

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS PARA IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO EM NADADORES

COMPARISON OF DIFFERENT METHODS TO IDENTIFY THE ANAEROBIC THRESHOLD IN SWIMMERS

Luana Peter Hoefelmann^{*}

Camila Peter Hoefelmann^{*}

George Vieira^{**}

Ricardo Dantas de Lucas^{***}

Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo^{****}

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram comparar diferentes métodos utilizados para prever a máxima fase estável de lactato (MLSS), verificar a correlação entre velocidade crítica (VC) e limiar anaeróbio (LAn) e identificar a ocorrência de estabilidade no lactato sanguíneo durante a natação. A amostra constituiu-se de nove nadadores do sexo masculino. Para determinação direta do LAn_{4mM} utilizou-se de três repetições de 400m nado *crawl* a 80%, 85% e 90% da velocidade máxima. Os métodos indiretos utilizados foram a VC, que foi determinada a partir da reta de regressão linear entre distâncias e os respectivos tempos (200m, 400m e 700m), e o LAn_{equação} obtido por meio da *performance* nos 700m. Não foram encontradas diferenças entre o LAn_{4mM}, LAn_{equação} e a VC. Pode-se concluir que os protocolos indiretos são válidos para a predição da velocidade correspondente ao LAn, portanto, mais práticos e de menor custo financeiro para serem utilizados na avaliação da capacidade aeróbia de nadadores moderadamente treinados.

Palavras-chave: Limiar anaeróbio. Natação. Velocidade crítica.

INTRODUÇÃO

A resposta do lactato sanguíneo ao exercício tem sido utilizada como referência para a avaliação da capacidade aeróbia, predição da *performance* e prescrição da intensidade do treinamento (BONIFAZI et al., 1993; DENADAI et al., 2000; GUGLIELMO; DENADAI, 2001; PYNE et al., 2001; BENEKE et al., 2003; PAPOTI et al., 2005).

O limiar anaeróbio (LAn_{4mM}), o qual pode ser definido como a intensidade de exercício referente a uma concentração fixa de 4mM, representa, para a maioria dos indivíduos, a Máxima Fase Estável de Lactato (MLSS - *Maximal Lactate Steady State*) (HECK et al., 1985). A sua principal vantagem é a possibilidade de prever a MLSS com apenas uma visita ao laboratório durante um protocolo

incremental até a exaustão voluntária (DENADAI et al., 2005).

Não obstante, a adoção de concentrações fixas de lactato sanguíneo para a determinação do LAn parece ser uma limitação do método, visto que não consideram a cinética individual da curva de lactato sanguíneo durante o teste incremental, podendo, assim, subestimar ou superestimar a real capacidade de *endurance* em atletas treinados (FAUDE et al., 2009).

A MLSS pode ser definida como a mais alta concentração de lactato sanguíneo em que há um máximo equilíbrio entre liberação e remoção durante o exercício prolongado (30min) com cargas constantes (BENEKE, 2003). A intensidade referente à MLSS tem sido considerada o limite superior, no qual ainda ocorre estabilidade nas respostas metabólicas e nas trocas gasosas pulmonares, sendo

^{*} Graduada em Educação Física pela Universidade Federal de Santa Catarina.

^{**} Mestre. Pós-graduação em Educação Física pela Universidade Federal de Santa Catarina.

^{***} Doutorando. Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina.

^{****} Doutor. Professor do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina.

frequentemente indicada para a prescrição do treinamento aeróbio, principalmente para atletas de *endurance*.

Além do mais, Beneke (2003) demonstrou que a MLSS, quando determinada em protocolo intermitente, é aproximadamente 10% superior à MLSS determinada em protocolo contínuo. Este estudo ressalta a importância do conhecimento das respostas fisiológicas durante o exercício intermitente para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio.

Neste sentido, alguns autores têm sustentado que a MLSS, e não a potência crítica (PC), seria o limite entre os domínios pesado e severo (PRINGLE; JONES, 2002). Os autores verificaram que a PC foi significativamente maior que a MLSS, e que, ao realizar o exercício acima da MLSS, o VO_2 e a $[\text{La}]$ não apresentam estabilidade; entretanto, para determinação direta da MLSS, são necessárias várias repetições, com duração de trinta minutos, realizadas em dias distintos (KINDERMANN et al., 1979; HECK et al. 1985; BENEKE, 2003; BILLAT et al., 2003).

