

## COMPARAÇÃO ENTRE A VELOCIDADE DE LIMIAR ANAERÓBIO E A VELOCIDADE CRÍTICA EM NADADORES COM IDADE DE 10 A 15 ANOS

Benedito Sérgio DENADAI\*  
Camila Coelho GRECO\*  
Marta R. DONEGA\*\*

---

### RESUMO

Estudos anteriores têm demonstrado que a velocidade crítica (VC) pode ser um método não-invasivo para estimar a resposta do lactato sanguíneo durante o exercício. Entretanto, a sua validade em crianças ainda não foi adequadamente verificada. O objetivo deste estudo foi verificar se a VC determinada de acordo com o protocolo proposto por Wakayoshi, Yoshida, Udo, Kasai, Moritani, Mutoh & Miyashita (1992), pode ser utilizada como um método não-invasivo para estimar a velocidade correspondente a 4 mM (limiar anaeróbio - LAn) em crianças que estão sendo iniciadas no treinamento da natação. Participaram do estudo 18 crianças, que foram divididas em dois grupos: 1o. grupo - 10 a 12 anos e; 2o. grupo - 13 a 15 anos. Os indivíduos foram submetidos inicialmente a um protocolo para a determinação da velocidade equivalente a 4 mM de lactato sanguíneo (limiar anaeróbio). Posteriormente, durante as sessões de treinamento, foram realizados tiros máximos nas distâncias de 50, 100 e 200 metros, para o cálculo da VC. A velocidade (m/s) de LAn nos dois grupos ( $0,82 \pm 0,09$ ;  $0,94 \pm 0,12$ ) foi significativamente maior do que a VC ( $0,78 \pm 0,25$ ;  $0,90 \pm 0,13$ , respectivamente). Houve correlação entre a velocidade do LAn e a VC para os dois grupos ( $r = 0,96$  e  $0,94$  respectivamente). A concentração de lactato (mM) correspondente a VC foi de  $2,71 \pm 1,12$  e  $2,82 \pm 0,86$ , respectivamente para o 1o. e 2o. grupo. Pode-se concluir, a partir dos dados obtidos, que a VC subestima a intensidade de nado correspondente ao LAn, determinado com concentração fixa de 4 mM de lactato, em nadadores em fase inicial de treinamento, na faixa etária de 10 a 15 anos. Porém, a VC parece se aproximar mais da intensidade de "Maximal Lactate Steady State", já que as concentrações de lactato encontradas através desta metodologia, foram mais próximas do valor (2,5 mM) proposto por Williams & Armstrong (1991).

UNITERMOS: Limiar anaeróbio; Velocidade crítica; Natação; Adolescentes.

---

### INTRODUÇÃO

Por ser um parâmetro fisiológico que pode determinar a mais alta taxa metabólica na qual pode-se manter um longo período de tempo em exercício, o limiar anaeróbio (LAn) tem sido utilizado para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio em diversas modalidades esportivas, como também em indivíduos sedentários (Weltman, 1995).

---

\* Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (Rio Claro - SP).

\*\* SESI (Sertãozinho - SP).

As diversas metodologias para se determinar o LAn, como também os protocolos existentes, permitem que se tenha uma grande aplicabilidade, não só para atletas de alto nível, como também para indivíduos não-atletas, que estejam engajados em um programa de exercício.

Como nem sempre é possível a determinação do LAn a partir da resposta do lactato sanguíneo, vários são os estudos que tem procurado encontrar metodologias indiretas, que possam estimar o LAn. Entre as mais utilizadas na natação, está o da Velocidade Crítica (VC) (Balikian, Neiva, Dantas, Greco & Denadai, 1997). Ela é definida como sendo a velocidade de nado que pode ser mantida por um período de tempo indeterminado, sem exaustão (Monod & Scherrer, 1965). Para encontrá-la é necessário construir-se uma reta de regressão linear entre algumas distâncias fixas, e seus respectivos tempos de execução. Wakayoshi, Ikuta, Yoshida, Udo, Moritani, Mutoh & Miyashita (1991) encontraram correlação significativa entre a VC e a velocidade de nado equivalente a 4 mM de lactato (VOBLA) ( $r = 0,949$ ,  $p < 0,01$ ), sugerindo que a VC é um parâmetro que pode ser utilizado para prever a resposta do lactato sanguíneo em nadadores.

