

Determinação da intensidade relativa de esforço: Consumo máximo de oxigênio ou resposta do lactato sanguíneo

BENEDITO SÉRGIO DENADAI
UNESP - Rio Claro - SP

A busca de um índice que possa refletir a perfeita integração que deve existir entre os sistemas cardiovascular, respiratório e muscular, para fazer frente ao aumento da demanda energética que existe durante o exercício, tem sido o tema central de diversos estudos e revisões (ASTRAND, 1956; NOAKES, 1988; COYLE, 1995). Parte deste grande interesse, vem das importantes implicações e aplicações que um índice desta natureza, pode apresentar nas áreas da atividade física, do esporte, da clínica e reabilitação e do crescimento e desenvolvimento. Inicialmente, o índice que apresentou a maior validade para estas aplicações, e por isso considerado por muitos pesquisadores da área como o *gold standard*, foi o Consumo Máximo de Oxigênio (VO_{2max}). O VO_{2max} representa a mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (ASTRAND, 1952). ROBSION et al. (1938) foram os primeiros a identificar o VO_{2max} como um índice determinante da performance em exercícios onde existe o predomínio do metabolismo aeróbio.

Posteriormente, alguns estudos realizados a partir da década de 60, identificaram na resposta do lactato sanguíneo ao exercício, um índice que também poderia ser utilizado para a avaliação aeróbia. Neste período, WASSERMAN & McLLORY (1964) propuseram o termo "Limiar Anaeróbio" para identificar a intensidade de esforço onde existe o aumento da concentração de lactato sanguíneo durante o exercício de cargas progressivas. Utilizando um critério diferente, MADER et al. (1976) introduziram o termo "Limiar Aeróbio-Anaeróbio", para identificar a intensidade de exercício correspondente a 4 mM de lactato sanguíneo. A partir deste período, muitos pesquisadores têm verificado a grande validade da resposta do lactato, como índice de avaliação aeróbia, independente de muitos fatores, como idade, sexo, tipo de exercício e estado de treinamento (DENADAI, 1999).

Um dos princípios mais importantes do treinamento, é o princípio da individualidade, onde se propõem que a sobrecarga a ser aplicada deve observar a capacidade funcional de cada indivíduo. Dentre os fatores que compõem a sobrecar-

ga (intensidade, volume e frequência semanal), a intensidade parece ser o mais importante, determinado quase que isoladamente, a existência ou não das adaptações e que tipo de adaptação irá existir com treinamento. A intensidade do exercício também é um importante aspecto quando da elaboração de um delineamento experimental, que se utilizará do exercício para estudar o comportamento de uma determinada variável. As comparações entre os indivíduos em relação as respostas agudas e crônicas ao exercício, dificilmente poderá ser realizada com precisão, se as respostas não levaram em consideração a carga relativa de esforço, ou seja, a capacidade funcional do indivíduo.

Um dos procedimentos mais preconizados (ACSM, 1990) para tornar a intensidade de esforço relativa à capacidade funcional aeróbia, é a utilização do VO_{2max} ou através de um método indireto, da frequência cardíaca máxima (FCmax). Com base neste modelo, tem sido proposto que o exercício aeróbio deva ser realizado entre 50 e 80% VO_{2max} (60 a 85% FCmax) para que se possa atingir os objetivos deste tipo de treinamento. Em estudos experimentais, é comum a utilização de um determinado % VO_{2max} para normalizar a variável independente (intensidade) e teoricamente obter respostas fisiológicas (variável dependente) mais proporcionais e homogêneas. Este procedimento, embora diminua bastante as diferenças entre os indivíduos, principalmente quando os mesmos possuem grandes diferenças na sua