Desta forma, levando em consideração a dificuldade técnica envolvida na obtenção direta da MLSS, o LAn apresenta uma grande vantagem quando se avaliam atletas, já que é possível a obtenção deste índice em apenas uma sessão de treino. Além do mais, na natação a determinação do LAn consiste em submeter os nadadores a protocolos de testes progressivos, com intervalos curtos e coletas sanguíneas após cada repetição (PAPOTI et al., 2005); porém a mensuração direta do lactato sanguíneo nem sempre é possível, devido, principalmente, à falta de equipamentos e ao alto custo financeiro. Como alternativa, protocolos indiretos, não-invasivos, de fácil aplicação e de menor custo financeiro têm sido propostos, na tentativa de prever a resposta desse índice fisiológico, destacando-se a aplicação de modelos matemáticos que possibilitam a identificação de velocidades correspondentes ao LAn a partir da relação entre distância e tempo em testes de desempenho.

A velocidade crítica (VC), considerada a velocidade máxima de nado que, teoricamente, pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão, tem sido frequentemente empregada por técnicos, devido à sua eficiência,

simplicidade e baixo custo e por ser um método não invasivo (WAKAYOSHI et al., 1992b; KOKUBUN, 1996; GRECO, 2000). Na literatura, os estudos que compararam a VC com o LAn ou a MLSS apresentam discordâncias, já que alguns encontraram valores médios semelhantes (WAKAYOSHI et al., 1992a e 1993; KOKUBUN, 1996; TOUSSAINT et al., 1998; DEKERLE et al., 2002; PAPOTI et al. 2005), enquanto outros encontraram a VC superestimando o LAn (WAKAYOSHI, 1992b; DENADAI; GRECCO; DONEGA, 1997; DEKERLE et al., 2005). Estas diferenças podem estar associadas ao método empregado para determinar tanto a VC como o LAn.

Além da VC, o lactato mínimo (LACmin) é outro método que vem sendo investigado para identificar a intensidade referente à MLSS. A partir do estudo sobre a determinação do LACmin realizado por Tegbur et al. (1993), Simões et al. (2000) desenvolveram uma equação para estimar o $\text{LACmin}_{\text{equação}}$ na natação, por meio da relação entre as velocidades determinadas em dois protocolos diretos (LACmin e MLSS) com a *performance* nos 700m nado livre.

Os autores verificaram uma alta correlação entre o $\text{LACmin}_{\text{equação}}$ e as *performances* em 200m e 700m ($r=0.97$ e $r=0.96$ respectivamente); porém faltam estudos que comparem a estimativa de velocidade desta equação ($\text{LAn}_{\text{equação}}$) com medidas diretas do LAn, ou mesmo da MLSS.

Na natação não são encontrados estudos que tenham investigado a validade simultânea de diferentes métodos indiretos que vêm sendo estudados como alternativas mais práticas para prever a intensidade referente à MLSS, com o $\text{LAn}_{4\text{mM}}$.

Justifica-se a utilização desta concentração fixa de lactato, pois o $\text{LAn}_{4\text{mM}}$ parece corresponder à MLSS e, na maioria dos atletas, há um máximo balanço entre a produção e remoção de lactato sanguíneo nessa concentração (HECK et al., 1985).

Todos os aspectos discutidos justificam a relevância desta pesquisa como uma forma de aprimorar o treinamento esportivo ao verificar a validade de métodos mais práticos e acessíveis para serem utilizados na avaliação e

monitoramento do treinamento aeróbio de atletas.

Em face disso, o presente estudo tem como objetivos: 1) comparar diferentes métodos que estimam a intensidade referente à MLSS, por meio da VC e da equação da V700m, com a intensidade referente ao LAN_{4mM} em nadadores de nível regional e estadual; 2) comparar a VC determinada por meio de diferentes distâncias (*performance*) com o LAN_{4mM} durante a natação; e 3) verificar a resposta do lactato sanguíneo durante teste de *endurance* de 30 minutos realizado na velocidade associada à concentração fixa de 4mM.

MATERIAL E MÉTODOS

Participaram deste estudo nove atletas de natação do sexo masculino ($18,0 \pm 1,2$ anos; $180,1 \pm 3,6$ cm; $68,6 \pm 3,9$ kg e $\%GC 8,4 \pm 2,6$), de nível regional e estadual, envolvidos no programa de treinamento, no mínimo, há dois anos. O treinamento era realizado cinco vezes por semana, com duração de duas horas e volume semanal de 30.000m a 32.000m. Todos os atletas assinaram um termo de consentimento aceitando participar da pesquisa e o experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (projeto N.º 054/07).

Testes indiretos

Protocolo de determinação da *performance* de nado

Após um aquecimento padronizado, todos os atletas realizaram uma repetição máxima nas distâncias de 200m, 400m e 700m nado *crawl* (SIMÕES et al., 2000), em piscina de 25 metros. As *performances* foram obtidas em dias separados. O tempo foi registrado por meio de um cronômetro digital.

