



Metodologia de estimativa do deficit de oxigênio acumulado

Methodology to estimate the accumulated oxygen deficit

REIS, V.M.; CARNEIRO, A.L. Metodologia de estimativa do deficit de oxigênio acumulado. **R. bras. Ci e Mov.** 2005; 13(2):7-15.

RESUMO – Neste artigo é analisada a metodologia em que baseia a estimativa do Deficit de Oxigênio Acumulado (DefO2Ac). É apresentado, ainda, um exemplo prático que facilita a compreensão da matemática do método. O DefO2Ac é quantificado pela diferença entre o custo energético (CE) total do esforço e o consumo de Oxigênio acumulado (VO2Ac) durante o esforço. O VO2Ac é calculado com base na medição direta do VO2. Contrariamente, o CE não pode ser medido diretamente, sendo necessária a sua estimativa indireta por extrapolação linear a partir da regressão VO2-intensidade. O método requer a realização de duas provas, uma submáxima (em que é estabelecida a regressão) e uma supramáxima (que corresponde ao esforço para o qual se pretende estimar o DefO2Ac). A precisão do método depende principalmente da robustez da regressão VO2-intensidade, bem como da robustez da extrapolação linear do CE e, como tal, depende do rigor do protocolo da prova submáxima. A prova submáxima deve ser descontínua, de intensidade progressiva e abranger intensidades de esforço abaixo e acima do limiar anaeróbio. Seis minutos parecem constituir uma duração aceitável para os patamares desta prova e os intervalos de recuperação entre os mesmos devem ser individuais e progressivos.

PALAVRAS-CHAVE: deficit de Oxigênio acumulado – prova submáxima – prova supramáxima

REIS, V.M.; CARNEIRO, A.L. Methodology to estimate the accumulated oxygen deficit. **R. bras. Ci e Mov.** 2005; 13(2):7-15.

ABSTRACT – The methodology on which is based the accumulated oxygen deficit (AOD) estimation is analysed on this paper. A practical example is provided, in order to help to understand the mathematics of the method. The AOD is quantified as the difference between the total energy cost (CE) of an exercise and the accumulated oxygen uptake (VO2Ac) during the same exercise. The VO2Ac calculation is based on direct VO2 measurements. However, as the CE cannot be measured directly, it is estimated indirectly by linear extrapolation from the VO2-intensity regression. The method demands that the subjects perform two tests, one submaximal (to establish the regression) and one supramaximal (that represents the exercise where the AOD is meant to be estimated). The precision of the method depends mainly on the robustness of the VO2-intensity regression and on the robustness of the extrapolation procedure, therefore depending on the protocol of the submaximal test. The submaximal test should be discontinuous and with exercise bouts of progressive intensity, both below and above the anaerobic threshold. Six minutes seem to present an acceptable duration for these bouts and the duration of the recovery periods between them should be individual and progressive.

KEYWORDS: accumulated oxygen deficit – submaximal test – supramaximal test

Victor Machado Reis¹

André Luiz Carneiro²

¹ Departamento de Desporto, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

² Faculdades Unidas de Norte de Minas – MG, Montes Claros, Brasil

Recebimento: 21/12/2004
Aceite: 23/12/2004

Correspondência: Victor Machado Reis. Dep. Desporto – UTAD. Apartado 1013, 5000 Vila Real – Portugal. Tel: + 351 96 1693893. Fax: +351 259 330168.
E-mail: vreis@utad.pt