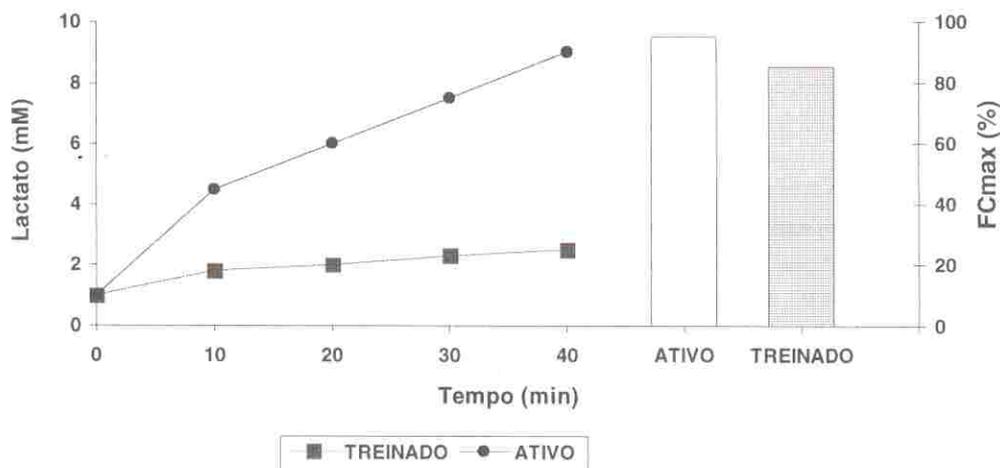
capacidade funcional aeróbia (VO_{2max}), nem sempre garante respostas similares entre os indivíduos, questionando a utilização do VO_{2max} para a individualização da intensidade de esforço.

Diversos estudos têm verificado que importantes indicadores do estresse fisiológico, como a concentração de adrenalina (WINDER et al., 1979), lactato (HURLEY et al., 1984), taxa de utilização do glicogênio muscular (JANSSON & KAIJSER, 1987), frequência cardíaca (LEWIS et al., 1980) e a pressão arterial sistólica (SVEDENHAG et al., 1986), são menores em indivíduos treinados comparados com os destreinados, exercitando-se no mesmo % VO_{2max} .

GASS et al. (1991) submeteram um grupo de ciclistas altamente treinados e um grupo de indivíduos fisicamente ativos, a duas intensidades de exercício (50 e 70% VO_{2max}) em diferentes dias, por até 40 minutos de esforço. Quando os indivíduos se exercitaram a 50% VO_{2max} verificou-se uma significativa interação entre o nível de treinamento e o tempo de exercício para a FC e o lactato sanguíneo. A 70% VO_{2max} diferenças significantes entre os grupos, também foram encontradas para a concentração de hemoglobina e amônia (Figura 1). Com base nestes dados, os autores questionaram a utilização do % VO_{2max} para tornar relativa a intensidade de esforço entre indivíduos com diferentes VO_{2max} .

Estudos mais recentes, têm verificado que alguns indicadores do estresse fisiológico apresentam respostas bem proporcionais quando a

FIGURA 1: Concentração de lactato e percentual da frequência cardíaca máxima (FCmax) durante o exercício realizado na bicicleta a 75 % VO_{2max} em indivíduos ativos e altamente treinados no ciclismo. Adaptado de GASS et al. (1991).



resposta do lactato sanguíneo é utilizada para individualizar a intensidade de exercício.

COGGAN & COYLE (1991) verificaram que o emprego da intensidade correspondente ao limiar de lactato (LL) determinou em um grupo de ciclistas uma taxa bastante homogênea da glicogenólise muscular, resultando em um tempo de fadiga por depleção do glicogênio, também bastante similar (3 horas). Parte destes resultados, podem ser explicados, pela estreita associação entre a resposta do lactato e as catecolaminas plasmática (importantes indicadores do estresse e reguladores da glicogenólise muscular) encontrada por MAZZEO & MARSHALL (1989). Além disso, USAY & STARC (1996) encontraram que o comportamento do pH sanguíneo era bastante semelhante e coincidente com o comportamento do lactato durante o exercício incremental e de cargas constantes.

