

DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO POR DOIS AJUSTES MATEMÁTICOS EM TESTE ESPECÍFICO PARA CANOAGEM SLALOM¹

GRAD. LEONARDO HENRIQUE DALCHECO MESSIAS

Programa de Pós-graduação em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo,
Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas
(Limeira – São Paulo – Brasil)
E-mail: leo.137@hotmail.com

MS. NATHALIA ARNOSTI VIEIRA

Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Faculdade de Educação Física,
Universidade Estadual de Campinas (Campinas – São Paulo – Brasil)
E-mail: nathaliaarnosti@gmail.com

MS. HOMERO GUSTAVO FERRARI

Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Faculdade de Educação Física,
Universidade Estadual de Campinas
E-mail: hgferrari@ig.com.br

MS. DENIS ROBERTO TEREZANI

Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Metodista de Piracicaba;
Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Estudos do Lazer, Faculdade de Educação
Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais
(Piracicaba – São Paulo – Brasil)
E-mail: denisterezani@yahoo.com.br

DR. MARCELO DE CASTRO CESAR

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Metodista de Piracicaba
(Piracicaba – São Paulo – Brasil)
E-mail: mascesar@unimep.com.br

DRA. FÚLVIA DE BARROS MANCHADO-GOBATTO

Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas
(Limeira – São Paulo – Brasil)
E-mail: fbmanchado@yahoo.com.br

1. O presente trabalho contou com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES. Não houve conflitos de interesses na realização do presente estudo.

RESUMO

O estudo objetivou propor um teste específico para identificar o limiar anaeróbio (*Lan*) em atletas de canoagem *slalom*. O *Lan* foi determinado por teste progressivo até a exaustão nas velocidades de 5,6, 7,8, 9 e 9,5 km/h, realizado em lagoa onde comumente eram realizados os treinos. O *Lan* foi obtido por dois métodos matemáticos: inspeção visual e bissegmentação da curva lactacidêmica (Lan_{BI}), e utilização das concentrações fixas de lactato 4mM e 2,5mM (Lan_{OBLA}). O Lan_{BI} e Lan_{OBLA} foram analisados por Anova One-Way e correlação de Pearson ($p < 0,05$). O Lan_{BI} foi obtido em $6,98 \pm 0,16$ km/h, a $2,53 \pm 0,25$ mM, e o Lan_{OBLA} ocorreu em $7,80 \pm 0,21$ km/h, superestimando em 11,5% o Lan_{BI} . Desse modo, é possível determinar o *Lan* por teste específico para canoístas e, se adotado o OBLA, a concentração 2,5mM parece ser mais adequada à modalidade.

PALAVRAS-CHAVE: Concentração fixa de lactato; bissegmentação; teste específico; canoagem *slalom*.

INTRODUÇÃO

A canoagem *slalom*, modalidade olímpica que vem apresentando crescente progresso nas últimas décadas, é caracterizada por descidas de aproximadamente 90 segundos em rios com corredeiras, sendo necessária a transposição de obstáculos naturais e exercícios a favor e contra a corrente. Zamparo et al. (2005), estudando testes em lagoa e provas simuladas com mensuração das trocas gasosas e respostas lactacidêmicas de canoístas *slalom*, sugerem que apesar da predominância anaeróbia, há importante contribuição de ambos os metabolismos para o fornecimento energético nessa modalidade (aproximadamente 45-47% de contribuição aeróbia em condições de prova e treinamentos).

Assim como informações acerca da contribuição dos metabolismos para o suprimento energético em modalidades esportivas, apontadas na literatura como ferramenta essencial para prescrição adequada de treinamento (BANFI et al., 2012), a determinação precisa de parâmetros como intensidade e volume de treino é fundamental para o sucesso esportivo. Nesse sentido, testes de esforço e avaliações fisiológicas que respeitem a especificidade das modalidades e que possam ser aplicados em ambiente de treinamento dos atletas, tem sido foco em pesquisas envolvendo o esporte.

Apesar de, em 1982, Baker analisar as respostas lactacidêmicas após provas de canoagem *slalom*, grande parte dos estudos científicos recentes investigando a modalidade tem investigado aspectos biomecânicos (HUNTER; COCHRANE; SACHLIKIDIS, 2007; HUNTER; COCHRANE; SACHLIKIDIS, 2008; HUNTER, 2009) e estratégias de prova (NIBALI; HOPKINS; DRINKWATER, 2011), sendo observada nítida carência de avaliações fisiológicas aplicadas a canoístas *slalom*. Testes

fisiológicos específicos para avaliação das condições aeróbia e anaeróbia individual de canoístas *slalom*, especialmente envolvendo a determinação precisa das intensidades de esforço em canoagem, poderiam gerar importantes informações ao treinamento esportivo e progresso da modalidade.

