterogêneas na relação  $VO_2$  x carga entre nossos atletas. Parte desta variabilidade, talvez possa ser explicada pelas diferentes contribuições aeróbia/anaeróbia e/ou pelas diferentes relações  $VO_2$  x carga que os nossos atletas apresentaram durante o teste incremental, particularmente após o LL. Dados existentes na literatura, pelo menos durante o teste em rampa, mostram que a relação  $VO_2$  x carga é influenciada pelo nível de treinamento dos indivíduos, indo da deflexão nos altamente treinados, passando por uma relação próxima da linear nos treinados, chegando à inflexão nos indivíduos ativos (LUCIA et al., 2002; ZOLADZ, DUDA & MAJERCZAK, 1998). Em nosso estudo, embora no conjunto os indivíduos possam ser classificados como bem treinados, existiu uma variabilidade inter-individual moderada nos índices de aptidão aeróbia (p.ex., CV do  $VO_2$ max = 10 %), o que poderia, de acordo com os estudos citados anteriormente, explicar em parte os valores médios semelhantes de  $IVO_2$ max, mas com uma grande variabilidade intra-individual.

É interessante comparar ainda, a  $IVO_2$ max obtida a partir dos critérios máximos (MAX- $VO_2$ max e MAX-PMAX). Tanto os valores médios, como a correlação e os limites de concordância, sugerem uma semelhança bem grande estes critérios. Isto ocorreu, porque o número de atletas que apresentaram platô no  $VO_2$  não foi tão elevado (N = 4), tendo estes atletas sustentado em média 86 segundos no último estágio. Nosso percentual de indivíduos que apresentaram platô no  $VO_2$  (40%) está dentro do comumente encontrado na literatura (HOWLEY, BASSET JUNIOR & WELCH, 1995). Esta semelhança entre estes critérios máximos, permite uma aplicação prática bem importante, pois o critério MAX-PMAX não necessita em princípio da medida direta do  $VO_2$  durante o teste incremental.

Na prática, a escolha de um critério ou outro para a determinação da  $IVO_2$ max, deveria basear-se principalmente no propósito para o qual ela se destina. Se o propósito é realizar a predição de

performance para eventos de predomínio aeróbio, provavelmente o parâmetro mais indicado seria a  $IVO_2$ max determinada de acordo com MAX-PMAX. Apesar de não descrever efetivamente a intensidade onde o  $VO_2$ max é atingido de modo individualizado, é uma medida de performance, descrevendo a potência que realmente pode ser sustentada por um atleta. Além disso, é um método simples que pode ser determinado sem análises metabólicas e facilmente adaptável para testes de campo. Quando o intuito é a prescrição da intensidade do treinamento, principalmente quando o objetivo é alcançar e sustentar o  $VO_2$ max (treinamento intervalado de alta intensidade), os parâmetros determinados pelos critérios máximos (MAX- $VO_2$ max e MAX-PMAX), parecem ser os mais apropriados, por descreverem intensidades na qual o  $VO_2$ max pode ser alcançado. Para o monitoramento dos efeitos do treinamento, cada critério demonstra diferentes características. Os modelos submáximos, "teoricamente" caracterizados como índices puramente aeróbios, teriam a possibilidade de isolar um aumento na  $IVO_2$ max decorrentes exclusivamente de melhoras na potência aeróbia máxima ( $VO_2$ max) e/ou na EM. Já nos modelos máximos, a melhora na  $IVO_2$ max pode ocorrer em função do aumento na potência aeróbia máxima ( $VO_2$ max), EM ou capacidade anaeróbia. Entretanto, deve-se ressaltar que mesmo não isolando os efeitos do treino em um determinado índice, todos estes fatores também influenciam a performance e refletem o estado de treinamento. Desta forma, para o monitoramento do treinamento, o modelo submáximo realizado durante o teste incremental pode ser o método mais apropriado, porque possibilita a determinação de todos esses índices relacionados com o estado de treinamento.

Com base em nossos resultados, conclui-se que os critérios aqui analisados (submáximos e máximos), podem determinar diferentes valores de  $IVO_2$ max em indivíduos treinados no ciclismo. Em princípio, a escolha de um critério deveria ser feita com base na sua finalidade dentro do processo de avaliação (predição de performance, controle ou prescrição do treinamento) e/ou da disponibilidade de equipamentos para a análise de gases. Finalmente, especial atenção deve ser dada na comparação dos valores de  $IVO_2$ max entre os estudos, já que estes podem ser dependentes do critério e/ou protocolo utilizado.