Protocolo do teste $LAC_{min_{equação}}$ a partir da *performance* nos 700m

Para a predição do $LAC_{min_{equação}}$, aplicou-se a fórmula proposta por Simões et al. (2000):

$$LAC_{min_{equação}} = 1,015 \cdot V700 \text{ (m/min)} - 5,025, \quad (1)$$

onde V700 é a velocidade média obtida na *performance* de 700m.

Protocolo da Velocidade Crítica (VC)

Para a determinação da VC foram utilizados os tempos das *performances* nas distâncias de 200m, 400m e 700m na piscina. A VC foi determinada por meio do coeficiente angular (*b*) da reta de regressão linear entre as distâncias e os respectivos tempos obtidos em cada repetição, através da seguinte equação:

$$d = a + b \cdot t, \quad (2)$$

onde *d* é a distância, *a* corresponde ao intercepto do eixo *y* e é denominado de capacidade anaeróbia de trabalho; e *b* corresponde a VC e *t* é o tempo.

Tradicionalmente, a velocidade crítica na natação tem sido determinada a partir do desempenho nas distâncias de 200m e 400m (WAKAYOSHI et al., 1992a). Além do mais, as distâncias selecionadas para a determinação da VC deveriam permitir que o VO_2 pico seja alcançado durante o exercício com durações entre dois e 15 minutos, justificando assim também a utilização da distância de 700m para o cálculo da VC.

Foram utilizadas quatro combinações diferentes de distâncias para determinação respectivamente de quatro estimativas da VC, que foram: $VC_1 = 200$ e 400m; $VC_2 = 200$ e 700m; $VC_3 = 400$ e 700m; e $VC_4 = 200m, 400m$ e 700m.

Testes diretos

Protocolo para a determinação do Limiar Anaeróbio (LAN_{4mM})

Os atletas realizaram três repetições de 400 metros com intensidades respectivas a 80%, 85% e 90% da velocidade máxima dos 400m, com dois minutos de pausa entre as repetições (GUGLIELMO; DENADAI, 2001). Foram coletadas amostras de sangue do lóbulo da orelha 1 minuto após o término de cada um dos dois primeiros nados, e 1 e 3 minutos após o final do terceiro nado (para obtenção do pico de lactato sanguíneo). A velocidade referente a 4 mmol.L^{-1} foi determinada por meio de interpolação linear entre as concentrações imediatamente acima e abaixo de 4mM (verificadas nas coletas sanguíneas) e suas respectivas velocidades.

Protocolo de endurance de 30 minutos

Os atletas foram submetidos a um teste de *endurance* com duração de 30 minutos na velocidade referente ao LAN_{4mM} determinado no protocolo de 3x400m. A velocidade foi controlada por um dos avaliadores por meio do tempo a cada 25m, a fim de que o nadador permanecesse em ritmo estável durante todo o teste. Foram realizadas coletas de sangue no 10° e 30° minutos, para verificação da resposta lactacidêmica desta intensidade. O protocolo de endurance teve como objetivo identificar os nadadores que apresentaram estabilidade na resposta do lactato sanguíneo. O critério utilizado para a determinação da estabilidade foi a mais alta concentração de lactato, na qual não houvesse uma variação maior que 1 mmol.L⁻¹ nos últimos 20 minutos de teste (BENEKE et al., 2003).

Determinação do lactato sanguíneo

Para a determinação da concentração ([]) do lactato sanguíneo, foram coletados do lóbulo da orelha, sem hiperemia, 25µl de sangue em capilar heparinizado, sendo imediatamente transferidos para microtubos de polietileno com tampa - tipo *Eppendorff* - de 1,5mL, contendo 50µl de solução de NaF 1% e armazenado em gelo. A análise do lactato foi realizada por intermédio de analisador eletroquímico YellowSpring, modelo YSI 1500 STAT.

Análise estatística

O teste de *Kruskal-Wallis* foi aplicado para estabelecer possíveis diferenças entre os métodos empregados para a determinação do LAn. Esse teste foi utilizado porque, apesar de o teste de *Levene* ter indicado igualdade nas variâncias, o resíduo padronizado do modelo de análise de variância não apresentou distribuição normal por meio do teste *Shapiro-Wilk*, tendo-se que recorrer ao teste não paramétrico. Para determinar as associações entre os métodos que identificam o LAn utilizou-se a correlação linear de *Spermann*. Foi adotado um nível de significância de 5% em todas as análises realizadas. Para a realização do tratamento

estatístico foi utilizado o aplicativo SPSS, versão 15.0.