Diversos modelos de avaliação propostos há algumas décadas e já bem consolidados na literatura podem ser citados como ferramentas para a determinação da capacidade aeróbia individual (WASSERMAN; MCILROY, 1964; MONOD; SCHERRER, 1965; KINDERMAN; SIMON; KEUL, 1979; MADER; HECK, 1986; TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993; BENEKE, 2003; BILLAT *et al.*, 2003) e grande parcela desses protocolos é baseada ou foi validada após análise das respostas lactacidêmicas frente a esforços contínuos e/ou progressivos. Sjodin e Jacobs (1981), Heck (1985) e Mader e Heck (1986), analisando as respostas do lactato sanguíneo em esforços progressivos, sugeriram a existência de uma concentração fixa do lactato sanguíneo correspondente ao limiar anaeróbio (Lan), isto é, a intensidade de exercício na qual há a máxima estabilização das respostas fisiológicas, com a produção de lactato sendo equivalente à sua remoção. De acordo com Heck (1985), por método denominado OBLA (*Onset Of Blood Lactate Accumulation*), a concentração de lactato em 4mM poderia ser interpretada como equivalente ao limiar anaeróbio. Dentre as vantagens desse método é possível destacar a necessidade de um número reduzido de coletas de sangue para a determinação do Lan.

Por conta da elevada aplicabilidade em ambiente esportivo, vários estudos utilizaram a concentração fixa de lactato para estimar o limiar anaeróbio em diferentes exercícios e modalidades esportivas, como em corrida (ABE *et al.*, 1999), marcha atlética (YOSHIDA *et al.*, 1989), ciclismo (HOPKER; COLLEMAN; PASSFIELD, 2009), futebol (CHMURA; NAZAR, 2010; AKUBAT *et al.*, 2012) e hockey no gelo (GILENSTAM; THORSEN; HENRIKSSON-LARSÉN, 2011).

Em estudo recente, Manchado-Gobatto *et al.* (2010), analisando as respostas lactacidêmicas de ratos corredores e nadadores, utilizaram duas metodologias para determinação do Lan desses animais: concentração fixa do lactato sanguíneo e a análise das curvas lactacidêmicas por inspeção visual e bissegmentação das retas de regressão, ajuste matemático inicialmente proposto por Hinkley (1969) para análise de outras variáveis fisiológicas. Nesse estudo com modelo experimental, foi possível observar que, assim como já relatado para dadas modalidades esportivas, as concentrações de lactato equivalentes ao Lan não deveriam ser generalizadas em 4mM, já que existem variações individuais nessa resposta e, especialmente, há dependência do tipo de exercício efetuado e/ou do ergômetro utilizado para avaliação (BENEKE, 2003; MANCHADO *et al.*, 2010). Apesar disso, escassos são os estudos na literatura que analisaram o limiar anaeróbio por bissegmentação das retas

de regressão. Em adição, não foram localizadas investigações sobre a determinação do limiar anaeróbio utilizando tanto a concentração fixa como a bissegmentação das curvas de lactato, em canoagem *slalom*.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi sugerir um teste específico para a determinação do limiar anaeróbio em canoagem *slalom*, utilizando dois ajustes matemáticos para esse fim: a concentração fixa de lactato e a análise por inspeção visual e bissegmentação da curva lactacidêmica.

MATERIAIS E MÉTODOS

AMOSTRA

A Tabela 1 exibe a caracterização da amostra avaliada no presente estudo. Foram efetuadas onze avaliações com seis atletas de alto rendimento na canoagem *slalom* pertencentes a uma equipe filiada à Confederação Brasileira de Canoagem-CBCA. Durante o período de avaliações, os atletas não utilizaram suplementos nutricionais, sendo apenas instruídos por um nutricionista a manter uma dieta balanceada, e a canoagem *slalom* era a única modalidade na qual os atletas realizavam treinamentos periódicos. Da amostra avaliada, 80% dos atletas estavam classificados entre as oito primeiras colocações do ranking nacional de canoagem *slalom* no momento em que ocorreram as avaliações, além de dois dos atletas serem integrantes da Seleção Brasileira de canoagem *slalom*, de acordo com a Confederação Brasileira de Canoagem - CBCA.