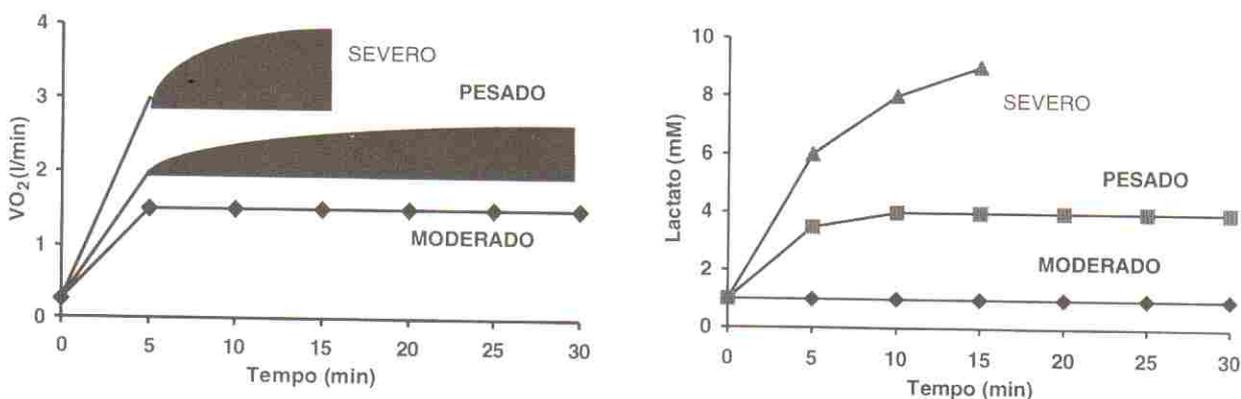
Bem interessante, são o modelo e os dados apresentados por GAESSER & POOLE (1996), em relação à cinética do VO_2 durante o exercício de cargas constantes. Neste modelo, baseados em uma série de estudos, os autores propõem três domínios em relação à intensidade de esforço: moderado, pesado e severo. O domínio moderado compreende todas as intensidades de esforço que podem ser realizadas sem a modificação do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso, isto é, abaixo do LL. O domínio pesado, começa a partir da menor intensidade de esforço onde o lactato se eleva, e tem como limite superior, a intensidade correspondente à máxima fase estável de lactato (correspondente em média a 4

mM de lactato). Para o domínio severo, não existe fase estável de lactato sanguíneo, com este se elevando durante todo o tempo de esforço, até que o indivíduo entre em exaustão (Figura 2).

Dentro destes diferentes domínios, a cinética do VO_2 parece ser bem diferente. No moderado, após 80-110 segundos do início do esforço, existe a manutenção dos valores de VO_2 (fase estável), até a interrupção do esforço, tendo um custo energético na bicicleta ergométrica de 9-11 ml $VO_2/W/min$, com uma eficiência de trabalho de 25% (GAESSER & POOLE, 1996). No domínio pesado, mesmo após 80-110 segundos de exercício, o VO_2 continua aumentando, apresentando fase estável somente após 15-20 minutos de esforço, dando origem ao componente lento (*slow component*) do VO_2 . O componente lento é o excesso ou o VO_2 adicional, além daquele que poderia ser predito na relação VO_2-W (9-11 ml $VO_2/W/min$) encontrada abaixo do LL. Neste domínio portanto, existe uma clara diminuição da eficiência de trabalho. Para o domínio severo, a fase estável de VO_2 não é observada em momento algum, sendo bastante comum o indivíduo atingir o VO_{2max} (com cargas abaixo do VO_{2max}) e entrar em exaustão (Figura 2).

É interessante salientar, que o componente lento, presente a partir do LL é independente da taxa metabólica absoluta (VO_2) de exercício. HENSON et al. (1989) demonstraram claramente este aspecto, quando submeteram a diferentes intensidades de esforço, indivíduos com grande variação no nível de treinamento e VO_{2max} ($VO_{2max} = 1,6 - 5,3$ l/min). Note-se que o componente lento só esteve presente a partir do LL (Figura 3).

FIGURA 2: Cinética do consumo de oxigênio e do lactato sanguíneo nos domínios moderado, pesado e severo. A área sombreada corresponde ao componente lento do consumo de oxigênio. Adaptado de GAESSER & POOLE (1996).