RESULTADOS

A média e desvio padrão das velocidades das *performances*(m/s⁻¹) nas distâncias de 200m, 400m e 700m são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Velocidades médias (m.s⁻¹) e desvio padrão das *performances* nos 200m, 400m e 700m.

	V200	V400	V700
Média ± DP	1,50 ± 0,07	1,37 ± 0,06	1,31 ± 0,06

Na Tabela 2 encontram-se, em média e desvio padrão, as velocidades críticas (VC₁, VC₂, VC₃, VC₄) e as velocidades associadas ao LAN_{4mM} e ao $LAC_{min_{equação}}$. Não foram encontradas diferenças significativas entre as metodologias empregadas no presente estudo (p= 0,77).

Tabela 2 - Média e desvio padrão das velocidades críticas (VC), velocidade de limiar anaeróbio ($VLAn_{4mM}$), velocidade do limiar anaeróbio obtido pela equação ($LAC_{min_{equação}}$) em m.s⁻¹ e percentual da V400m (%).

	VC ₁	VC ₂	VC ₃	VC ₄	$VLAn_{4mM}$	$LAC_{min_{equação}}$
Média	1,27	1,26	1,25	1,25	1,23	1,25
DP	± 0,07	± 0,06	± 0,05	± 0,05	± 0,08	± 0,06
%V400	92,7	91,9	91,2	91,9	89,7	91,5

VC₁= 200m/400m VC₂= 200m/700m VC₃= 400m/700m VC₄= 200m/400m/700m

O critério utilizado para a existência de fase estável no teste de *Endurance* (30min) foi o aumento inferior e/ou igual a 1mmol.L⁻¹ na concentração de lactato do 10° min ao 30° min do teste. As concentrações de lactato ([]) durante o teste (10° e 30° min), a variação da concentração de lactato (Δ) entre as coletas e a distância percorrida durante o teste são apresentadas na Tabela 3. Pode-se observar que seis atletas apresentaram fase estável. Um atleta (6) não conseguiu completar o teste na intensidade predeterminada.

Tabela 3 - Teste de *Endurance* (30min) na velocidade correspondente ao LAn em nadadores.

Atleta	V _{LAn} (m.min ⁻¹)	[] Lactato 10min (mM)	[] Lactato 30min (mM)	Δ Lactato (mM)	Distância total (m)
1	67,9	2,7	3,0	0,2	2066
2	76,0	2,9	3,3	0,4	2190
3	70,6	4,1	5,1	0,9	2130
4	77,2	2,5	3,0	0,5	2412
5	73,9	2,1	4,8	2,7	2251
6	85,5	6,6	---	---	---
7	68,6	1,8	2,7	0,8	2065
8	74,6	2,8	3,1	0,3	2125
9	70,2	5,1	9,3	4,1	2150
Média	73,9	3,5	4,3	1,3	2173
DP	5,5	1,6	2,2	1,4	114

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de correlação entre as velocidades obtidas por meio de protocolos diretos e indiretos. Todas as correlações foram significativas ($p=0,01$).

Tabela 4 - Valores de correlação entre as velocidades obtidas por meio de métodos diretos e indiretos.

	VC ₁	VC ₂	VC ₃	VC ₄	LAn _{4mM}	LACmin _{equação}
VC ₁	1	0,98*	0,93*	0,98*	0,90*	0,97*
VC ₂	0,98*	1	0,98*	1,00*	0,89*	0,98*
VC ₃	0,93*	0,98*	1	0,98*	0,87*	0,95*
VC ₄	0,98*	1,00*	0,98*	1	0,89*	0,98*
LAn _{4mM}	0,90*	0,89*	0,87*	0,89*	1	0,81*
LACmin _{equação}	0,97*	0,98*	0,95*	0,98*	0,81*	1

* $p<0,01$

DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi comparar diferentes protocolos (diretos e indiretos) utilizados para identificar a MLSS em nadadores treinados de nível regional e estadual. Destaca-se que na literatura referente à natação ainda não foram encontrados estudos que comparem simultaneamente diferentes métodos indiretos para predizer a intensidade referente ao LAn e, conseqüentemente, à MLSS.

No presente estudo não foram encontradas diferenças significantes entre os métodos indiretos (VC e LACmin_{equação}) com a velocidade de nado referente ao LAn_{4mM}. Além disso, as distâncias das *performances* utilizadas para determinar a VC não influenciou a comparação com o LAn_{4mM}, visto que todas as combinações

utilizadas (VC₁, VC₂, VC₃ e VC₄) foram consideradas válidas para predizer a velocidade referente ao LAn_{4mM}.