Tabela 1. Caracterização da amostra avaliada

	N = 6
Idade (anos)	17 ± 2
Massa corporal (kg)	68 ± 2
Estatura (cm)	175 ± 2
Gênero	Masculino
Tempo de treinamento (anos)	4 ± 1
Uso de suplementos nutricionais	Não
Prática de outras modalidades esportivas concomitantes	Não
Modalidade de inserção na canoagem <i>slalom</i>	K1
¹ Tempo de Prova (s)	83,5 ± 1,9

Resultados expressos em média ± EPM.

¹Tempo médio da prova de *slalom* mais próxima executada pelos atletas no período que antecedeu as avaliações.

Foram considerados como critérios de inclusão o atleta ser membro da equipe selecionada para avaliação, estando em treinamento na modalidade há, no mínimo, três anos; estar realizando treinamentos periódicos na modalidade e apresentar condição física adequada para os testes, previamente avaliada por equipe da área da saúde. A participação dos atletas no estudo foi voluntária, sendo todos os procedimentos informados verbalmente e por meio de um termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP (Protocolo n. 05/10).

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

PROTOCOLO PROGRESSIVO

Os atletas foram submetidos a um teste elaborado com base na especificidade da modalidade. O protocolo de avaliação foi realizado em uma lagoa, local no qual os atletas realizam algumas sessões de treinamento, com distância de 50m sendo demarcada. Na tentativa de aproximar o protocolo de avaliação das características esportivas, os atletas utilizaram seus próprios equipamentos, tais como caiaque individual (3,55m de comprimento, 0,61m de largura, 16 kg, 170L), remos e vestimentas inerentes à modalidade.

O protocolo de exercício progressivo de remadas foi composto por esforços em distância equivalente a 50m (vai e vem), com estágios de 3 minutos. As intensidades adotadas em cada estágio foram, respectivamente, 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 e 9,5 km/h. Os atletas efetuaram os esforços progressivos até a exaustão voluntária ou a não manutenção das velocidades previamente estabelecidas para a realização dos esforços. As velocidades predefinidas para o teste progressivo foram controladas por metrônomo digital, disparando sinais sonoros nos momentos em que os atletas deveriam estar passando pelas demarcações de 50m.

Ao final de cada estágio, foram extraídos 25 μ L de sangue do lóbulo da orelha com auxílio de capilares heparinizados, sendo as amostras depositadas em tubos *Eppendorf* (5mL), contendo 400 μ L de ácido tricloroacético (TCA) a uma concentração de 4 %, objetivando a desproteinização do sangue.

ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE LACTATO SANGUÍNEO

Para análise das concentrações sanguíneas de lactato por método enzimático, as amostras, previamente armazenadas a temperatura equivalente a -30°C, foram agitadas em agitador magnético e centrifugadas. Foi extraída uma alíquota

de 100 μ L de sobrenadante, depositada em tubo de ensaio, e adicionado 500 μ L de reagente composto por glicina/EDTA, hidrato de hidrazina (88%, pH=8.85), lactato desidrogenase (LDH), Beta Adenina Nicotinamida (β - NAD). O homogeneizado foi novamente agitado e logo após, incubado por 20 minutos em banho a 37 $^{\circ}$ C. A leitura da amostra foi efetuada em espectrofotômetro, em onda de 340nm (ENGELS; JONES, 1978).

AJUSTES MATEMÁTICOS

Curvas individuais de 'intensidade vs lactato sanguíneo' foram plotadas e o limiar anaeróbio foi obtido utilizando dois ajustes matemáticos a) inspeção visual e bissegmentação da curva lactacidêmica, identificando a intersecção entre as retas para o diagnóstico da intensidade de Lan e concentração de lactato equivalente a essa intensidade (denominada no presente estudo como Lan por método bissegmentado – Lan_{BI} ; b) Concentração fixa do lactato sanguíneo após ajuste exponencial de 2^a ordem, utilizando o ponto de inflexão obtido pelo primeiro método Lan_{BI} com concentração de lactato (método denominado Lan_{OBLA}) e também a concentração fixa de lactato em 4,0mM (Lan_{OBLA 4,0mM}) (Figura 1).