## Abstract

Exercise intensity at  $VO_2$ max during cycling: analysis of different criteria in trained individuals

The purpose of this study was to compare values of  $VO_2$ max ( $IVO_2$ max) obtained using four different criteria.  $IVO_2$ max was determined in ten trained male cyclists ( $VO_2$ max =  $64.5 \pm 5.9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) in: 1) Submaximal – incremental exercise (SUB-INC).  $IVO_2$ max was determined by extrapolation of the submaximal  $VO_2$  x workload relationship, using the sub-LT stages from incremental test; 2) Submaximal – constant workload exercise (SUB-CON).  $IVO_2$ max was determined by extrapolation of the submaximal  $VO_2$  x workload relationship, using the final  $VO_2$  values during constant workload tests (50 and 70% $VO_2$ max); 3) Maximal Power – incremental test (MAX-PMAX):  $IVO_2$ max was considered as the highest workload sustained during incremental test and; 4) Maximal -  $VO_2$ max (MAX- $VO_2$ max)  $IVO_2$ max was determined as the lowest workload at which  $VO_2$ max was attained during the incremental test. No significant differences were found among the  $IVO_2$ max derived values (W) using the different methods (SUB-INC =  $327.3 \pm 43.6$ ; SUB-CON =  $321.9 \pm 38.5$ ; MAX-PMAX =  $349.1 \pm 34.1$ ; MAX- $VO_2$ max =  $342.5 \pm 36.0$ ). However, it was verified a high intraindividual variability in the  $IVO_2$ max values, mainly between submaximal and maximal criteria. It was concluded that the criteria analyzed in the present study, might determine  $IVO_2$ max with different physiological meanings. Therefore, the choice of any particular criterion should be done in accordance with the main purpose of the evaluation process (performance prediction, control or prescription of training).

UNITERMS: Cycling; Aerobic power; Aerobic training.

## Nota

Apoio: CNPq e FAPESP.

## Referências

- BARSTOW, T.J.; JONES, A.M.; NGUYEN, H.; CASABURI, R. Influence of muscle fiber type and fitness on the oxygen uptake/power output slope during incremental exercise in humans. *Experimental Physiology*, New York, v.85, p.109-16, 2000.
- BASSET JUNIOR, D.R.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.32 p.70-84, 2000.
- BILLAT, V.; RENOUX, J.C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, P. Reproducibility of running time to exhaustion at  $VO_2$ max in subelite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.26, p.254-7, 1994.
- BILLAT, V.L.; KORALSZTEIN, J.P. Significance of the velocity at  $vVO_2$ max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, Auckland, v.22, p.90-108, 1996.
- BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, London, v.1, p.307-10, 1986.
- CAPUTO, F.; de LUCAS, R.D.; MANCINI, E.; DENADAI, B.S. Comparação de diferentes índices obtidos em testes de campo para predição da performance aeróbia de curta duração no ciclismo. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, Brasília, v.9, p.13-7, 2001.
- DANIELS, J.N.; SCARDINA, N.; HAYES, J.; FOLEY, P. Elite and subelite female middle- and long-distance runners. In: LANDERS, D.M. (Ed.). *Sports and elite performers*. Champaign: Human Kinetics, 1984.
- di PRAMPERO, P.E. The energy cost of human locomotion on land and in water. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.7, p.55-72, 1986.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.6, p.117-30, 1985.



- HILL, D.W.; ROWELL, A.L. Running velocity at  $VO_2$ max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.28, p.114-9, 1996.
- HOWLEY, E.T.; BASSETT JUNIOR, D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.27, p.1292-301, 1995.
- JEUKENDRUP, A.E.; CRAIG, N.P.; HAWLEY, J.A. The bioenergetics of world class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Belconnen, v.3, p.414-33, 2000.
- KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F.T.J.; KEIZER, H.A.; GUERTEN, P.; Van KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.6, p.197-201, 1985.
- LACOUR, J.R.; PADILLA-MAGUNACELAYA, S.; BARTHELEMY, J.C.; DORMOIS, D. The energetics of middle-distance running. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.60, p.38-43, 1990.
- LINDSAY, F.H.; HAWLEY, J.A.; MYBURGH, K.H.; SCHOMER, H.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.28, p.1427-34, 1996.
- LUCIA, A.; HOYOS, J.; SANTALLA, A.; PEREZ, M.; CHICHARRO, J.L. Kinetics of  $VO_2$  in professional cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.34, p.320-5, 2002.
- McLAUGHLIN, J.E.; KING, G.A.; HOWLEY, E.T.; BASSETT, D.R.; AINSWORTH, B.F. Validation of the Cosmed K4b<sup>2</sup> portable metabolic system. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.31, p.280-4, 2001.
- MORGAN, D.W.; BALDINI, F.D.; MARTIN, P.E.; KOHRT, W.M. Ten kilometer performance and predict velocity at  $VO_2$ max among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.21, p.78-83, 1989.
- NOAKES, T.D.; MYBURGH, K.H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the  $VO_2$ max test predicts running performance. *Journal of Sports Science*, London, v.8, p.35-45, 1990.
- TAYLOR, H.L.; BUSKIRK, E.R.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.8, p.73-80, 1955.
- ZOLADZ, J.A.; DUDA, K.; MAJERCZAK, J. Oxygen uptake does not increase linearly at high power outputs during incremental exercise test in humans. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.77, p.445-51, 1998.

## ENDEREÇO

Benedito Sérgio Denadai  
Laboratório de Avaliação e Performance Humana  
Departamento de Educação Física  
Instituto de Biociências  
Universidade Estadual Paulista  
Av. 24 A, 1515 - Bela Vista  
13506-900 - Rio Claro - SP - BRASIL  
e-mail: bdenadai@rc.unesp.br

Recebido para publicação: 27/08/2004  
Revisado em: 20/01/2005  
Aceito: 11/02/2005