

Artigo Original

COMPARAÇÃO DE MÉTODO INVASIVO E NÃO INVASIVO PARA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA EM NADADORES

Sandro Fernandes da Silva^{1,2,3}, Alessandro Henrique Machado de Assis⁴, Cíntia Campolina Duarte Rocha²,
José Antonio de Paz³

1 - Universidade de Itaúna - Itaúna - MG - Brasil.

2 - Centro Universitário de Belo Horizonte(UNI-BH) - Belo Horizonte - MG - Brasil.

3 - Universidad de León - León - Espanha.

4 - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte - MG - Brasil.

Resumo

A natação é um dos esportes mais praticados em todo território brasileiro. Em razão disto, o controle do treinamento dentro da natação competitiva se faz necessário para que o rendimento seja efetivo e obtenha os resultados almejados, tanto por treinadores, quanto por atletas. O teste T-30 é um dos meios de controle de treinamento, sendo um método não-invasivo. Outro teste que começa a ser muito utilizado é o teste Vitesse, que avalia o limiar de lactato. A partir destas informações, o presente trabalho se propôs a estudar estes dois tipos de testes, buscando identificar a velocidade crítica dos nadadores, comparando se os dois testes possuem diferenças ou não, em relação à velocidade crítica, descrita em m/s, e no tempo em segundos, em 100 metros. Participaram do estudo oito sujeitos do sexo masculino, com uma idade média de $21,6 \pm 2,97$ anos, com

Recebido em 15.06.2006. Aceito em 12.01.2007.

experiência em natação competitiva de $9,37 \pm 2,50$ anos. Para o teste Vitesse, os indivíduos realizaram apenas uma série, respeitando-se o estilo de cada nadador. O teste T-30 foi realizado dois dias após o primeiro teste, consistindo em nadar o máximo de distância possível em 30 minutos ou nadar os 3000 metros em menos de 30 minutos. Para comprovação estatística, utilizou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon com comparação de médias e $p \leq 0,05$. Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre os testes, tanto em relação à velocidade crítica, expressa em m/s, quanto em relação ao tempo de limiar de lactato para os 100 metros, critério para prescrição de treinamento em natação. Assim, conclui-se que os dois testes utilizados são eficientes para identificar a velocidade crítica e o limiar de lactato na natação com nadadores experientes, todos velocistas.

Palavras-chave: Teste T-30, Teste Vitesse, Velocidade Crítica.

Original Article

COMPARISON BETWEEN INVASIVE AND NON-INVASIVE METHODS TO DETERMINE THE CRITICAL SPEED IN SWIMMERS

Abstract

Swimming is one of the most practiced sports in all Brazilian territory. So, the control of training inside the competitive swimming is necessary to have a solid output and to obtain expected results, either by coaches or athletes. The T-30 test is one of the ways to control training, being a non-invasive test. Another test that is now a lot used is the Vitesse, which evaluates the limits of lactate. As of these information, the present work aims to study both tests, attempting to identify the critical speed of swimmers, checking whether or not these tests have differences in relation to the critical speed described in m/s, and

at time in seconds, in 100 meters. Eight men took part in the study, average age $21,6 \pm 2,97$, competitive swimming experience of $9,37 \pm 2,50$ years. To the Vitesse test, the individuals realized only one out of the series, regarding each swimmer style. The T-30 test was realized two days after the first test, consisting of swimming as far as possible in 30 minutes or swimming 3000 meters in less than 30 minutes. To prove statistically, it was used the non-parametric test of Wilcoxon with the comparison of averages and $p \leq 0,05$. The outcomes demonstrated that there was no significant difference between the tests, neither in relation to critical speed, expressed in m/s, nor in relation to the limit of lactate to 100 meters, criterion to the prescription of training at swimming. Thus, both tests are efficient to identify the critical speed and the limits of lactate in swimming considering experienced speed swimmers.

Key words: T-30 Test, Vitesse Test, Critical Speed.