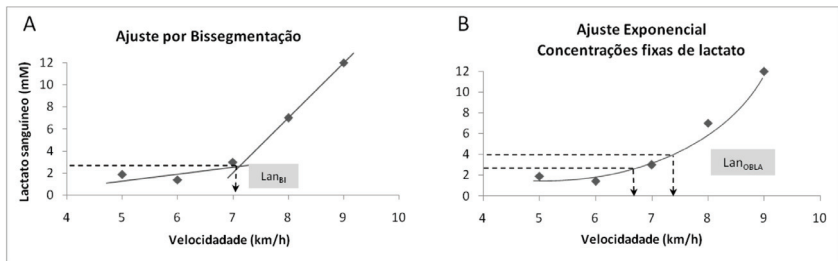


Figura 1. Representação dos dois ajustes matemáticos utilizados para determinar o limiar anaeróbio (Lan) no presente estudo. a) determinação do ponto de inflexão por inspeção visual e bissegmentação da curva lactacidêmica; b) ajuste exponencial de 2^a ordem e determinação do Lan por duas concentrações fixas de lactato, sendo uma correspondente à concentração de lactato do ponto de inflexão determinado pelo método bissegmentado e outra, a concentração 4,0mM, clássica em avaliação esportiva.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi procedida com o auxílio dos pacotes STATISTICA, versão 7.0 (Statsoft, Tulsa, USA) e ORIGIN, versão 8.0. Inicialmente foi testada a normalidade e homogeneidade dos dados por testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Por serem observados dados normais e homogêneos, foi adotada

a estatística paramétrica para a análise. Os resultados referentes à intensidade de limiar anaeróbio obtidos por dois ajustes matemáticos de análise (Lan_{BI} e Lan_{OBLA} nas concentrações equivalentes ao ponto de inflexão e à 4,0mM), bem como os valores de R para os ajustes lineares e exponencial foram comparados por Anova One-Way para medidas repetidas, e correlacionados utilizando a Correlação de Pearson. Todos os resultados foram expressos em média \pm erro padrão da média (EPM), sendo considerado o nível de significância 5% para todas as análises.

RESULTADOS

A Figura 2 apresenta os resultados médios das concentrações de lactato sanguíneo em repouso e em teste progressivo realizado em lagoa. Os estágios propostos apresentaram a duração de três minutos e foram realizados em intensidades variando de 5,0 a 9,5km/h. Houve aumento progressivo das concentrações de lactato ao longo do teste, e em apenas quatro avaliações o último estágio foi completado. Para as demais, os participantes atingiram a exaustão no estágio anterior (9,0 km/h).

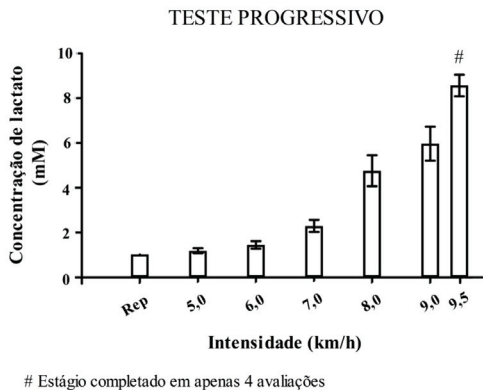


Figura 2. Resultados médios referentes às concentrações de lactato sanguíneo em repouso e em teste progressivo de canoagem, realizado em lagoa.

O primeiro ajuste matemático adotado para análise do Lan no presente estudo foi o bissegmentado, precedido por inspeção visual dos pontos lactacidêmicos. Por esse método, foi verificado que, para canoístas *slalom* submetidos a exercício específico e progressivo, o ponto de inflexão do lactato sanguíneo ocorreu em concentração equivalente a $2,53 \pm 0,25$ mM. Desse modo, a concentração fixa de lactato em 2,5mM foi também utilizada na determinação do Lan por concentração fixa, sendo analisados ainda os valores de OBLA obtido por 4,0mM.

A Tabela 2 expressa os resultados referentes aos ajustes de bissegmentação da curva lactacidêmica (intensidade de Lan_{Bi} e valores de R para os dois ajustes lineares provenientes desse método) e a análise do limiar anaeróbio utilizando o método de concentrações fixas de lactato, tendo sido adotadas como concentração de lactato a média observada no primeiro procedimento de análise (2,5mM) e a concentração originalmente proposta na literatura (4,0mM), bem como o valor de R para o ajuste exponencial de 2ª ordem.