Comparando os valores de VC encontrados no “swimming-flume”, utilizando diferentes velocidades de nado, ou na piscina, através de velocidades obtidas em distâncias fixas (100, 200 e 400 m), Wakayoshi et alii (1992) encontraram correlações significantes entre as VC obtidas no “swimming-flume” e na piscina ( $r = 0,824$ ,  $p < 0,05$ ), a VOBLA e a VC na piscina ( $r = 0,898$ ,  $p < 0,01$ ), e a VOBLA e VC no “swimming-flume” ( $r = 0,856$ ,  $p < 0,01$ ). Os autores sugerem que a utilização da VC para estimar o LAn, pode ser determinada não só no “swimming-flume” através da relação distância x tempo, como também em piscina normal.

Apesar da existência de dados comprovando a validade da VC, não são encontrados estudos que verificassem esta relação em crianças. Como na natação os atletas iniciam muito cedo as avaliações e os programas intensivos de treinamento, pode se verificar a importância em se analisar a validade do emprego da VC para estimar o LAn em crianças. Este aspecto ganha mais importância ainda, quando verifica-se que nos exercícios realizados em uma mesma intensidade submáxima, os valores de lactato sanguíneo são menores em crianças do que em adultos (Erickson & Saltin, 1974).

Além disso Williams & Armstrong (1991) mostraram que em crianças de 13 anos, as respostas cardiopulmonares ( $VO_2$  e a frequência cardíaca) na intensidade de “Maximal Lactate Steady State” (MLaSS), comparadas com níveis de esforços correspondentes a 2,5 mM, não foram significativamente diferentes. Por outro lado, os valores obtidos a 4 mM foram significativamente maiores do que os observados na MLaSS. Em função disso os autores sugerem a utilização de 2,5 mM, ao invés de 4 mM, para avaliação e prescrição de treinamento em crianças.

Em razão disso o objetivo deste estudo foi verificar se a VC determinada de acordo com o protocolo proposto por Wakayoshi et alii (1992), pode ser utilizada como um método não-invasivo para estimar a velocidade correspondente a 4 mM (limiar anaeróbio) em crianças que estão sendo iniciadas no treinamento da natação.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Sujeitos

Participaram deste estudo 18 nadadores, com idades entre 10 e 15 anos, de ambos os sexos. Os atletas possuíam de um a dois anos de experiência na modalidade e estavam envolvidos em um programa de treinamento de quatro vezes por semana, e um volume médio semanal de 10.000 m. Os objetivos básicos deste programa eram a melhoria da capacidade aeróbia e aperfeiçoamento dos quatro estilos. Para efeito de análise os sujeitos foram divididos de acordo com a idade: primeiro grupo (10 a 12 anos), e segundo grupo (13 a 15 anos).