Ao comparar as velocidades críticas desse estudo com as de outras pesquisas (WAKAYOSHI et al., 1992b; PAPOTI et al., 2005; WAKAYOSHI et al., 1992a; DEKERLE et al. 2010) observou-se que, na literatura, geralmente é apresentada apenas a VC obtida por meio de uma combinação de distâncias, e não a VC entre diferentes distâncias, como no presente estudo (VC₁, VC₂, VC₃, VC₄). Recentemente, Machado et al. (2009) analisaram a influência das distâncias (50, 100, 200, 400 e 800m) no cálculo da VC e verificaram que a combinação das menores distâncias para o cálculo da VC (50, 100 e 200m) gera um valor significativamente maior que as outras combinações quando se utilizam as maiores distâncias (100, 200, 400 e 800m). Desta forma, os autores especulam que o uso de distâncias mais curtas no cálculo da VC tendem a superestimar uma possível intensidade associada à MLSS, reforçando os achados de Dekerle et al. (2002).

As médias de VC (geradas por meio de distâncias semelhantes) obtidas dos atletas do presente estudo (1,25 a 1,27 m.s⁻¹) apresentaram-se inferiores à média de VC (1,55 m.s⁻¹; 1,38 m.s⁻¹ e 1,34 m.s⁻¹) encontrada por Wakayoshi et al. (1992b), Papoti et al. (2005) e Machado et al. (2009), respectivamente; porém foram superiores aos valores médios (1,16 m.s⁻¹ e 0,90 m.s⁻¹) encontrados por Wakayoshi et al. (1992a) e Denadai, Greco e Donega (1997) respectivamente.

Dekerle et al. (2002) apresentaram as médias de VC nas três combinações utilizadas e todas foram superiores aos achados do presente estudo ($1,57 \text{ m.s}^{-1}$; $1,41 \text{ m.s}^{-1}$ e $1,35 \text{ m.s}^{-1}$) nas combinações de distâncias 50m/100m, 100m/200m e 200m/400m respectivamente).

A média de velocidade referente ao LAn ($1,23 \text{ m.s}^{-1}$), no presente estudo, foi inferior ($1,37 \text{ m.s}^{-1}$ e $1,49 \text{ m.s}^{-1}$) àquela encontrada por Papoti et al. (2005) e Wakayoshi et al. (1992b) respectivamente; por outro lado, foi superior ($1,16 \text{ m.s}^{-1}$; $0,82 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,94 \text{ m.s}^{-1}$) aos resultados encontrados por Wakayoshi et al. (1992a) e Denadai, Greco e Donega (1997), respectivamente. Todos os estudos citados utilizaram concentrações fixas de lactato sanguíneo referente a 4mM para determinação do LAn, com exceção do de Papoti et al. (2005), que utilizou 3,5mM.

Não foram encontradas diferenças significantes entre todas as velocidades obtidas por meio dos protocolos diretos (LAn_{4mM}) e indiretos (VC e LACmin_{equação}), demonstrando a validade de ambos os modelos indiretos para a identificação da velocidade referente ao LAn neste grupo de nadadores.

Também foi observado um elevado coeficiente de correlação entre a VC e o LAn (valores entre $r=0,87$ a $r=0,89$ para VC₁, VC₂, VC₃ e VC₄) reforçando os achados de Dekerle et al. (2002), Kokubun (1996), Papoti et al. (2005), Toussaint et al. (1998) e Wakayoshi et al. (1992a e 1993), os quais sugerem a utilização da VC como um bom índice para prever o LAn em nadadores.

Wakayoshi et al. (1992a) verificaram que a VC foi válida para determinar o LAn_{4mM} em nadadores adultos bem-treinados (16 a 24 anos). Kokubun (1996) verificou a relação entre a VC determinada a partir esforços máximos nas distâncias 100m, 200m e 400m nado *crawl* e o LAn em 48 nadadores. O autor também concluiu que o modelo matemático utilizado para determinar a VC é um parâmetro adequado para avaliar a capacidade aeróbia de nadadores.

Papoti et al. (2005), que avaliaram oito nadadores de nível nacional (17 ± 1 anos), não encontraram diferenças entre as VCs determinadas a partir das distâncias de 200m e 400m ($1,38 \text{ m.s}^{-1}$) e o LAn ($1,37 \text{ m.s}^{-1}$) ($r=0,93$; $p<0,05$). Assim como no presente estudo,

também foram realizadas três repetições de 400m para a determinação da velocidade referente ao LAn, porém no estudo de Papoti et al. (2005) as intensidades foram mais elevadas (85%, 90% e 100% da melhor *performance* para a distância) e utilizou-se como referência a concentração fixa de 3,5 mM de lactato sanguíneo, diferente dos 4 mM no presente estudo.