R. bras. Ci. e Mov. 2005; 13(3): 35-42

Introdução

O Deficit de Oxigênio Acumulado (DefO_2Ac) foi um conceito proposto por Hermanssen e Medbo²⁷(1984). Medbo et al³⁵ (1988) apresentaram e validaram um método para a sua estimativa. Posteriormente, vários autores adotaram este método para caracterizar a aptidão anaeróbia de populações de desportistas^{5, 20, 28, 41, 43} e para investigar a relação entre o DefO_2Ac e a performance em esportes de características eminentemente anaeróbias^{9, 13, 21, 45, 46, 50, 55}. Saltin⁵¹ (1990) afirmou que o DefO_2Ac é o indicador mais fiável da Capacidade Anaeróbia. Embora tenham sido endereçadas críticas à validade do método^{1, 2, 3} a verdade é que ainda ninguém propôs uma metodologia alternativa que apresentasse uma validade superior. Foram propostas algumas metodologias consideravelmente diferentes da original, mas nenhuma mereceu aceitação, tácita ou explícita, por parte da comunidade científica^{29, 33, 47}. As virtudes do método não se esgotam na estimativa do DefO_2Ac e na sua utilização como indicador da aptidão anaeróbia. O mesmo tem sido igualmente usado para estimar a contribuição aeróbia e anaeróbia da produção energética em esforços de diferentes perfis metabólicos^{24, 37, 38, 44, 52, 53, 56, 58}. Este potencial do método conduziu, por exemplo, à sua utilização para confirmação dos perfis energéticos de provas de Atletismo^{46, 52}. Nas primeiras fases de afirmação deste método, a estimativa do DefO_2Ac foi comparada com estimativas da produção de energia anaeróbia baseadas na medição de metabolitos musculares^{4, 34, 37, 38, 56}. Contudo, a quantificação da produção de energia anaeróbia com base na medição de metabolitos musculares parece ter perdido popularidade e o método do DefO_2Ac tem, progressivamente, conquistado mais aceitação. O uso de métodos diretos invasivos, tais como a biópsia muscular, apresentam constrangimentos de vária ordem que desaconselham a sua utilização em muitas situações. Quanto aos indicadores indiretos, como por exemplo a concentração de lactato no sangue, também têm perdido popularidade. A margem de erro associada à medição da lactatemia como estimativa da produção energética anaeróbia, está suficientemente expressa nas dificuldades relacionadas com o conhecimento dos

transientes do lactato do músculo para o sangue, o seu volume de diluição neste e a sua oxidação em tecidos não ativos^{10, 16, 17, 18, 19, 51}. Franceux et al.¹⁵ (1993) e Medbo e Toska³⁹ (2001) concluíram que a quantidade de lactato no sangue não reflete com rigor a produção de lactato no músculo. A popularidade do método estendeu-se mesmo à investigação da aptidão anaeróbia de animais, particularmente de cavalos^{14, 23, 30, 31, 32}.

Conceitos

O Deficit de Oxigênio Acumulado é quantificado pela diferença entre o custo energético (C_E) total do esforço e o consumo de Oxigênio acumulado (VO_2Ac) durante esse mesmo esforço. O VO_2Ac representa a porção de energia obtida pelos processos aeróbios e o DefO_2Ac representa a porção de energia obtida pelos processos anaeróbios. Assim, o seu somatório equivale ao total de energia produzida durante o esforço, ou seja, equivale ao C_E total. Assim, para estimativa do DefO_2Ac , é necessário quantificar o C_E total bem como o VO_2Ac . O VO_2Ac resulta da integração em ordem ao tempo do VO_2 medido diretamente durante o esforço em causa. Da mesma forma, o C_E total resulta da integração do C_E em ordem ao tempo de esforço. Contudo, ao contrário do que sucede com o VO_2 , o C_E não pode ser medido diretamente, sendo necessária a sua estimativa indireta. O C_E de uma tarefa é usualmente referido em Joules (unidade para a energia), embora seja possível a conversão em equivalentes de O_2 . No método em causa, este indicador é quantificado precisamente em equivalentes de O_2 , sendo, portanto, apresentado nas mesmas unidades do que VO_2 relativo (usualmente $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Assim, o método baseia-se fundamentalmente na estimativa do C_E . Em esforços de intensidade inferior ao VO_2max (submáximos) o C_E é quantificado pelo declive da reta de regressão entre o VO_2 e a intensidade do esforço. Para esforços de intensidade supramáxima, o C_E é estimado por extrapolação linear do C_E submáximo; ou seja, através da utilização equação da reta de regressão VO_2 -intensidade. No exemplo prático que apresentamos no último capítulo deste artigo será mais fácil perceber este procedimento. O procedimento para estimativa do C_E supramáximo determina que seja necessário, para além do



esforço em que se pretende estimar o DefO_2AC , a realização de uma prova de esforço submáxima. É precisamente em torno das características metodológicas desta prova que se focam algumas discussões acerca da precisão do método^{11, 12, 25, 26, 48, 49}. A precisão do método depende principalmente da robustez da regressão VO_2 -intensidade, bem como da robustez da extrapolação linear do C_E e, como tal, depende do rigor do protocolo da prova submáxima.