### Procedimentos

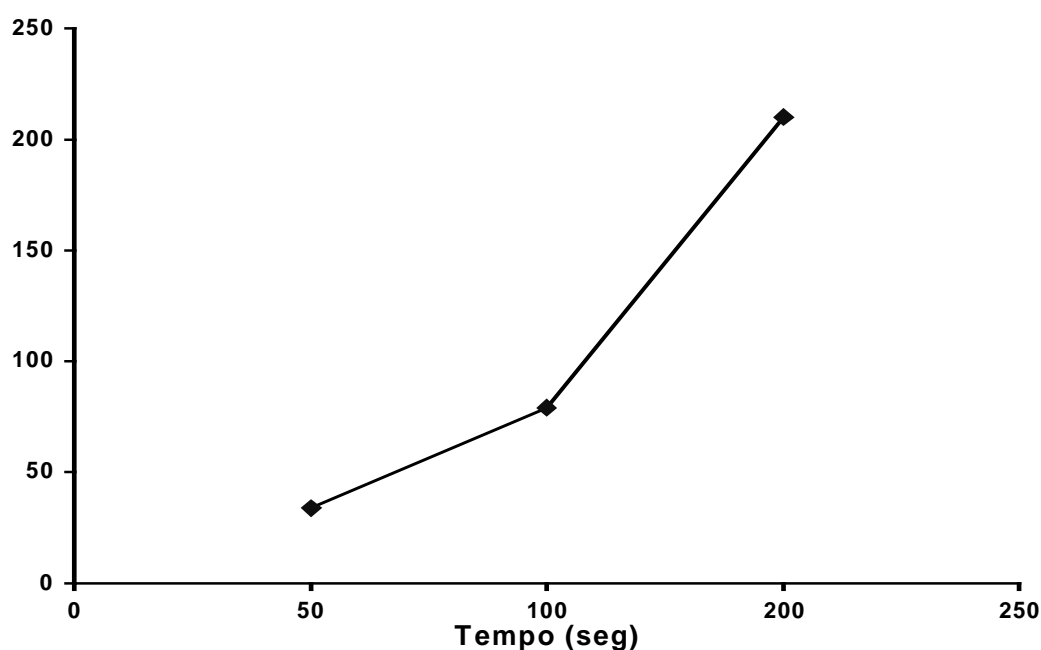
#### Determinação do limiar anaeróbio

Para determinação do LAn foi utilizado o protocolo proposto por Mader, Heck & Hollmann (1978). Os sujeitos realizaram duas repetições de 200 m nado “crawl”, a 90 e 95% da velocidade máxima atingida para a distância. Após o primeiro e terceiro minuto da realização de cada tiro, coletou-se 25 ml de sangue arterializado do lóbulo da orelha, para dosagem do lactato sanguíneo (YSL 2700). Através de interpolação linear determinou-se a velocidade correspondente a uma concentração de 4 mM de lactato sanguíneo (limiar anaeróbio).

#### Determinação da velocidade crítica

Os sujeitos realizaram durante as sessões de treinamento, tiros máximos de 50, 100 e 200 m, no nado “crawl”, anotando-se os respectivos tempos obtidos em cada distância. A velocidade crítica foi encontrada através da inclinação (b) da reta de regressão entre as distâncias e seus respectivos tempos, obtidos em cada tiro.

A FIGURA 1 mostra a determinação da VC de acordo com o proposto por Wakayoshi et alii (1992). A inclinação da reta representa a intensidade de nado correspondente à VC. Exemplo para o sujeito número 1.



**FIGURA 1** - Determinação da Velocidade Crítica (VC), segundo o proposto por Wakayoshi et alii (1992), para o sujeito número 1. VC = 0,95 m/s.

#### Determinação da concentração de lactato sanguíneo correspondente à velocidade crítica

A partir dos valores de lactato sanguíneo e de suas respectivas velocidades encontrados no teste de determinação do limiar anaeróbio, determinou-se por interpolação linear, a concentração de lactato correspondente à VC.

#### Análise estatística

A comparação entre a VC e a velocidade no LAn foi realizada através do teste “t-student” para dados pareados. A correlação entre estas velocidades foi realizada através do teste de correlação de Pearson. O teste “t-student” para dados não-pareados foi utilizado para a comparação da concentração de lactato correspondente à VC obtida no primeiro e segundo grupo. Em todos os testes adotou-se o nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

**RESULTADOS**

A TABELA 1 apresenta os valores de LAn e VC dos dois diferentes grupos analisados (10 a 12 anos, e 13 a 15 anos). A velocidade média de LAn (m/s) obtida no primeiro grupo ( $0,82 \pm 0,09$ ) e do segundo grupo ( $0,94 \pm 0,12$ ) foram significativamente maiores do que as velocidade críticas encontradas respectivamente para o primeiro ( $0,78 \pm 0,25$ ) e segundo ( $0,90 \pm 0,13$ ) grupo. Por outro lado, encontrou-se uma alta correlação entre a VC e a velocidade no LAn determinados no primeiro ( $r = 0,96$ ) e segundo ( $r = 0,94$ ) grupo.

As concentrações de lactato correspondentes à VC para os dois grupos estão expressas na TABELA 2. Não foi encontrada diferença significativa entre os dois grupos.

**TABELA 1** - Valores médios de velocidade (m/s) do limiar anaeróbio (V4mM) e da velocidade crítica (VC) obtidas para o primeiro (10 a 12 anos) e segundo (13 a 15 anos) grupo, durante o nado “crawl”, na natação.

	V4 mM		VC	
	1o. grupo	2o. grupo	1o. grupo	2o. grupo
X	0,82	0,94	0,78 *	0,90 *
DP	0,09	0,12	0,25	0,13

\*  $p < 0,05$  em relação à V4mM dentro do mesmo grupo.

**TABELA 2** - Valores médios da concentração de lactato (mM) equivalente à velocidade crítica obtidos para o primeiro (10 a 12 anos) e segundo (13 a 15 anos) grupo, durante o nado “crawl”, na natação.