INTRODUÇÃO

Durante o exercício de baixa intensidade, o piruvato é oxidado no processo do metabolismo aeróbico na mitocôndria, mas, infelizmente, esta não é capaz de oxidar todo o piruvato durante o exercício intenso. Assim, uma parte do piruvato é convertida em lactato no mioplasma (Gladden, 2004). Isto geralmente faz com que o acúmulo de lactato seja diretamente associado com a produção de H⁺ e com a queda do pH intramuscular ou acidose (Brokks, 2001). Recentes trabalhos discutem a formação do H⁺, concluindo que não é verdadeira a hipótese de acidose láctica, sendo que o H⁺ não é formado diretamente durante a produção de lactato pelo piruvato. Estes mesmos autores propõem que essa formação do H⁺ ocorre durante as reações glicolíticas envolvendo a hidrólise de ATP (Robergs et al., 2004; Robergs et al., 2005).

A atividade física prolongada produz uma acumulação do lactato, tanto nos músculos como no sangue, sendo que, nas fibras musculares, o H⁺ é eliminado via transportadores de lactato realizados pelas proteínas presentes nas membranas,

principalmente das fibras musculares de contração lenta (Juel, 1997).

O lactato sanguíneo é a resposta do exercício progressivo que relata, também, a *performance* no exercício de *endurance* (Held e Marti, 1999). O limiar de lactato reflete a capacidade de *endurance* do indivíduo, além de prover informações para monitorar a intensidade do treinamento aeróbico. (Held e Marti, 1999; Beneke et al., 2003).

O nível de 4,0 mmol de lactato no sangue, ou OBLA (*Onset Blood Lactate Accumulation*), apresentado por Sjodin et al. (1981), apresenta um alto grau de confiança em relação ao controle de treinamento, principalmente em relação ao desempenho aeróbico (Wakayoshi et al., 1992).

O lactato sanguíneo pode ter a sua concentração modificada pela atividade física, podendo variar de acordo com a duração e a intensidade da carga de trabalho. Sabe-se que a falta de oxigênio acelera o índice de produção de lactato, bem como o aumento de sua concentração no sangue deve-se ao fato de sua entrada exceder o índice de sua eliminação (Lacour et al., 1990; Bret et al., 2003). Portanto, a concentração de lactato sanguíneo em atletas de natação está

diretamente relacionada com o nível de desempenho e com a prescrição de treinamento dos mesmos. Alguns estudos demonstraram que o limiar anaeróbico tem sido empregado, extensivamente, para indicar melhora no desempenho de atletas, não só de natação, como também de outras modalidades. Além disso, o limiar de lactato pode ser utilizado como um parâmetro de controle de treinamento (Baron et al., 2003).

De acordo com Mäestu et al. (2000), a importância do metabolismo oxidativo também é confirmada pela elevada potência aeróbica máxima (consumo de oxigênio) de nadadores, em comparação a outros atletas, fazendo com que o $VO_{2máx}$ e a intensidade correspondente ao limiar anaeróbico sejam utilizados, com sucesso, na predição do desempenho para nadadores (Dekerle et al., 2005).

Secher (1993) ressalta que o limiar anaeróbico parece ser a variável mais sensível para monitorar a evolução do treinamento, pois, muitas vezes, o $VO_{2máx}$ não se modifica, mas o limiar anaeróbico aumenta com o treinamento, resultando em melhoria do desempenho (Baron et al., 2003; Dekerle et al., 2004). O teste de lactato, de acordo com Jones e Doust (1998), traz informações importantes sobre a capacidade aeróbica dos nadadores, podendo ser utilizado para verificar os efeitos do treinamento, bem como para determinar a melhora da *performance* em atletas de alto rendimento.

OBJETIVO

Este estudo procurou demonstrar a importância da identificação da velocidade crítica e do tempo no limiar anaeróbico para atletas de natação, comparando dois testes com diferentes procedimentos, sendo um invasivo (Teste Vitesse) e outro não invasivo (T-30).