Protocolo da prova submáxima

Duração dos patamares

A duração dos patamares na prova submáxima deve ser a necessária e suficiente para que ocorra uma estabilização no VO_2 . Se não ocorrer uma estabilização no VO_2 , a validade do método fica comprometida (sendo provável que ocorra uma subestima do C_E submáximo). Existe maior probabilidade de não se verificar uma estabilização aceitável no VO_2 quando são usadas intensidades de esforço acima do limiar anaeróbio, consequência da intervenção da componente lenta da cinética do gás^{6, 7, 57}. Este problema poderia ser resolvido facilmente através da utilização de patamares com uma duração suficientemente alargada para minimizar os riscos de subestima do C_E . Alguns autores defendem a utilização de patamares de duração superior a 8 min^{11, 35, 36}. Contudo, em outros estudos foi observada uma estabilização no VO_2 em menos de 7 min³³ ou de 5 min²², mesmo para intensidades de esforço acima do limiar anaeróbio. Todavia, a extrapolação linear do custo energético supramáximo parece apresentar maior validade quando são usadas intensidades próximas do $\text{VO}_{2\text{max}}$ ^{35, 41}. Ora, se fossem requeridos patamares de esforço de 10 min, seria difícil que esses fossem cumpridos a tais intensidades, pois o tempo máximo de tolerância em esforços de intensidade acima de 90% do $\text{VO}_{2\text{max}}$ é inferior a 10 min⁹, mesmo com atletas de elite^{8, 42}. Assim, parece-nos que uma duração intermédia será a que assegura melhor validade do método. O fato de um vasto número de investigadores optarem por patamares de duração até 6 min nos seus estudos, sugere que esta duração poderá ser uma opção que permite um compromisso ótimo entre a duração e a intensidade dos patamares^{5, 13, 22, 25, 26, 33, 40, 52, 58}.

Intensidades dos patamares

Não obstante a maior probabilidade de intervenção da componente lenta em intensidades de esforço acima do limiar anaeróbio, alguns estudos referem que a utilização exclusiva de intensidades inferiores a aquele referencial pode conduzir a uma subestimativa do C_E e consequentemente do DefO_2Ac ^{25, 26, 58}. Contudo, outros autores não observaram este efeito^{35, 36}. De qualquer forma, a validade do modelo de extrapolação linear do C_E , não se esgota na qualidade do ajustamento da reta de regressão. A precisão da extrapolação linear do C_E é ainda mais importante. Ora, quando se utilizam intensidades muito baixas, o diferencial entre estas e a intensidade supramáxima para a qual vai ser estimado o C_E , é obviamente superior. Essa diferença influencia o erro padrão da estimativa do valor predito (neste caso o C_E). Este fato explica a melhoria na validade do modelo superior quando se utilizam (na prova submáxima) patamares de intensidade próxima do $\text{VO}_{2\text{max}}$ ^{35, 41}. Assim, parece que a melhor opção será a de combinar patamares de intensidade sub e supra limiar anaeróbio.

Número de patamares

A escolha do número de patamares usados na prova submáxima não é um detalhe tão importante quanto a duração e a intensidade dos mesmos. No seu estudo de validação do método, Medbo et al.³⁵ (1998) usaram um total de 20 patamares na regressão VO_2 -intensidade. Contudo, o cumprimento de 20 patamares determina uma duração algo exagerada da prova submáxima. Apenas dois outros estudos referem provas submáximas com mais do que 10 patamares^{37, 38}. A literatura sugere que será evitável uma duração prolongada desta prova, pois muitos autores referem um total de 5 a 7 patamares de esforço^{20, 21, 22, 40, 46, 49, 52, 54, 55}.