Papoti et al. (2005) justificam a utilização da concentração fixa de 3,5 mM pelo fato de que a utilização de concentração fixa de 4 mM, sugerida em protocolos com estágios que apresentam durações de 5 minutos, parece superestimar o LAn na natação, quando são realizadas pausas curtas entre as repetições, provavelmente devido à existência de efeitos residuais do metabolismo e da fadiga dos estágios anteriores.

Por outro lado, no presente estudo foi utilizada a concentração fixa de 4 mM, principalmente em função de o LAn corresponder à MLSS para a maioria dos atletas, representado assim, o máximo balanço entre a liberação e remoção de lactato sanguíneo (HECK et al., 1985). Wakayoshi et al. (1993) verificaram que a VC (200m/400m) é válida para estimar o LAn ($r=0,91$; $p<0,01$) em nadadores de 18 a 20 anos e concluíram ainda que a VC correspondeu à MLSS. Diferentemente do estudo realizado por Papoti et al. (2005), os autores utilizaram a concentração fixa equivalente a 4 mM para determinar o LAn.

Dekerle et al. (2005) submeteram oito nadadores bem-treinados a um teste de 400m nado *crawl* para obter a máxima velocidade aeróbia (MVA), a três repetições com duração de 30 minutos (75% a 90% da MVA), para determinar a velocidade referente à MLSS e a quatro repetições até a exaustão (95%, 100%, 105% e 110% da MVA) para calcular a VC.

Os autores encontraram valores de VC ($1,31 \text{ m.s}^{-1}$; 92,7 % MVA) superiores à MLSS ($1,24 \text{ m.s}^{-1}$; 88,4 % MVA), embora com alta correlação ($r=0,87$). Concluíram, então, que a VC não representa a máxima intensidade que pode ser mantida por um longo período de tempo sem um contínuo aumento da concentração de lactato no sangue (DEKERLE et al., 2005). Também Wakayoshi et al. (1992b)

encontraram diferenças significantes entre a VC ($1,55 \text{ m.s}^{-1}$) e o LA ($1,49 \text{ m.s}^{-1}$) em nadadores. No presente estudo a VC estimada pelas quatro combinações de distância geraram percentuais entre 91,2 a 92,7 da MVA (v400m), sendo estes valores relativos semelhantes aos achados de Dekerle et al. (2005). Já o LAn encontrado no presente estudo representou 89,7% da MVA, valor ligeiramente superior ao percentual de 88,4% encontrado pelo estudo conduzido por Dekerle et al. (2005), quando determinaram a MLSS diretamente.

Com o objetivo de minimizar a desvantagem do número de testes envolvidos para determinação direta da MLSS, Heck et al. (1985) propuseram a identificação da MLSS com base em um único protocolo de cargas progressivas, por meio da utilização de uma concentração fixa de 4mM ou 3,5mM para protocolos com estágios de 5min e 3min de duração, respectivamente, pelo fato de a maioria dos atletas apresentar um máximo balanço entre a liberação e a remoção de lactato sanguíneo nessas concentrações.

Para confirmar os achados encontrados por Heck et al. (1985), os atletas do presente estudo realizaram um teste de endurance durante 30min na velocidade referente ao $\text{LAn}_{4\text{mM}}$. O critério para a existência de estado estável foi o aumento inferior ou igual a 1 mM entre o 10º e 30º minutos de teste (BENEKE et al., 2003). Dos nove atletas, um não conseguiu completar o teste na intensidade adequada e dois o completaram, porém apresentaram uma variação maior que 1 mM do 10º ao 30º min, o que sugere que, para esses três nadadores, a velocidade referente ao $\text{LAn}_{4\text{mM}}$ superestimou a MLSS e, consequentemente, também as velocidades críticas e a $\text{LAC}_{\text{min}_{\text{equação}}}$.

Por outro lado, seis nadadores apresentaram variação menor que 1 mM nos 20 minutos finais do teste de *endurance*, o que parece demonstrar, nessa intensidade referente ao LAn, a existência de um balanço entre a produção e remoção de lactato sanguíneo. Apesar disso, não se pode afirmar a existência de MLSS na intensidade referente ao $\text{LAn}_{4\text{mM}}$, pelo fato de não ter sido objetivo do estudo determinar a MLSS.

Os resultados obtidos no presente estudo são contrários aos achados por Papoti et al. (2005), principalmente no tocante à utilização de

concentração fixa de 3,5 mM (protocolos com estágios de três minutos) para a determinação do LAn, em nadadores. Pode-se especular que protocolos que apresentam estágios com durações de cinco minutos sejam suficientes para encontrar *steady-state* (cinética do lactato) para a carga. Sendo assim, a utilização da concentração fixa de 3,5mM (estágio de 3min) não parece apresentar uma sólida fundamentação na literatura.