METODOLOGIA

A população deste estudo foi composta de nadadores de elite, do estado de Minas Gerais, federados à Federação Aquática Mineira (FAM), com índice para disputar o Campeonato Troféu José Finkel de Natação/2004. Participaram deste trabalho oito indivíduos do sexo masculino, voluntários, com no mínimo cinco anos de natação competitiva, todos no período básico na periodização de seus treinamentos. A coleta de dados foi realizada no

Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI-BH), em uma piscina semi-olímpica (25m), onde a água se encontrava a uma temperatura de 27,5°C. O teste de lactato para determinação do limiar de lactato foi o Teste Vitesse. Para o mesmo, foram utilizadas lancetas descartáveis para cada punção, sendo coletado sangue do dedo indicador de cada participante, após os atletas esterilizarem as mãos a cada teste. A pessoa responsável pelo teste utilizou luvas de borracha, também desinfetadas após cada coleta de amostra de sangue. Foi realizada uma coleta sanguínea total de 25 microlitros para cada análise metabólica pelo lactímetro Accutrend (ROCHE), tendo sido descartada a primeira gota do sangue coletado. A coleta para análise foi realizada ao final de três minutos para que o ácido láctico produzido no músculo fosse reduzido a lactato e, assim, analisado no sangue. Durante a coleta sanguínea, contou-se com a presença de médico e de pessoal autorizado.

Para a realização do teste de lactato sanguíneo, foi realizado o Teste de Sangue Vitesse, onde, segundo Maglischo (2003), temos:

Nadadores de *crawl*, sexo masculino e feminino:

_ Realizar um tiro de 400 m a 85% em relação ao melhor tempo da temporada.

Nadadores de costas, peito, borboleta e *medley*, sexo masculino e feminino:

_ Realizar um tiro de 200 m a 80% em relação ao melhor tempo da temporada.

Antecedendo a realização do teste de lactato sanguíneo, todos os atletas realizaram 400m livre para aquecimento, com uma intensidade de 55% do melhor tempo da temporada no nado livre.

O teste de 30 minutos, ou 3000 metros, consiste na tomada de tempo de 30 minutos, onde os nadadores deverão nadar em esforço máximo, com um ritmo regular durante todo o teste. Este teste foi realizado dois dias após os atletas terem realizado o teste de lactato sanguíneo, tendo os nadadores sido orientados a nadar a maior metragem possível durante o tempo estimado. Foi emitido um sinal sonoro indicando cinco minutos para o término do teste, de acordo com o combinado previamente. Antecedendo a realização do teste T-30, todos os atletas realizaram 400 m livres para aquecimento, com uma intensidade de 55% do melhor tempo da temporada no nado livre.

Foi realizada uma análise estatística descritiva, com comparação de médias para identificar a

diferença estatisticamente significativa entre as variáveis, velocidade crítica em m/s e tempo alcançado no limiar anaeróbico relacionado com a distância de 100 metros. Utilizou-se o Teste de Wilcoxon, para amostras não paramétricas, pacote estatístico SPSS 13.0 for Windows, com auxílio da planilha de dados Excel. Para comprovação estatística utilizamos $p \leq 0,05$.

Os participantes assinaram o termo de consentimento livre esclarecido.

RESULTADOS

As TABELAS 1 e 2 demonstram alguns dados metodológicos referentes à composição corporal e ao treinamento dos atletas, com o intuito de analisar a homogeneidade do grupo pesquisado.

TABELA 1
DADOS METODOLÓGICOS.

n	IDADE (anos)	Peso (Kg)	Altura (cm)	%G	Massa Magra (Kg)
8	21,6 ± 2,97	72,62 ± 5,23	180,56 ± 8,19	7,16 ± 1,32	67,12 ± 5,55

TABELA 2
DADOS DO TREINAMENTO.

n	Anos de Treinamento (anos)	Horas de Treinamento (Horas)	Horas Semanais (Horas)
8	9,37 ± 2,50	2,47 ± 0,62	14,75 ± 2,18

Na TABELA 3, vê-se as diferenças em relação à velocidade crítica e ao tempo de limiar anaeróbico nos 100 metros nos testes realizados, Teste Vitesse e T-30.