Protocolo da prova supramáxima

Duração e intensidade

O presente método é usualmente usado para estimar o DefO_2Ac em esforços de intensidade supramáxima. Em intensidades abaixo do $\text{VO}_{2\text{max}}$, o C_E do esforço é totalmente assegurado pela energia proveniente de fontes aeróbias, com exceção do ligeiro Deficit contraído na fase inicial do esforço devido à inércia do metabolismo

oxidativo. Como a prova só termina quando se verifica a exaustão evidente do sujeito (ou pelo menos quando se verifica a impossibilidade deste em manter a intensidade pré-definida), a duração da mesma depende da intensidade. A intensidade da prova é definida com recurso à equação de regressão estabelecida na prova submáxima. No exemplo prático que apresentaremos ficará mais claro este procedimento.

Intensidade constante vs variável

Existem dois tipos de prova supramáxima: de intensidade constante e de intensidade variável. Quando a prova é de intensidade constante, ela só é terminada quando ocorre a fadiga do sujeito (expressa pela impossibilidade de manter a carga pré-definida). Este é o tipo mais usual na investigação laboratorial (principalmente quando usada a esteira rolante). Medbo et al.³⁵ (1998) concluíram que, quando se pretende estimar o máximo DefO₂Ac (logo, a Capacidade Anaeróbia), a prova supramáxima deve ter uma duração de 2 a 3 min. As provas de intensidade variável são um recurso que permite, por vezes, uma melhor aproximação da situação real de competição ou treino de praticantes esportivos. Logo, será porventura mais adequada quando se pretende caracterizar o perfil metabólico de um esforço específico. Neste tipo de prova, é fixado o tempo total da mesma (ou a distância a percorrer) sem ser pré-definida a intensidade. Assim, a estratégia de gestão do esforço é individual. Na maioria dos casos, verifica-se uma intensidade elevada no início da prova, que vai diminuindo conforme se vai instalando a fadiga. Em laboratório, existem referências à utilização desta estratégia para provas em ciclo-ergómetro^{20, 21, 22}. Gatin et al.²² (1995) verificaram que o DefO₂Ac não era diferente, para a mesma duração de esforço, se a intensidade fosse constante ou variável. Contudo, existem outros estudos laboratoriais que sugerem que a cinética do VO₂ de ser mais lenta quando se utiliza uma intensidade variável, aumentando, assim, a fração de energia anaeróbia^{20, 21, 56}. Reis⁴⁶ (1997) estudando uma corrida de 400 metros em pista, observou uma cinética muito lenta no VO₂ e uma fração de energia anaeróbia superior à que seria de esperar para uma prova supramáxima de duração inferior a 1 min.

Também verificou que o DefO₂Ac apresentou valores mais elevados do que os habitualmente referidos para provas da mesma duração e de intensidade constante em esteira rolante. Assim, é provável que a variação de intensidade durante a prova supramáxima possa influenciar significativamente a estimativa do DefO₂Ac. Quando a prova supramáxima tem intensidade variável, a estimativa do C_E é mais complexa, pois exige que se divida a prova total por períodos de tempo mais curtos e que se calcule o C_E separadamente para cada um desses períodos.

Um exemplo prático

Suponhamos que se pretende estimar o máximo DefO₂Ac de um sujeito em uma prova supramáxima de intensidade constante em esteira rolante horizontal. De acordo com Medbo et al.³⁵ (1998), para se estimar o máximo DefO₂Ac a prova deverá ter uma duração de 2 a 3 min. Por isso, é escolhida uma intensidade de ~115% da potência máxima aeróbia (pela consulta da literatura verifica-se que esta intensidade geralmente induz a exaustão em 2 a 3 min). A potência máxima aeróbia (PMA) corresponde, neste caso, à mínima velocidade de corrida passível de induzir o VO₂max naquele sujeito.