	1o. grupo	2o. grupo
X	2,71	2,82
DP	1,12	0,86

**DISCUSSÃO E CONCLUSÕES**

Entre as principais metodologias utilizadas para determinação do LAn, por determinação direta da resposta do lactato sanguíneo, estão aquelas que trabalham com concentrações fixas (4 mM) (Heck, Mader, Hess, Mucke, Muller & Hollmann, 1985; Kindermann, Simon & Keul, 1979; Mader et alii, 1978), e as que utilizam concentrações variáveis de lactato sanguíneo (Stegmann, Kindermann & Schnabel, 1981; Tegtbur, Busse & Braumann, 1993).

Na natação, como em outras modalidades, existem não só os métodos invasivos de determinação do LAn, mas também os não-invasivos, que se utilizam da análise de outras variáveis para predizer indiretamente a resposta do lactato sanguíneo (Balikian et alii, 1997).

A necessidade de possíveis avaliações em diferentes fases do treinamento, a fim de se verificar os efeitos do mesmo, junto ao grau de confiabilidade observado em alguns estudos já citados (Wakayoshi et alii, 1992), faz da VC, um método prático e aplicável em um grande número de atletas, para se avaliar a evolução da capacidade aeróbia e a prescrição do treinamento na natação.

Como já citado, Wakayoshi et alii (1991) encontraram correlações significantes entre a VC e a VOBLA ( $r = 0,949$ ,  $p < 0,01$ ), sugerindo a VC como um parâmetro indireto para estimar a resposta do lactato sanguíneo, e conseqüentemente, da determinação da capacidade aeróbia, o que concorda com os estudos iniciais de Potência Crítica (PC), propostos por Monod & Scherrer (1965).

Em nosso estudo, foram obtidos tanto para o grupo 1 (10 a 12 anos), quanto para o grupo 2 (13 a 15 anos), velocidades médias (m/s) de LAn ( $0,82 \pm 0,09$ ;  $0,94 \pm 0,12$ , respectivamente), significativamente maiores do que a média obtida para a VC ( $0,78 \pm 0,25$ ;  $0,90 \pm 0,13$ , respectivamente).

Com relação à VC e a velocidade no LAn não foram encontrados estudos conduzidos em crianças, mas sabe-se que em exercícios realizados em uma mesma intensidade submáxima, encontram-se concentrações menores de lactato sanguíneo em crianças, do que em adultos. Os fatores que podem determinar este fenômeno são encontrados em estudos realizados por Erickson & Saltin (1974) em meninos de 11 a 16 anos, onde os autores encontram uma menor utilização de glicogênio e menores concentrações musculares de lactato. Isto sugere que a glicogenólise e a habilidade de produzir lactato é limitada, quando comparada aos adultos. A reduzida quantidade de fosfofrutoquinase (PFK), como também a elevada concentração de enzimas oxidativas como a succinato desidrogenase (SDH), em crianças e adolescentes sugere que estes conseguem obter energia através das vias oxidativas mais eficientemente, levando a uma maior taxa de utilização do Ciclo de Krebs, sugerindo uma maior habilidade em oxidar piruvato. Estoques intramusculares de lipídeos mais elevados, podem também contribuir para uma menor utilização de glicogênio durante o exercício. O maior fluxo sanguíneo encontrado em crianças também pode ser responsável pelos menores níveis de lactato acumulado, por aumentar a sua taxa de remoção.

No estudo de Williams & Armstrong (1991) realizado em crianças de 13 anos, não foram encontradas diferenças significativas nas respostas cardiopulmonares ( $VO_2$  e frequência cardíaca) na MLaSS, com relação à uma intensidade de esforço correspondente à concentração de lactato sanguíneo de 2,5 mM. Quando o valor de referência utilizado para esta concentração foi de 4 mM, os valores foram significativamente maiores.

Isso pode explicar a diferença significativa entre os valores médios de LAn e VC encontrados no presente estudo. O valor médio de concentração de lactato sanguíneo encontrado para a VC foi de 2,71 e 2,82 mM, o que está de acordo com o estudo de Williams & Armstrong (1991), que sugerem para esta faixa etária, um valor fixo de 2,5 mM ao invés de 4 mM, como referência para a determinação da MLaSS. Apesar de não ter sido possível em nosso estudo a realização do protocolo para a determinação da MLaSS, a VC parece se aproximar mais da MLaSS, já que a mesma apresenta uma concentração média, próxima dos valores sugeridos por Williams & Armstrong (1991). Isto pode sugerir que a utilização de valores referentes à uma concentração de 2,5 mM de lactato pode fazer com que se aproximem mais a velocidade no LAn e a da VC. Apesar disso, devida à alta correlação encontrada nos dois grupos estudados, entre a VC e a velocidade no LAn ( $r = 0,96$  e  $r = 0,94$ , respectivamente), sugere que a LAn pode ser um bom preditor de capacidade aeróbia, mesmo em crianças.