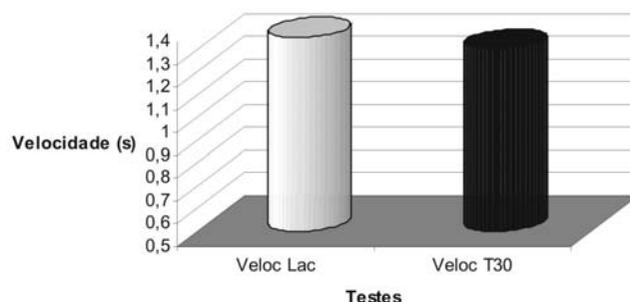
TABELA 3
VELOCIDADE CRÍTICA E TEMPO NO LIMIAIR ANAERÓBICO.

n	Teste	Velocidade Crítica (m/s)	Tempo nos 100 metros (s)
8	Vitesse	1,35 ± 0,10	74,15 ± 5,62
8	T-30	1,30 ± 0,06	76,97 ± 3,78

Verificou-se que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre a velocidade crítica em m/s entre os dois testes. O mesmo ocorreu no tempo de limiar anaeróbico nos 100 metros ($p \leq 0,05$).

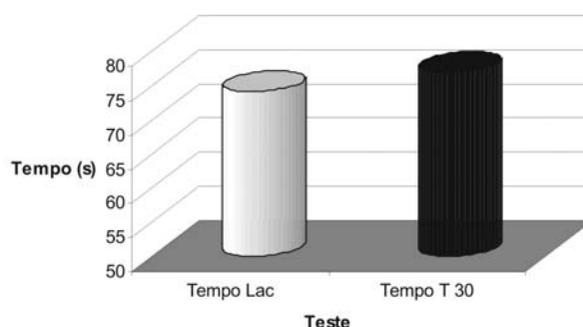
No GRÁFICO 1, mostramos a relação dos dois testes em relação à velocidade crítica dos sujeitos deste estudo, aonde não encontramos diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

GRÁFICO 1
VELOCIDADE CRÍTICA NOS TESTES.



No GRÁFICO 2, vê-se que não foram encontradas diferenças significativas entre os dois testes, em relação ao tempo para os 100 metros ($p \leq 0,05$).

GRÁFICO 2
TEMPO (S) NOS TESTES.



DISCUSSAO

Este estudo utilizou um teste com uma única série de natação, determinando os valores de lactato ao final da série, buscando valores similares ou próximos a 4,0 mmol. Os sujeitos do estudo alcançaram o limiar no final do Teste Vitesse entre 3 e 6,8 mmol. Esta variação para determinar o OBLA, bem como para identificá-lo como limiar anaeróbico, é relatada pelos primeiros pesquisadores que identificaram o valor de

4,0 mmol como sendo o limiar (Heck et al., 1985). Vários estudos, entretanto, mostraram que o limiar anaeróbico individual pode ser encontrado acima ou abaixo de 4,0 mmol/L (Baldari e Guidetti, 2000). Segundo os estudos de Olbrecht et al. (1985), o limiar anaeróbico é, geralmente, definido como a intensidade de exercício a uma concentração de lactato de 4,0 mmol/L, já que este valor poderia ser utilizado para estabelecer a intensidade ideal de treinamento. Ao comparar esse valor de lactato com outros estudos realizados com nadadores, vê-se que a variação praticamente não existe, já que os referidos trabalhos utilizaram uma quantidade de lactato fixa em 4,0 mmol (Billat et al., 2003; Greco et al., 2003; Kokubun, 1996; Wakayoshi et al., 1993).

Um fator que, com certeza, limitou este estudo foi a pequena amostra de somente oito sujeitos. Com uma amostra maior, os resultados encontrados poderiam ser diferentes, verificando-se estes procedimentos dos testes em um número maior de sujeitos, principalmente em relação à efetividade do Teste Vitesse no melhor estilo de nado.

Ao comparar o resultado destes sujeitos com os estudos de Denadai e Greco (1997), Denadai et al. (1997), Denadai et al. (2000), Greco et al. (2002), Greco et al. (2003), verifica-se que foram inferiores aos encontrados na presente investigação, observando que nossos sujeitos encontraram valores superiores aos destes estudos. Essa grande diferença pode ser explicada pela diferença do protocolo, já que eles utilizaram um protocolo de mais séries e em um único estilo. O Teste Vitesse utilizado neste estudo é um protocolo específico, segundo o estilo do nadador. Além disto, os citados estudos trabalharam com nadadores adolescentes e este estudo foi realizado com nadadores adultos. Com nadadores e triatletas mais experientes, como descrevem os estudos de Martin e Whyte (2000) e Dekerle et al. (2005), também encontramos uma velocidade inferior, provando que o teste no estilo do nadador pode vir a ser mais eficiente ao prescrever o treinamento, inclusive pela especificidade do mesmo. Bishop et al. (1998) comentam que, para um teste de velocidade crítica ser eficiente, ele deve ser inferior a três minutos, como ocorreu neste estudo, quando se procurou relacionar o limiar de lactato com o tempo em m/s ou em relação aos segundos nos 100 metros.