Tabela 2. Resultados obtidos por dois ajustes matemáticos (inspeção visual com bissegmentação da curva lactacidêmica e concentrações fixas de lactato): intensidade equivalente ao Lan_{Bi} (km/h), valores de R observados nos dois ajustes lineares e resultados do ajuste matemático por concentração fixa, utilizando as concentrações 2,5mM e 4,0mM, bem como valores de R para o método exponencial

Ajuste matemático bissegmentado			Ajuste matemático exponencial Concentração fixa de lactato		
Lan_{Bi} (km/h)	R 1º ajuste linear	R 2º ajuste linear	$Lan_{OBLA2.5}$ (km/h)	$Lan_{OBLA4.0}$ (km/h)	R ajuste exponencial
6,98	0,85#	0,96	6,95	7,80*	0,96
±	±	±	±	±	±
0,16	0,28	0,14	0,28	0,21	0,17

Resultados expressos em média ± EPM; # Diferença significativa entre os valores de R ($p \leq 0,05$); *Diferença significativa entre os resultados de Lan ($p \leq 0,01$).

Não foram observadas diferenças entre os resultados de Lan_{Bi} e Lan_{OBLA} , quando esse foi obtido por concentração 2,5mM ($p=0,90$). Entretanto, Lan_{OBLA} determinado por concentração clássica de 4,0mM superestimou em 11,5% o Lan_{Bi} ($p < 0,000$) e 11,9% o $Lan_{OBLA2.5}$ ($p < 0,000$).

Todos os valores de R observados para os ajustes matemáticos adotados foram altos. Entretanto, o ajuste linear da 1ª regressão componente do método bissegmentado apresentou valores inferiores aos demais.

As correlações entre os resultados de limiar anaeróbio determinado por ajuste bissegmentado e por duas concentrações fixas de lactato, bem com os valores de p para a análise, estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3. Correlações (r), intervalo de confiança a 95% (IC 95%) e a 99% (IC 99%) e valores de p para as correlações entre os ajustes bissegmentado, concentração fixa de lactato em 2,5mM e 4,0mM

	Lan _{Bi} x Lan _{OBLA 2,5}	Lan _{Bi} x Lan _{OBLA 4,0}	Lan _{OBLA2,5} x Lan _{OBLA 4,0}
r	0,82	0,72	0,93
IC95%	0,44 a 0,95	0,21 a 0,92	0,76 a 0,98
IC99%	0,25 a 0,97	0,00 a 0,95	0,65 a 0,99
p	0,002	0,012	0,000

DISCUSSÃO

A quantificação das intensidades de exercício prescritas para atletas, bem como a determinação do limiar anaeróbio em ambiente esportivo apresentam grande valia para o desempenho atlético (LAURSEN, 2010). Dentre as ferramentas fisiológicas adotadas para esse fim destaca-se a utilização das concentrações sanguíneas de lactato, metabólito que revela, de modo fidedigno, as intensidades agudas impostas ao avaliado (FAUDE; KINDERMAN; MEYER, 2009), sendo altamente sensível às adaptações promovidas pelo treinamento desportivo (TOUBEKIS *et al.*, 2011).

O principal achado do presente estudo aponta para a possibilidade de determinação do limiar anaeróbio de canoístas *slalom* utilizando as concentrações de lactato sanguíneo em teste progressivo, delineado especificamente para atletas dessa modalidade e realizado em ambiente real de treinamento (lagoa).

O comportamento das respostas lactacidêmicas frente a esforços progressivos apresentou elevação gradual em resposta às intensidades impostas (velocidades diferentes), sendo que, após dada velocidade (de limiar anaeróbio), foi observada uma elevação lactacidêmica abrupta, característica de testes com incrementos (ZADRO *et al.*, 2011; SMEKAL *et al.*, 2011; HOPPE *et al.*, 2012). Entretanto, diferente do relatado para grande parte dos testes progressivos, uma particularidade observada para os canoístas nos testes específicos adotados foi uma pequena redução (não significativa) ou manutenção das concentrações de lactato após o segundo estágio do teste (6km/h) (FIGURA 2). De modo especulativo, é possível sugerir que essa resposta tenha ocorrido por conta de um aumento da eficiência mecânica após o segundo estágio, com menores estímulos isométricos para o mesmo gesto motor de remada, possibilitando, ao menos nesse momento, a recuperação ou manutenção dos níveis de lactato.

No presente estudo, a adoção de dois ajustes matemáticos (bissegmentação e concentração fixa de lactato) para a determinação do Lan por lactacidemia

foi proposta, já que diversas modalidades adotam concentrações fixas de lactato, especificamente em 4,0 mM (MALDONADO-MARTIN; MUJICA; PADILLA, 2004; GARATACHEA *et al.*, 2006; FRANCIS *et al.*, 2010) para determinação da intensidade de transição entre as predominâncias aeróbia/anaeróbia, desprezando as características individuais e inerentes à modalidade esportiva.