Como a existência ou não da fase estável de VO_2 tem importantes repercussões sobre os ajustes fisiológicos durante o exercício, torna-se necessário conhecer as respostas que o indivíduo apresenta, exercitando-se em diferentes condições metabólicas associadas ao comportamento do lactato sanguíneo. Apenas como um único exemplo, pode-se analisar um indivíduo que inicia um exercício a 80% VO_{2max} (intensidade frequentemente utilizada em treinamento e em protocolos experimentais), e esta intensidade está situada no domínio severo. Fatalmente após 10-15 minutos de esforço, a intensidade já não seria mais de 80% VO_{2max} , mas sim de 90-95% VO_{2max} . Por outro lado, para um indivíduo que na mesma intensidade (80% VO_{2max}) esteja no domínio moderado, ele permanecerá até o final do exercício

na mesma intensidade relativa. Portanto, como comparar os efeitos agudos e crônicos determinados pelo exercício, entre estes indivíduos!?

A situação exemplificada anteriormente, pode ocorrer com grande frequência, pois a relação lactato sanguíneo e % VO_{2max} (%FCmax) pode variar bastante entre os indivíduos e/ou entre os tipos de exercício. De um modo geral, quanto mais treinado é o indivíduo, mais alto será o % VO_{2max} (%FCmax) correspondente a uma determinada concentração de lactato (Figura 4 A). Como esta resposta é específica ao tipo de exercício treinado, um corredor terá esta determinada intensidade de esforço sempre menor no ciclismo do que na corrida, ocorrendo o inverso com um ciclista (Figura 4 B).

FIGURA 3: Cinética do consumo de oxigênio para três sujeitos com diferentes níveis de condicionamento e consumo máximo de oxigênio. Adaptado de GAESSER & POOLE (1996).

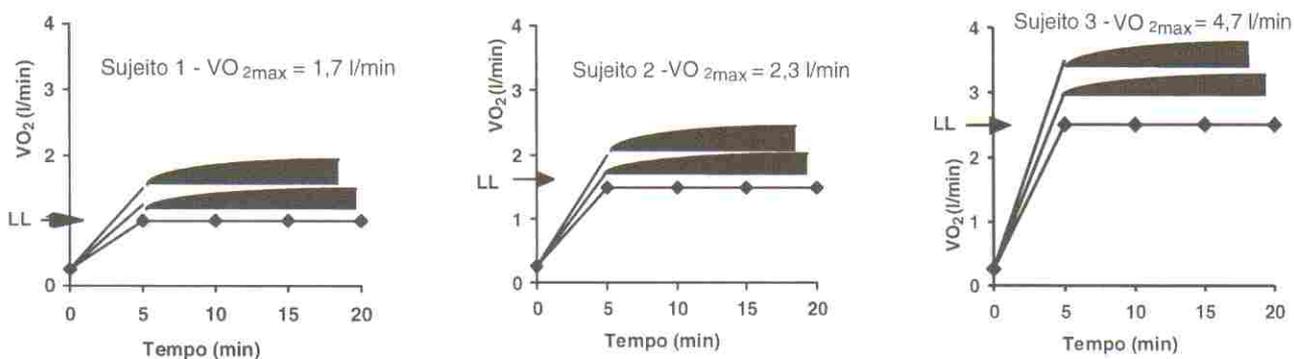
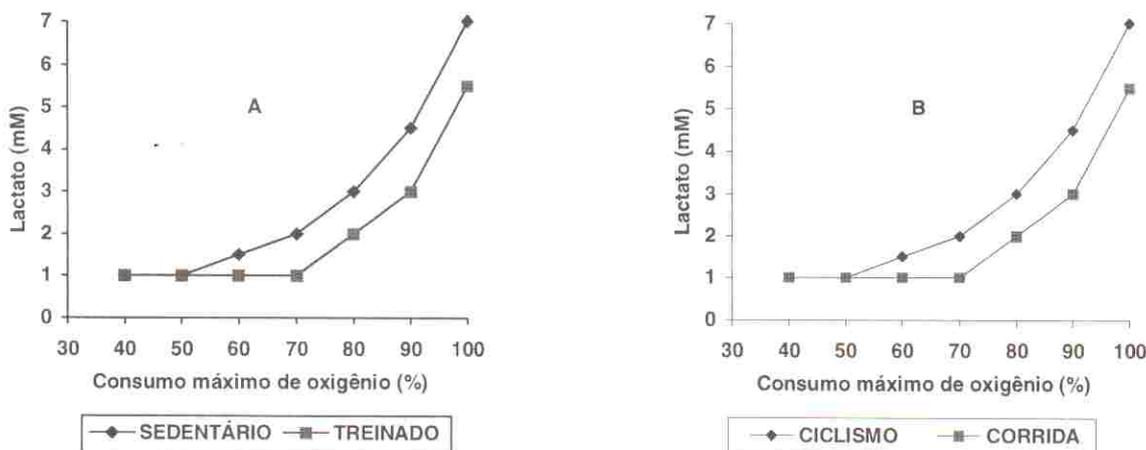