O T-30 é um teste usualmente utilizado por treinadores por ser um teste de fácil aplicabilidade, em que se determina o desempenho aeróbico. Esse mesmo teste é ainda utilizado para prescrever as intensidades de treinamento durante a temporada (Olbrecht et al., 1985; Maglischo, 2003). A principal vantagem do Teste T-30, em relação a outros métodos não-invasivos, é que ele demonstrou ser um indicador válido das velocidades de natação necessárias para atingir o *Max/lass* (Olbrecht et al., 1985; Greco et al., 2003). Este mesmo autor comenta, ainda, a dificuldade de nadadores não-experientes controlarem a velocidade, dificultando a identificação da velocidade crítica. Neste estudo, isto não ocorreu, pois os indivíduos pesquisados possuíam experiência em treinamento, bem como em natação competitiva conforme demonstrado na TABELA 2.

Alguns estudos encontraram uma alta relação entre o teste para determinar a velocidade crítica através da análise do lactato sanguíneo e o T-30 (Dekerle et al., 2002; Wakayoshi et al., 1992). Esses estudos corroboram o encontrado no presente trabalho, sobretudo com nadadores experientes. Já Greco et al. (2003) não encontraram o mesmo resultado em nadadores jovens, podendo ser explicada a diferença em função da falta de experiência no controle do tempo e da carga exigida no teste, mais bem controlado por atletas mais experientes como os desta investigação. Não somente o fator experiência no controle do teste deve ser levado em conta para esta diferença, como não se pode esquecer, também, da diferente produção de lactato sanguíneo em crianças e em adolescentes, se comparados a adultos (Berg et al., 1986).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo conclui que o Teste Vitesse para determinar a velocidade crítica, se comparado a outros testes para predição do limiar de lactato da própria velocidade crítica, aparenta ser mais eficiente, pelo fato do avaliado realizar o teste em seu melhor estilo, diferentemente de outros protocolos sanguíneos em que todos os nadadores devem realizar no nado *crawl*. O Teste T-30 também se mostrou eficiente, sendo mais recomendando quando não se podem utilizar meios invasivos

para análise do limiar de velocidade. Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois testes ao determinar a velocidade crítica e o tempo nos 100 metros. Pode-se concluir que ambos os testes podem ser utilizados para detectar a velocidade crítica com eficiência, bem como o limiar para treinamento na natação. Recomenda-se um estudo maior, com número de amostragem mais expressivo, com nadadores velocistas e nadadores fundistas, em diferentes fases do

treinamento, de ambos os sexos e de diferentes idades cronológicas.

Endereço para correspondência:

Sandro Fernandes da Silva.
R. Curitiba, 613 - São José
Pará de Minas - MG - CEP: 35660-119
Tel: 37 3232-2831 / 31 9122-5711
e-mail: sandrofs@uit.br / dfisfs@unileon.es

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDARI C, GUIDETTI L. A simple threshold for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32 (10): 1798-1802.

BARON B, DEKERLE J, ROBIN S, NEVIERE R, DUPONT L, MATRAN R et al. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *Int J Sports Med* 2003; 24: 582-7.

BENEKE R, SCHWARZ V, LEITHÄUSER R, HÜTLER M, DUVILLARD SP. Maximal lactate steady state in children. *Pediatr Exerc Sci* 1996; 8 (2): 328-36.

BENEKE R. Methodological aspects of maximal lactate steady state - implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 2003; 89 (1): 95-9.

BERG A, KIM SS, KEUL J. Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. *Int J Sports Med* 1986; 7: 236-9.

BILLAT VL, SIRVENT P, PY G, KORALSZTEIN J-P. The concept of maximal lactate steady state. *Sports Med* 2003; 33 (6): 407-26.