Um dos resultados de grande valia obtido na presente investigação refere-se às distinções observadas quando os dois ajustes matemáticos são utilizados, sendo que, por inspeção visual e bissegmentação da curva lactacidêmica (Lan_{Bi}), foram obtidos valores inferiores de intensidade de Lan aos obtidos por concentração fixa de lactato de modo convencional (4,0 mM) (TABELA 2). Quando os dois métodos utilizados para a identificação do Lan foram comparados, apresentaram boas correlações para a análise entre $Lan_{Bi} \times Lan_{OBLA\ 2,5}$, $Lan_{Bi} \times Lan_{OBLA\ 4,0}$ e $Lan_{OBLA\ 2,5} \times Lan_{OBLA\ 4,0}$, sendo respectivamente $r = 0,82$, $r = 0,72$, $r = 0,93$.

Apesar de a análise bissegmentada possuir características interessantes e fornecer parâmetros individuais relativos à intensidade do limiar anaeróbio, escassos são os estudos envolvendo a utilização dessa metodologia. Machado-Gobatto (2010) objetivaram determinar o Lan em ratos corredores e nadadores utilizando as metodologias da bissegmentação e da concentração fixa do lactato (4,0mM), além de determinar qual metodologia seria a mais apropriada para a especificidade das habilidades motoras (correr e nadar). Os resultados sugeriram que, para os ratos nadadores, a mais adequada concentração de lactato para diagnosticar o Lan por método OBLA estaria entre 5,0 a 5,5 mM, sendo essa uma ótima metodologia para estimar o Lan devido a não diferença estatística entre as intensidades relativas ao OBLA e à análise bissegmentada. Contudo, para ratos submetidos a exercício de corrida em esteira rolante, a análise estatística apontou diferenças significantes para a concentração fixa e a análise da bissegmentação, o que sugere ser a análise bissegmentada mais adequada para esse grupo.

Para os dados obtidos por intermédio das retas de regressão (R), foram observados dois valores referentes à análise bissegmentada e um para a concentração fixa do lactato sanguíneo. Os valores de R do 1º e 2º ajustes lineares foram, respectivamente, $0,85 \pm 0,28$ e $0,96 \pm 0,14$. Apesar de significantes, o R para o 1º ajuste foi menor que o 2º, isso devido aos valores de lactato após o segundo estágio do teste progressivo resultarem menores quando comparados aos demais estágios. Diferentemente, a análise pelo OBLA necessita apenas de um ajuste matemático, sendo que o mesmo apresentou altos valores de R ($0,96 \pm 0,17$).

De acordo com o método da concentração fixa de lactato, a concentração lactacidêmica atrelada à alteração de predominância dos metabolismos aeróbios e anaeróbios para a manutenção do exercício estaria próxima a 4,0 mM. Entretanto,

a análise bissegmentada permite que valores individuais referentes a essa transição aeróbia/anaeróbia sejam obtidos. Por análises mais individualizadas, há maior precisão nessa determinação e ainda concentrações diferenciadas podem ser sugeridas caso o método da concentração fixa seja utilizado em distintos tipos de exercício ou ergômetros.

Os resultados obtidos na presente investigação são extremamente relevantes para a modalidade. Entretanto, algumas limitações envolvendo o teste proposto podem ser apontadas. Apesar do protocolo realizado em lagoa envolver aspectos específicos da canoagem *slalom*, como a utilização de embarcações específicas, a mudança de direção das remadas ao longo da avaliação e a execução dos esforços em ambiente onde os atletas comumente realizam sessões de treinamento, ainda não é possível que esse protocolo seja efetuado com precisão no local de provas oficiais (rios e corredeiras). Em adição, o estudo não validou o teste proposto, sendo necessárias futuras investigações envolvendo a análise da reprodutibilidade desse protocolo.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, é possível determinar o Lan em teste progressivo para canoístas *slalom* e, preferencialmente, a análise bissegmentada da curva lactacidêmica deve ser utilizada. Quanto à adoção de concentrações fixas de lactato para obtenção do Lan em canoagem *slalom*, há necessidade de cautela, sendo sugerida a concentração equivalente a 2,5 mM mais adequada para esses casos.