A MLSS também tem sido comparada e correlacionada ao LAn e à VC em outras modalidades esportivas. Denadai et al. (2005) avaliaram doze jogadores de futebol e não encontraram diferenças significativas entre o LAn ($13,6 \text{ km.h}^{-1}$) e a MLSS ($13,1 \text{ km.h}^{-1}$) e entre o LAn e VC ($14,4 \text{ km.h}^{-1}$). A VC foi significativamente maior que a MLSS. Também foi encontrada correlação entre MLSS e LAn ($r = 0,80$), MLSS e VC ($r = 0,90$) e entre LAn e VC ($r = 0,80$). Assim, ao utilizarem o LAn correspondente a 3,5 mM, os autores concluíram que apenas o LAn pode ser utilizado para estimar o MLSS em jogadores de futebol, visto que a VC superestimou a MLSS.

De qualquer forma, a VC pode ser utilizada como referência para a prescrição e controle dos efeitos do treinamento, independentemente dos resultados observados na literatura em relação à sua validade para estimar a MLSS (DI PRAMPERO et al., 2008, DEKERLE et al., 2010). Além da simples metodologia para a sua determinação, a VC parece representar o limite entre os domínios pesado e severo, visto que os atletas provavelmente apresentam estabilidade no consumo de oxigênio (VO_2), embora este último possa apresentar um valor maior que o predito pela relação VO_2 versus carga, pelo surgimento do componente lento (CL) quando são submetidos à realização do tempo de exaustão na intensidade de exercício correspondente à VC (CARITÁ et al., 2009).

De fato, Dekerle et al. (2010) observaram que, nadando nesta intensidade, os atletas não sustentam um longo período de tempo ($24,3 \pm 7,7 \text{ min}$), e apresentaram aumento médio de $1,4 \text{ mmol.L}^{-1}$ entre o 10º minuto e a exaustão. Entretanto estes mesmos autores observaram que, quando esta intensidade é realizada de forma intermitente (10x 400m com pausas de

40seg.), as [lac] tornam-se estáveis, permitindo uma duração de aproximadamente 53min. Estes achados reforçam a possibilidade de a VC representar a MLSS intermitente, sendo desta forma uma importante ferramenta para prescrição do treinamento intervalado de capacidade aeróbia para nadadores.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que ambos os protocolos indiretos (VC e $LAC_{min_{equação}}$) são válidos para a predição da velocidade correspondente ao LAN_{4mM} e mais práticos e de menor custo financeiro para serem utilizados na avaliação da capacidade aeróbia de nadadores moderadamente treinados.

A utilização de diferentes distâncias para a determinação da VC (200m, 400m e 700m) não interfere na identificação do LAN_{4mM} , indicando, assim, que as combinações de menores distâncias (200m e 400m) são mais práticas para a avaliação dos nadadores.

Na maioria dos atletas, o LAN_{4mM} correspondeu a uma fase estável de lactato, como demonstrado por meio do teste de *endurance* com duração de 30 minutos. Esses resultados nos instigam a investigar a possibilidade de a VC corresponder a uma intensidade de MLSS intermitente, já que a literatura vem demonstrando sistematicamente que este teste indireto superestima a MLSS contínua, e, por sua vez, a MLSS intermitente está situada em intensidade superior à contínua.

COMPARISON OF DIFFERENT METHODS TO IDENTIFY THE ANAEROBIC THRESHOLD IN SWIMMERS

ABSTRACT

The objectives of this study were to compare different methods to predict the MLSS, verify the correlation between the critical velocity (VC) and anaerobic threshold (ATh) and identify the blood lactate's stability occurrence during the swimming. The sample was composed by 9 male swimmers. For direct determination of AT_{4mM} , it was used three repetitions of 400m of crawl stroke at 80%, 85% and 90% of the maximal velocity. The indirect measures were the CV that was determined from the linear regression between the distances and the respective times (200m, 400m and 700m) and the $AT_{equation}$ obtained by the 700m performance. No differences were found among the AT_{4mM} , $AT_{equation}$ and the CV. It can be concluded that the indirect protocols are valid to predict the velocity correspondent to the ATh and, therefore, are more practical and of less financial cost to be used to evaluate the aerobic capacity in moderately trained swimmers.

Keywords: Anaerobic threshold. Swimming. Critical velocity.