BISHOP D, JENKINS DG, HOWARD A. The critical power is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *Int J Sports Med* 1998; 19: 125-9.

BRET C, MESSONNIER L, NOUCK JM, FREUND H, DUFOUR AB, LACOUR JR. Differences in lactate exchange and removal abilities in athletes specialised in different track running events (100 to 1500 m). *Int J Sports Med* 2003; 24 (2): 108-13.

- BROOKS GA. Lactate doesn't necessarily cause fatigue: why are surprised? J Physiol 2001; 536: 1.
- DEKERLE J, PELAYO P, CLIPET B, DEPRETZ S, LEFEVRE T, SIDNEY M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. Int J Sports Med 2005; 26: 524-30.
- DEKERLE J, PELAYO P, DELAPORTE B, GOSSE N, HESPEL JM, SIDNEY M. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. Int J Sports Med 2002; 23: 93-8.
- DENADAI BS, GRECO CC, DONEGA MR. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. Rev Paul Educ Fis 1997; 11 (2): 128-33.
- DENADAI BS, GRECO CC. Correlação entre a velocidade crítica e a velocidade de limiar anaeróbio com as performances nos 50, 100, 200 metros, em nadadores de 10 a 12 anos. Rev Ass Prof Educ Fis 1997; 12 (1): 37-41.
- DENADAI BS, GRECO CC, TEIXEIRA M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10 - 12 years of different standards. J Sports Sc. 2000; 18 (10): 779-84.
- GLADDEN LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. J Physiol 2004; 558: 5-30.
- GRECO CC, BIANCO A, GOMIDE E, DENADAI BS. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. Sci Sports 2002; 17 (6): 306-8.
- GRECO CC, DENADAI SB, PELLEGRINOTTI LI, FREITAS AB, GOMIDE E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10-15 anos: relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. Rev Bras Med Esporte 2003; 9 (1): 2-8.
- HECK H, MADER A, HESS G, MUCKE S, MULLER R, HOLLMANN W. Justification of the 4mmol/L lactate threshold. Int J Sports Med 1985; 6:117-30.
- HELD T, MARTI B. Substantial influence of level endurance capacity on the association of perceived exertion with blood lactate accumulation. Int J Sports Med 1999; 20: 34-9.
- JONES AM, DOUST JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. Med Sci Sports Exerc 1998; 30: 1304-13.

JUEL C. Lactate –proton cotransport in skeletal muscle. *Physiol Rev* 1997; 77: 321-58.

KOKUBUN E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paul Educ Fis* 1996; 10 (1): 5-20.

LACOUR JR, BOUVAT E, BARTHELEMY JC. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *Eur. J Appl Physiol Occup Physiol* 1990; 61(3-4):172-6.

MÄESTU J, JÜRIMÄE J, JÜRIMÄE T, PIHL E. Prediction of rowing performance from selected physiological variables – differences between light weight and open class rowers. *Med Sport* 2000; 53 (3): 247-54.

MAGLISCHO EW. *Swimming Fastest. The essential reference on technique, training, and program design.* 2ª ed. USA: Ed Human Kinetics, 2003.

MARTIN L, WHYTE GP. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *Int J Sports Med* 2000; 21: 366–8.

OLBRECHT J, MADSEN O, MADER A, LIESEN H, HOLLMANN W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *Int J Sports Med* 1985; 6 (2):74-7.

ROBERGS RA, GHIASVAND F, PARKER D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regulat Integr Comp Physiol* 2004; 287: R502-R516.

ROBERGS RA, GHIASVAND F, PARKER D. Lingering construct of lactic acidosis. *Am J Physiol Regulat Integr Comp Physiol* 2005; 289: R904-R910.

SECHER, N.H. Physiological and biomechanical aspects of rowing. Implications for training. *Sports Med* 1993;15 (1): 24-42.

SJÖDIN B, JACOBS I, KARLSSON J. Onset of blood lactate accumulation and enzyme activities in M. Vastus Lateralis in man. *Int J Sports Med* 1981; 2: 166-70.

WAKAYOSHI K, ILKUTA K, YOSHIDA T, UDO M, MORITANI T, MUTOH Y et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992; 64: 153-7.