Prova submáxima

A prova submáxima será composta por patamares de 6 min de duração e de intensidade progressiva. No caso de se conhecer o perfil aeróbio do sujeito (com base em testes progressivos já efetuados) define-se a primeira intensidade do primeiro patamar como sendo de ~40-50% da PMA. O acréscimo de intensidade nos patamares subsequentes será de ~10%. A prova é descontínua; ou seja, existe um período de repouso passivo. A duração do repouso será estabelecida com base no VO₂. Considera-se que o sujeito está apto para iniciar um novo patamar de esforço, quando o seu VO₂ não ultrapassa em mais do que 2 ml.kg⁻¹.min⁻¹ o VO₂ registado antes do início do patamar anterior. Desta forma, o número total de patamares da prova será de 5 a 6. Quando não se têm qualquer referência em relação à aptidão aeróbia do sujeito, escolhe-se uma velocidade inicial relativamente baixa. Neste caso, a única desvantagem é que é mais difícil prever qual será a duração total da prova, ou

seja, quantos patamares de esforço serão cumpridos. O VO_2 é medido diretamente durante toda a prova. Preferencialmente, a prova só terminará quando o sujeito atingir a exaustão, conseguindo-se dessa forma um valor indicativo do VO_{2max} do sujeito. No caso de se conhecer previamente o VO_{2max} do sujeito, não é necessário que a prova seja prolongada até à exaustão do sujeito.

Regressão VO_2 -intensidade

Suponhamos que o sujeito cumpriu seis patamares de 6 min e que iniciou ainda um sétimo patamar (que não concluiu por atingir a fadiga evidente). Para definição da reta de regressão entre VO_2 e velocidade de corrida, considera-se o VO_2 médio durante o último minuto de cada patamar válido (neste caso os seis primeiros). O máximo valor de VO_2 observado no sétimo patamar considera-se como indicador do VO_{2max} (será desejável averiguar se são cumpridos os critérios usualmente definidos como pressupostos para se atingir o VO_{2max}). Na tabela 1 são apresentados os hipotéticos valores de VO_2 e de velocidade de corrida em cada patamar e na figura 1 a respectiva reta de regressão.

Os indicadores de robustez do modelo permitem aceitar a utilização da regressão para a estimativa do C_E supramáximo. Isto porque a linearidade do modelo ficou bem evidente no R da regressão (0.996) e o erro padrão da mesma ($Sy.x$) é aceitável (1.10 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, correspondendo a um erro de ~2.2% para um VO_2 de 50 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). A equação de regressão obtida foi:

$y = 11.66x + 3.62$ (1)

ou seja,

$VO_2 = 11.66 VC + 3.62$ (2)

Para se definir a VC correspondente à intensidade que vai ser usada na prova supramáxima (~115%), há que calcular primeiro a PMA. Suponhamos que o máximo valor de VO_2 observado foi de 67.00 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Então simplesmente substitui-se o primeiro membro de (2) por este valor e calcula-se qual a velocidade de corrida correspondente à PMA (VC^{PMA}).

$VC^{PMA} = 67.00 - 3.62 / 11.66 = 5.44 m.s^{-1}$ (3)

Posteriormente, calcula-se a velocidade de corrida a usar na prova supramáxima (VC^{supra}):

$VC^{supra} = 115\% \text{ de } 5.44 m.s^{-1} = 6.26 m.s^{-1}$ (4)

Tabela 1. Consumo de Oxigênio (VO_2) e velocidade de corrida (VC) na prova submáxima.

Patamar	VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	VC ($m.s^{-1}$)
1º	34.00	2.5
2º	38.00	3.0
3º	43.00	3.5
4º	50.00	4.0
5º	57.00	4.5
6º	62.00	5.0

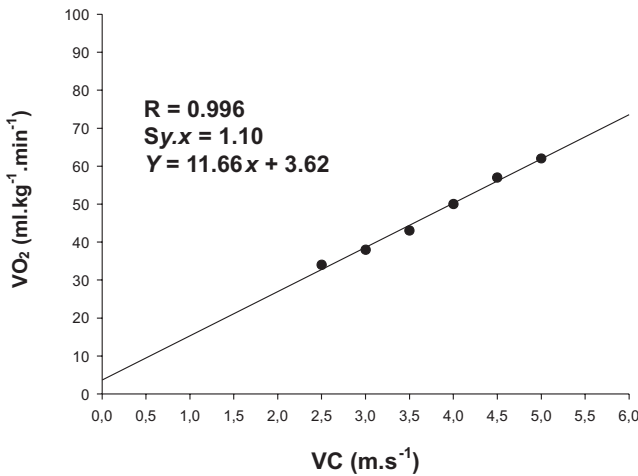


Figura 1. Regressão entre VO_2 e velocidade de corrida (VC).