Pode-se concluir, a partir dos dados obtidos, que a VC subestima a intensidade de nado correspondente ao LAn, determinado com concentração fixa de 4 mM de lactato. Porém, parece se aproximar mais da MLaSS, já que as concentrações de lactato encontradas através desta metodologia, foram mais próximas dos valores propostos por Williams & Armstrong (1991).

---

## ABSTRACT

### COMPARISON BETWEEN VELOCITY OF ANAEROBIC THRESHOLD AND CRITICAL VELOCITY IN SWIMMERS AGED 10 TO 15 YEARS

Previous studies have shown that the critical velocity (CV) can be a non-invasive method to estimate the response of blood lactate during exercise. However, its validity in children was not still appropriately verified. The objective of this study was to verify if CV determined according to the protocol

proposed by Wakayoshi, Yoshida, Udo, Kasai, Moritani, Mutoh & Miyashita (1992), can be used as a non-invasive method to estimate the speed corresponding to the 4 mM (anaerobic threshold - AT) in children beginning in swimming training. Eighteen children took part in the study and they were divided into two groups: Group 1 - 10 to 12 years and; Group 2 - 13 to 15 years. The individuals were submitted initially to a protocol for the determination of the equivalent speed to the 4 mM of blood lactate (anaerobic threshold). Later on, during the training sessions, maximal bouts were accomplished in the distances of 50, 100 and 200 meters, for calculation of CV. The speed (m/s) of AT in two groups ( $0.82 \pm 0.09$ ;  $0.94 \pm 0.12$ ) was significantly larger than CV ( $0.78 \pm 0.25$ ;  $0.90 \pm 0.13$ , respectively). There was a correlation between the speed of AT and CV for two groups ( $r = 0.96$  and  $0.94$  respectively). The lactate concentration (mM) corresponding CV was of  $2.71 \pm 1.12$  and  $2.82 \pm 0.86$ , for Group 1 and 2, respectively. In conclusion, from data obtained here, CV underestimates the intensity of swimming corresponding to the AT, determined with fixed concentration of 4 mM, in swimmers with 10 to 15 years, in an initial phase of training. However, the CV seems to be closer to the Maximal Lactate Steady State, since the lactate concentrations found through this methodology, were closer to the value (2.5 mM) proposed by Williams & Armstrong (1991).

UNITERMS: Anaerobic threshold; Critical velocity; Swimming; Adolescent.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALIKIAN, P.; NEIVA, C.M.; DANTAS, R.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Influência da distância na determinação da velocidade crítica em teste de campo para natação. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 6., Rio Claro, 1997. **Anais**. Rio Claro, UNESP, 1997.
- ERICKSON, B.O.; SALTIN, B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 - 16 years compared to adults. **Acta Paediatric Belgica**, v.28, p.257-65, 1974.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, p.117-30, 1985.
- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.42, p.25-34, 1979.
- MADER, A.; HECK, H.; HOLLMANN, W. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic concentration of ear capillary blood in middle-distance runners and swimmers. **Axer Physiology**, v.4, p.187-94, 1978.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v.8, p.329-38, 1965.
- STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.2, p.160-5, 1981.
- TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN, K.M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.25, p.620-7, 1993.
- WAKAYOSHI, K.; ILKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, v.64, p.153-7, 1991.
- WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, M.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v.13, p.367-71, 1992.
- WELTMAN, A. **The blood lactate response to exercise**. Champaign, Human Kinetics, 1995.
- WILLIAMS, J.R.; ARMSTRONG, N. Relationship of maximal lactate steady state to performance at fixed blood lactate reference values in children. **Pediatric Exercise Science**, v.3, p.333-41, 1991.

Recebido para publicação em: 28 out. 1997

Revisado em: 10 fev. 1998

Aceito em: 02 mar. 1998

ENDEREÇO: Benedito Sérgio Denadai  
Depto. Educ.Física, IB/UNESP  
Av. 24 A, 1515  
13506-900 - Rio Claro - SP - BRASIL