REFERÊNCIAS

- BENEKE, R. et al. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madson, v. 35, no 9, p. 1626-1630, 2003.
- BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications performance testing. **European Journal Applied Physiology**, Berlim, v. 89, p. 95–99, 2003.
- BILLAT, V.L. et al. The Concept of Maximal Lactate Steady State: A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. **Sports Medicine**, Auckland, v. 3, no. 6, p. 407-426, 2003.
- BONIFAZI, M. et al. Blood lactate accumulation in top level swimmers following competition. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turim, v. 33, p. 13-18, 1993.
- CARITÁ, R.A.C., GRECO, C.C., DENADAI, B.S. Máxima fase estável de lactato sanguíneo e potência crítica em ciclistas bem treinados os. **Revista Paulista Brasileira de Medicina do Esporte**, Rio de Janeiro, v. 15, no 5, p. 370-373, 2009.
- DEKERLE J, et al. Characterising the slope of the distance–time relationship in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Hackett, v. 13, p. 365-370, 2010.
- DEKERLE, J. et al. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 23, p. 93-98, 2002.
- DEKERLE, J. et al. Critical Swimming Speed does not represent de Speed at Maximal Lactate Steady State. **International Journal of Sports and Medicine**, Stuttgart, v. 26, p. 524-530, 2005.
- DENADAI, B.S. Avaliação aeróbia: consumo máximo de oxigênio ou resposta do lactato sanguíneo. In: Denadai, B.S. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. Rio Claro: Motrix. p.1-23, 2000.
- DENADAI, B.S. et al. Validade da velocidade crítica para a determinação dos efeitos do treinamento no limiar anaeróbio em corredores de endurance. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 3, no.1, p. 16-23, 2003.
- DENADAI, B.S., GRECO, C.C., DONEGA, M.R. Comparação entre a Velocidade de Limiar Anaeróbio e a Velocidade Crítica em Nadadores com Idade de 10 a 15 anos. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 11, no 2, p. 128-133, 1997.

- DENADAI, BS; GOMIDE, E.B.G; GRECCO, CC. The Relationship Between Onset of Blood Lactate Accumulation, Critical Velocity, and Maximal Lactate Steady State in Soccer Players. **Journal of Strength and Conditional Research**, Champaign, v.19, pp. 364–368, 2005.
- DI PRAMPERO P.E., et al. The critical velocity in swimming. **European Journal of Applied Physiology**, Berlim, v. 102, no. 2, p. 165–71, 2008.
- FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p. 469-490, 2009.
- GRECO C.C. Velocidade crítica. In: DENADAI, B.S. **Avaliação Aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. p. 89-106. Rio Claro: Ed. Motrix; 2000.
- GUGLIELMO, L.G.A., DENADAI, B.S. Validade do ergômetro de braço para a determinação do limiar anaeróbio e da performance aeróbia de nadadores. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 1, no. 3, p. 7-13, 2001.
- HECK, H. et al. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, p. 117-130, 1985.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.3, p.117-130, 1985.
- KINDERMANN, W., SIMON, G., KEUL J. The Significance of the Aerobic Transition for determination of work load intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology**, Berlim, v. 42, p. 25-34, 1979.
- KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 10, p. 5-20, 1996.
- MACHADO, M.V. et al. A influência de diferentes distâncias na determinação da velocidade crítica em nadadores. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 11, no. 2, p. 190-194, 2009.
- PAPOTI, M. et al. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição da performance aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 5, no. 1, p. 7-14, 2005.
- PRINGLE, J. S.; JONES, A. M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **European Journal Applied Physiology**, v. 88, n. 3, p. 214-226, 2002.
- PYNE, D.B., LEE, H., SWANWICK, M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Medicine and Science in Sports and Medicine**, Madson, v. 33, p. 291-297, 2001.
- SIMÕES, H.G, CAMPBELL, C.S.J., BALDISSERA, V. Lactate minimum test in swimming relationship to performance and maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madson, v. 32, p. S5161, 2000.
- 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**, Madson, v. 25, p. 620- 627, 1993.
- TOUSSAINT, H.M. et al. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madson, v.30, p. 144-151, 1998.
- WAKAYOSHI, K. et al. A Simple Method for Determining Critical Speed as Swimming Fatigue Threshold In Competitive Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 13, p. 367-371, 1992b.
- WAKAYOSHI, K. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, Berlim, v. 64, p.153-157, 1992a.
- WAKAYOSKI, K. et al. critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **European Journal of Applied Physiology**, Berlim, v. 66, p. 90-95, 1993.

Recebido em 19/04/2010
Revisado em 19/07/2010
Aceito em 03/08/2010

Endereço para correspondência: Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Reitor João David Ferreira Lima, Bairro Trindade, CEP 88040-970, Florianópolis-SC. E-mail: luizguglielmo@cds.ufsc.br