Para se calcular o C_E (em equivalentes de O_2) para esta prova (CE^{supra}), resolve-se (2), substituindo VC pelo valor obtido em (4).
 $CE^{supra} = 11.66 \times 6.26 + 3.62 = 76.61 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (5)

Prova supramáxima

Entre 24 e 72 h após a prova submáxima o sujeito é submetido à segunda prova. A velocidade de corrida a usar é a VC^{supra} calculada anteriormente e a prova só termina quando o sujeito atingir a exaustão evidente e não for capaz de manter a velocidade de corrida imposta. Durante a prova é medido o VO_2 .

Cálculo do $DefO_2Ac$

$$DefO_2Ac = C_E \text{ total} - VO_2Ac \quad (6)$$

$$C_E \text{ total} = C_E^{supra} \times \text{duração} \quad (7)$$

$$VO_2Ac = VO_2 \times \text{duração} \quad (8)$$

Suponhamos que o tempo da prova foi de 2min 30 s (2.50 min). Resolvendo (7) usando o valor calculado em (5):

$$C_E \text{ total} = 76.61 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} \times 2.5 \text{ min} = 191.53 \text{ mL.kg}^{-1}.$$

Para integração do VO_2 em ordem à duração do esforço podem ser usados vários métodos. O mais simples é calcular o VO_2 médio durante a prova e incluir este valor em (8). Suponhamos que o VO_2 médio foi de $45.00 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Assim,

$$VO_2Ac = 45.00 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} \times 2.5 \text{ min} = 112.50 \text{ mL.kg}^{-1}.$$

Logo, resolvendo (6) é obtido o valor para o $DefO_2Ac$:

$$DefO_2Ac = 191.53 \text{ mL.kg}^{-1} - 112.50 \text{ mL.kg}^{-1} = 79.03 \text{ mL.kg}^{-1}$$

Referências bibliográficas

- 1 Bangsbo, J. Is the O_2 Deficit an accurate quantitative measure of the anaerobic energy production during intense exercise? Letter to the editor. *J Appl Physiol.* 1992; 73: 1207-1208.
- 2 Bangsbo, J. Oxygen Deficit: A measure of the anaerobic energy production during intense exercise? *Can J Appl Physiol.* 1996; 21: 350-363.
- 3 Bangsbo, J. Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 47-52.
- 4 Bangsbo, J. et al. Anaerobic energy production and the O_2 deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *J Physiol.* 1990; 422: 539-559.
- 5 Bangsbo, J., Michalsik, L. e Petersen, A. Accumulated O_2 Deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int J Sports Med.* 1993; 14: 207-213.
- 6 Barstow T., Casaburi, R. e Wassermann, K. O_2 uptake kinetics and the O_2 deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *J Appl Physiol.* 1993; 75: 755-762.
- 7 Bernard, O. et al. Influence of the oxygen uptake slow component on the aerobic energy cost of high-intensity submaximal treadmill running in humans. *Eur J Appl Physiol.* 1998; 78: 578-585.
- 8 Billat, V. et al. Time to exhaustion at VO_{2max} and lactate steady state velocity in sub-elite long distance runners. *Arch Int Physiol Bioch Biophys.* 1994; 102: 215-219.
- 9 Bishop, D. Physiological predictors of flat-water kayak performance in women. *Eur J Appl Physiol.* 2000; 82: 91-97.
- 10 Brooks, G. Anaerobic threshold: review of the concept and direction to future research. *Medi Sci Sports Exerc.* 1985; 17: 22-31.
- 11 Buck, D. e McNaughton, L. Maximal Accumulated Oxygen Deficit must be calculated using 10-min periods. *Med Sci Sports Exerc.* 1999¹; 31: 1346-1349.
- 12 Buck, D. e McNaughton, L. Changing the number of submaximal exercise affects calculation of MAOD. *Int J Sports Med.* 1999¹; 20: 28-33.
- 13 Craig, I. e Morgan, W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Med Sci in Sports Exerc.* 1998; 30: 1631-1636.
- 14 Eaton, M. et al. Maximal accumulated oxygen deficit in thoroughbred horses. *J Appl Physiol.* 1995; 78: 1564-1568.
- 15 Francaux, M., Jacqmin, P. e Sturbois, X. Variations in lactate apparent clearance during rest and exercise in normal man (Abstract). *Arch Int Physiol Bioch Biophys.* 1993; 101: 303-309.
- 16 Fréminet, A. e Minaire, Y. On the use of isotopic tracers for the study of lactate metabolism in vivo. In: Marconnet, P., Poortmans, J. e Hermanssen, L. (Eds.). *Physiological chemistry of training and detraining.* Basel, Karger, 1984, p. 25-39.