Determination of Anaerobic Threshold by Two Mathematical Methods in Specific Test on Slalom Kayak

ABSTRACT: The study aimed to suggest a specific anaerobic threshold test (AT) to slalom kayak athletes. The AT was determined by progressive kayak exercise (5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0 e 9.5km/h) until exhaustion. Two mathematical methods were used: visual inspection and the bi-segmental lactate kinetics (AT_i) and by fixed lactate concentration at 4mM (AT_{obla}) and 2.5mM. The AT_i and AT_{obla} were compared by ANOVA One-Way and Pearson correlation (p<0.05). The AT_i was obtained in 6.98±0.16Km/h, at 2.53±0.25mM and the AT_{obla 4.0} was 6.95±0.28Km/h, at intensity 11.5% higher than AT_i. In this way, it is possible to determine the AT using a specific test to slalom kayak and, if adopted the OBLA, the 2.5mM blood concentration seems to be applicable to slalom kayak athletes.

KEYWORDS: Aerobic Capacity; Blood Lactate; Specific Test; Slalom Kayak.

Determinación del umbral anaeróbico por dos métodos matemáticos en test específico en canotaje Slalom

RESUMEN: El estudio tuvo como objetivo sugerir un test específico para determinar el umbral anaeróbico (UA) en atletas de canotaje slalom. El UA se determinó mediante un test progresivo hasta el agotamiento (5.0; 6.0; 7.0; 8.0; 9.0 y 9.5 km/h). Dos métodos matemáticos se utilizaron para identificar el UA: Inspección visual y bissegmentação de las curvas de lactato (UA_{BI}) y concentración fija de lactato em 4mM y 2.5mM (UA_{OBLA}). El UA_{OBLA} y UA_{BI} se analizaron por La Anova One-Wayt y por correlación de Pearson ($p < 0.05$). El UA_{BI} se obtuvieron 6.98 ± 0.16 km/h, a 2.53 ± 0.25 mM. La UA_{OBLA} fue 7.80 ± 0.21 km/h, 11,5% mayor que UA_{BI} . Así, é s posible determinar el UA en test específico para canotaje y, si la opción for por el metodo OBLA, la concentración 2.5mM parece ser mas aplicable a atletas de canotaje slalom.

PALABRAS CLAVE: concentración de lactato fijo; bissegmentação; test específico; canotaje slalom.

REFERÊNCIAS

- ABE, D. et al. Assessment of long-distance running performance in elite male runners using onset of blood lactate accumulation. *Applied of Human Sciences*, v. 18, p. 25-29, 1999.
- AKUBAT, I. et al. Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, London, v. 30, p. 1473-1480, 2012.
- BAKER, S, J. Post-competition lactate levels in canoe slalomists. *British Journal of Sports Medicine*, Loughborough, v. 16, p. 112-113, 1982.
- BANFI, G. et al. Metabolic markers in sports medicine. *Advances in Clinical Chemistry*, New York, v. 56, p. 1-54, 2012.
- BENEKE, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modeling approaches. *European Journal of Applied Physiology*, Heidelberg, v. 88, p. 361-369, 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. 33, p. 407-426, 2003.
- CHASSAIN, A. Méthode d'appréciation objective de latolérance de l'organisme á l'effort: application á la mesure despuissances de la frequence cardiaque et de lalactatémie. *Science & Sports*, v. 1, p. 41-48, 1986.
- CHMURA, J.; NAZAR, K. Parallel changes in the onset of blood lactate accumulation (OBLA) and threshold of psychomotor performance deterioration during incremental exercise after training in athletes. *International Journal of Psychophysiology*, v. 75, p. 287-290, 2010.
- ENGELS, R, C.; JONES, J. B. Causes and elimination of erratic blanc in enzymatic metabolic assays involving the use of NAD in alkaline hydrazine buffers: improved conditions for assay

of L-glutamate, L-Lactate and other metabolites. *Analytical Biochemistry*, New York, v. 10, p. 475-484, 1978.

ENDICOTT, W.T. Strength and conditioning for canoeing and kayaking. *National Strength and Conditioning Journal*, v. 10, n.4, p. 36-37, 1988.

FAUDE, O.; KINDERMAN, W.; MEYER, T. *Lactate threshold concepts: how valid are they?*. *Sports Medicine*, Auckland, v. 39, p. 469-490, 2009.

FRANCIS, J, T. et al. Defining intensity domains from the end power of a 3-min all-out cycling test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 42, p. 1769-1765, 2010.

GARATACHEA, N. et al. Determination and validity of critical swimming velocity in elite physically disabled swimmers. *Disability and Rehabilitation*, London, v. 24, p. 1551-1556, 2006.