FIGURA 4: Relação entre o percentual do consumo máximo de oxigênio e o lactato sanguíneo em indivíduos sedentários e treinados (A) e para corredores treinados realizando o exercício na bicicleta e na esteira (B).



Verifica-se deste modo, que o estresse que é imposto ao indivíduo sofre importantes influências da intensidade prescrita com base no comportamento

do lactato sanguíneo, sugerindo que este critério possa ser tão ou mais adequado do que o $\%VO_{2max}$ para a individualização da intensidade de esforço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE. Position statement on the recommended quantity and quality of exercise for developing cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Medicine and Science in Sports*, v.22, p.265-274, 1990.
- ASTRAND, P.O. *Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age*. Copenhagen : Ejnar Munksgaard, 1952.
- ASTRAND, P.O. Human physical fitness with special reference to sex and age. *Physiology Review*, v.36, p.307-336, 1956.
- COGGAN, A.R. & COYLE, E.F. Carbohydrate ingestion during prolonged exercise. Effects on metabolism and performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v.19, p.1-40, 1991.
- COYLE, E.F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v.23, p.25-63, 1995.
- DENADAI, B.S. *Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações*. BSD, Ribeirão Preto, 1999.
- GAESSER, G.A. & POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in human. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v.24, p.35-70, 1996.
- GASS, G.C. et al. Effects of prolonged exercise at a similar percentage of maximal oxygen consumption in trained and untrained subject. *European Journal Applied Physiology*, v.63, p.430-435, 1991.
- HENSON, L.C. et al. Fitness as a determinant of oxygen uptake response to constant-load exercise. *European Journal Applied Physiology*, v.59, p.21-28, 1989.
- HURLEY, B.F. et al. Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.56, p.1260-1264, 1984.
- JANSSON, E. & KAIJSER, L. Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained men. *Journal of Applied Physiology*, v.62, p.999-1005, 1987.
- LEWIS, S.F. et al. Non-autonomic component in bradycardia of endurance trained men at rest and during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.109, p.484-497, 1980.
- MADER, A. et al. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed*, v.27, p.80-88, 1976.
- MAZZEO, R.S. & MARSHALL, P. Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *Journal Applied Physiology*, v.67, p.1319-1322, 1989.
- NOAKES, T.D. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: A contemporary perspective. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.319-330, 1988.
- ROBISON, S., EDWARDS, H.T., DILL, D.B. New records in human power. *Science*, v.85, p.409-410, 1938.
- SVEDENHAG, J. et al. Altered cardiovascular responsiveness to adrenalin in endurance-trained subjects. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.126, p.539-550, 1986.
- USAY, A. & STARC, V. Blood pH and lactate kinetics in the assessment of running endurance. *International Journal Sports Medicine*, v.17, p.34-40, 1996.
- WASSERMAN, K.; McLLORY, M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *American Journal Cardiology*, v.14, p.844-852, 1964.
- WINDER, W.W. et al. Training-induced changes in hormonal and metabolic responses to submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.46, p.766-771, 1979.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências
Av. 24 A, 1515 - Bela Vista - Rio Claro - SP
CEP - 13506-900
e-mail: bdenadai@rc.unesp.br