- 17 Freund, H. e Zouloumian, P. Lactate after exercise in man. Evolution kinetics in arterial blood. *Eur J Appl Physiol.* 1981; 46: 121-133.
- 18 Freund, H. et al. Lactate kinetics after maximal exercise in man. In: Marconnet, P, Poortmans, J. e Hermanssen, L. (Eds.). *Physiological chemistry of training and detraining.* Basel, Karger, 1984, p. 9-24.
- 19 Gaesser, G.; Brooks, G. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 1984; 16: 29-43.
- 20 Gastin, P. e Lawson, D. Influence of training status on Maximal Accumulated Oxygen Deficit during all-out cycle exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1994^a; 69: 321-330.
- 21 Gastin, P. e Lawson, D. Variable resistance all-out test to generate Accumulated Oxygen Deficit and predict Anaerobic Capacity. *Eur J Applied Physiol.* 1994^b; 69: 331-336.
- 22 Gastin, P. et al. Accumulated Oxygen Deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27: 255-263.
- 23 Geor, R., McCutcheon, L. e Hinchcliff, K. Effects of warm-up intensity on kinetics of oxygen consumption and carbon dioxide production during high-intensity exercise in horses (Abstract). *Am J Veter Res.* 2000; 61: 638-645.
- 24 Granier, P. et al. Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 1995; 70: 58-65.
- 25 Green, S. e Dawson, B. The oxygen uptake-power regression in cyclists and untrained men: implications for the accumulated oxygen deficit. *Eur J Appl Physiol.* 1995; 70: 351-359.
- 26 Green, S. e Dawson, B. Methodological effects on the $\dot{V}O_2$ - power regression and the Accumulated O_2 Deficit. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28: 392-397.
- 27 Hermanssen L. e Medbo, J. The relative significance of aerobic and anerobic processes during maximal exercise of short duration. In: Marconnet, P, Poortmans, J. e Hermanssen, L. (Eds.). *Physiol Chemistry of Training and Detraining,* Basel, Karger, 1984, p. 56-67.
- 28 Heugas, A., Brisswalter, J. e Vallier, J. Effet d'une période d'entraînement de trois mois sur le Déficit Maximal en Oxygen chez des sprinters de haut niveau de performance. *Can J Appl Physiol.* 1997; 22: 171-181.
- 29 Hill, D., Ferguson, C. e Ehler, K. An alternative method to determine accumulated oxygen deficit. *Eur J Appl Physiol.* 1998; 79: 114-117.
- 30 Hinchcliff, K. et al. Furosemide reduces accumulated oxygen deficit in horses during brief intense exertion. *J Appl Physiol.* 1996; 81: 1550-1554.
- 31 Hinchcliff, K. et al. High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses (Abstract). *Equine Veter J.* 2002; 34: 9-16.
- 32 Lacombe, V. et al. Exercise that induces substantial muscle glycogen depletion impairs subsequent anaerobic capacity (Abstract). *Equine Veter J.* 1999; 30 (Suppl.): 293-297.
- 33 Maxwell, N. e Nimmo, M. Anaerobic Capacity: a Maximal Anaerobic Running Test versus the Maximal Accumulated Oxygen Deficit. *Can J Appl Physiol.* 1996; 21: 35-47.
- 34 Medbo, J. Quantification of the anaerobic energy release during exercise in man. Oslo, University of Oslo, 1991.
- 35 Medbo, J. et al. Anaerobic Capacity determined by Maximal Accumulated O_2 Deficit. *J Appl Physiol.* 1988; 64: 50-60.
- 36 Medbo, J., Burgers, S. Effect of training on the Anaerobic Capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22: 501-507.
- 37 Medbo, J. e Tabata, I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1989; 67: 1881-1886.
- 38 Medbo, J. e Tabata, I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J Appl Physiol.* 1993; 75: 1654-1660.
- 39 Medbo, J. e Toska, K. Lactate release, concentration in blood, and apparent distribution volume after bicycling exercise. *Jap J Physiol.* 2001; 51: 303-3112.
- 40 Olesen, H. et al. Maximal Oxygen Deficit of sprint and middle distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 1994; 69: 140-146.
- 41 Olesen, H. e Secher, N. Letter to the editor: Oxygen Deficit of sprint and middle distance runners (reply). *Eur J Appl Physiol.* 1995; 70: 194.
- 42 Péronnet, F. e Thibault, G. Mathematical analysis of running performance and world running records. *J Appl Physiol.* 1989; 67: 453-465.
- 43 Pizza, F. et al. Anaerobic capacity: influence of training status. *Medi Sci Sports Exerc.* 1994; 26 (suppl.): 600.