GARCÍA-PALLARÉS, J.; IZQUIERDO, M. Strategies to optimise concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, Auckland, v.41, p. 329-343, 2011.

GILENSTAM, K, M.; THORSEN, K.; HENRIKSSON-LARSÉN, K, B. Physiological correlates of skating performance in women's and men's ice hockey. *Journal of Strength Conditioning Research*, Colorado Springs, v. 25, p. 2133-2142, 2011.

HECK, H. et al. Justification of the 4-mmol/L lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 6, p. 117-130, 1985.

HINKLEY, D. V. Inference about the intersection in two-phase regression. *Biometrika*, London, v. 56, p. 495-504, 1969.

HOPKER, J.; COLEMAN, D.; PASSFIELD, L. Changes in cycling efficiency during competitive season. *American College of Sports Medicine*, p. 912-919, 2009.

HOPPE, M, W. et al. Comparison of three different endurance tests in professional soccer players. *Journal of Strength Conditioning Research*, Colorado Springs, v. 27, p. 31-37, 2012.

HUNTER, A.; COCHRANE, J.; SACHLIKIDIS, A. Canoe slalom: competition analysis reliability. *Sports Biomechanical*, v. 6, p. 155-170, 2007.

_____. Canoe slalom competition analysis. *Sports Biomechanical*, v. 7, p. 24-37, 2008.

HUNTER, A. Canoe slalom boat trajectory while negotiating an upstream gate. *Sports Biomechanical*, v. 8, p. 105-113, 2009.

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 Physiological Occupational Physiology*, Heidelberg, v. 42, p. 25-34, 1979.

LAURSEN, P, B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. *Scandinavian Journal of Medicine and Science*, Oxford, v. 20, p. 1-10, 2010.

LIOU, D. K.; HOPKINS, W. G. Velocity specificity of weight training for kayak sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 35, p. 1232-1237, 2003.

MADER, A.; HECK, H. A theory of metabolic origin of the anaerobic threshold. *International Journal Sports Medicine*, Stuttgart, v. 7, p. 45-65, 1986.

MALDONADO-MARTIN, S.; MUJICA, I.; PADILLA, S. Physiological variables to use in the gender comparison in highly trained runners. *Journal of Sports Medicine in Physical Fitness*, Torino, v. 44, p. 8-14, 2004.

MANCHADO-GOBATTO, F. B. et al. Limiar Anaeróbio em corrida e natação em ratos: Determinação utilizando dois métodos matemáticos. *Revista da Educação Física/UEM*, Maringá, v. 21, p. 245-253, 2010.

MONOD, H.; SCHERER J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, London, v. 8, p. 329-338, 1965.

NIBALI, M.; HOPKINS, W. G.; DRINKWATER, E. Variability and predictability of elite competitive slalom canoe-kayak performance. *European Journal of Sport Science*, Abingdon, v. 11, p. 125-130, 2011.

SHEPHARD, R.J. Science and medicine of canoeing and kayaking. *Sports Medicine*, Auckland, v. 4, p. 19-33, 1987.

SJÖDIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 3, p. 23-26, 1981.

SMEKAL, G. et al. Blood lactate concentration at the maximal lactate steady state is not dependent on endurance capacity in healthy recreationally trained individuals. *European Journal Applied Physiology*, Bethesda, v. 112, p. 3079-3086, 2011.

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*, Hagerstown, v. 25, p. 620-627, 1993.

TOUBEKIS, A. G. et al. Training-induced changes on blood lactate profile and critical velocity in young swimmers. *Journal of Strength Conditioning Research*, Colorado Springs, v. 25, p. 1563-1570, 2011.

WASSERMAN, K.; McILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *American Journal of Cardiology*, v. 14, p. 844-852, 1964.

YOSHIDA, T. et al. Physiological determinants of race walking performance in female race walkers. *British Journal Sports Medicine*, Loughborough, v. 23, p. 250-254, 1989.

ZADRO, I. et al. A protocol of intermittent exercise (shuttle runs) to train young basketball players. *Journal of Strength Conditioning Research*, Colorado Springs, v. 25, p. 1767-1773, 2011.

ZAMPARO, P. et al. Bioenergetics of a slalom kayak (k1) competition. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 27, p. 546-542, 2005.

Recebido em: 14 abr. 2012

Aprovado em: 11 jun. 2013

Endereço para correspondência:

Fúlvia de Barros Manchado-Gobatto

Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte

Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA/UNICAMP

Rua Pedro Zaccaria, nº 1300

Jardim Santa Luzia

Limeira-SP

CEP: 13484-350