- 44 Pripstein, L. et al. Aerobic and anaerobic energy during a 2-km race simulation in female rowers. *Eur J Appl Physiol.* 1999; 79: 491-494.
- 45 Ramsbottom, R. et al. Accumulated Oxygen Deficit and short-distance running performance. *J Sports Sci.* 1994; 12: 447-453.
- 46 Reis, V. Determinação do Deficit de Oxigênio acumulado em corredores de 400 metros. Tese de Mestrado, Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa, 1997.
- 47 Rusko, H., Nummela, A. e Mero, A. A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 1993; 66: 97-101.
- 48 Russell, A. et al. Improving the precision of the accumulated oxygen deficit using VO₂-power regression points from below and above the lactate threshold. *J Exerc Physiol.* 2002;² 5: 23-31. <http://www.css.edu/users/tboone2/asep>. [Acesso em Agosto 18, 2004].
- 49 Russell, A., Rossignol, P. e Lo, S. The precision of estimating the total energy demand: implications for the determination of the accumulated oxygen deficit. *J Exerc Physiol.* 2000; 3: 55-63. <http://www.css.edu/users/tboone2/asep>. [Acesso em Agosto 18, 2004].
- 50 Russell, A.P., Rossignol, P. e Sparrow, W. Prediction of elite schoolboy 2000m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *J Sports Sci.* 1998; 16:749-754.
- 51 Saltin, B. Anaerobic Capacity: past, present and prospective. In: TAYLOR, A. et al. (Eds). *Biochemistry of Exercise VII*, Champaign, Human Kinetics, 1990, p. 387-412.
- 52 Spencer, M. e Gastin, P. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 157-162.
- 53 Tabata, I. et al. Metabolic profile of high-intensity intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29: 390-405.
- 54 Weber, C. e Schneider, D. Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 1056-1059.
- 55 Weyand, P. et al. Peak Oxygen Deficit predicts sprint and middle-distance performance. *Med Sci Sports and Exerc.* 1994; 26: 1174-1180.
- 56 Withers, R. et al. Muscle metabolism during 30, 60 and 90s of maximal cycling on a air-braked ergometer. *Eur J Appl Physiol.* 1991; 63: 354-362.
- 57 Whipp, B. The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1994; 26: 1319-1326.
- 58 Yamamoto, M. e Kanehisa, H. Dynamics of anaerobic and aerobic energy supplies during sustained high intensity exercise on cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol.* 1995; 71: 320-325.