



# Proposta de teste incremental baseado na percepção subjetiva de esforço para determinação de limiares metabólicos e parâmetros mecânicos do nado livre

Manoel Carlos Spiguel Lima<sup>1</sup>, Pedro Balikian Junior<sup>1,2</sup>, Cláudio Alexandre Gobatto<sup>3</sup>,  
Jair Rodrigues Garcia Junior<sup>1</sup> e Luiz Fernando Paulino Ribeiro<sup>4</sup>

## RESUMO

A percepção subjetiva de esforço (PSE) é determinada de forma não invasiva e utilizada juntamente com a resposta lactacidêmica como indicadores de intensidade durante teste incremental. Em campo, especialmente na natação, há dificuldades nas coletas sanguíneas; por isso, utilizam-se protocolos alternativos para estimar o limiar anaeróbio. Assim, os objetivos do estudo foram: prescrever um teste incremental baseado na PSE (Borg 6–20) visando estimar os limiares metabólicos determinados por métodos lactacidêmicos [ajuste bi-segmentado ( $V_{LT'}$ ), concentração fixa-3,5mM ( $V_{3,5mM}$ ) e distância máxima ( $V_{Dmáx}$ )]; relacionar a PSE atribuída em cada estágio com a frequência cardíaca (FC) e com parâmetros mecânicos de nado [frequência (FB) e amplitude de braçada (AB)], analisar a utilização da escala 6–20 na regularidade do incremento das velocidades no teste e correlacionar os limiares metabólicos com a velocidade crítica (VC). Para isso, 12 nadadores ( $16,4 \pm 1,3$  anos) realizaram dois esforços máximos (200 e 400m); os dados foram utilizados para determinar a VC, velocidade de 400m ( $V_{400m}$ ) e a frequência crítica de braçada (FCb); e um teste incremental com intensidade inicial baseada na PSE, respectivamente, 9, 11, 13, 15 e 17; sendo monitorados em todos os estágios a FC, lactacidemia e os tempos de quatro ciclos de braçadas e das distâncias de 20m (parte central da piscina) e 50m. Posteriormente, foram calculadas as velocidades dos estágios, FB, AB,  $V_{LT'}$ ,  $V_{3,5mM}$  e  $V_{Dmáx}$ . Utilizaram-se ANOVA e correlação de Pearson para análise dos resultados. Não foram encontradas diferenças entre VC,  $V_{Dmáx}$  e  $V_{LT'}$ , porém a  $V_{3,5mM}$  foi inferior às demais velocidades ( $P < 0,05$ ). Correlações significativas ( $P < 0,05$ ) foram observadas entre VC versus  $V_{400m}$ ,  $V_{Dmáx}$  e  $V_{3,5mM}$ ;  $V_{400m}$  versus  $V_{3,5mM}$  e  $V_{Dmáx}$ ;  $V_{Dmáx}$  versus  $V_{LT'}$ ; e no teste incremental entre PSE versus velocidade, [Lac], FC, FB e AB ( $P < 0,05$ ). Concluímos que a PSE é uma ferramenta confiável no controle da velocidade dos estágios durante teste incremental na natação.

## ABSTRACT

### **Incremental test proposal based on the rating of perceived exertion to determine metabolic thresholds and mechanical parameters of free style**

The Rating of Perceived Exertion (RPE) is non-invasively determined and used together with lactacidemic analysis as indica-

1. Faculdade de Educação Física da UNOESTE, Presidente Prudente, SP.
2. Departamento de Educação Física da UNESP, Presidente Prudente, SP.
3. Departamento de Educação Física da UNESP, Rio Claro, SP.
4. Departamento de Educação Física da UESC, Ilhéus, BA.

Recebido em 21/10/05. Versão final recebida em 17/3/06. Aceito em 15/5/06.

**Endereço para correspondência:** Manoel Carlos Spiguel Lima, Faculdade de Educação Física da UNOESTE, Laboratório de Fisiologia do Exercício – Grupo de Estudo em Fisiologia do Exercício (GEFE) Campus II – Bloco B1, Rod. Raposo Tavares, km 572, Bairro Limoeiro – 19067-175 – Presidente Prudente, SP. Tel.: (18) 229-2000 (ramal 2137). E-mail: manu@unoeste.br

**Palavras-chave:** Frequência cardíaca. Concentração de lactato sanguíneo. Frequência de braçada. Amplitude de braçada.

**Keywords:** Heart rate. Blood lactate concentration. Stroke rate. Stroke length.

**Palabras-clave:** Frecuencia cardíaca. Concentración de lactato sanguíneo. Frecuencia de brazada. Amplitud de brazada.

tor of intensity during incremental test. In field, especially in swimming, due to the difficulty of sample collection, alternative protocols have been used to estimate the anaerobic threshold. Thus, the study aims were: to prescribe one incremental test based on Borg's scale; to estimate metabolic thresholds determined through analysis lactate methods [settling bi-segmented ( $V_{LT'}$ ), fixed concentration-3.5 mM ( $V_{3,5mM}$ ) and maximal distance ( $V_{Dmáx}$ )]; to relate the RPE attributed in each stage with a heart rate (HR) and swimming mechanical parameters [stroke rate (SR), and stroke length (SL)]; to analyze the utilization of the Borg's scale in regularity of velocity increment in test and relate the metabolic thresholds with the critical velocity (CV). Twelve swimmers ( $16.4 \pm 1.3$  years old) were subjected to two maximal efforts (200 and 400 meters), the data was used to determine the CV, velocity in 400 meters ( $V_{400m}$ ) and critical stroke rate (CSR); and one incremental test with an initial intensity based in RPE, respectively, 9, 11, 13, 15 and 17; the HR, lactacidemia ([Lac]) and the times of four cycles strokes and the distances of 20 m and 50 m, were monitored in all stages. Subsequently, the velocity of the SR, SL,  $V_{LT'}$ ,  $V_{3,5mM}$  and  $V_{Dmáx}$  stages were calculated. ANOVA and correlation of Pearson were used to analyze the results. Significant differences were not found among VC,  $V_{Dmáx}$  and  $V_{LT'}$ , however the  $V_{3,5mM}$  was lower than all velocities ( $P < 0.05$ ). Significant relationships ( $P < 0.05$ ) were found among VC versus  $V_{400m}$ ,  $V_{Dmáx}$ ,  $V_{3,5mM}$ ;  $V_{400m}$  versus  $V_{3,5mM}$  and  $V_{Dmáx}$ ;  $V_{Dmáx}$  versus  $V_{LT'}$ ; in incremental test among the RPE versus velocity, [Lac], HR, SR and SL ( $P < 0.05$ ). Our conclusion was that RPE is a reliable tool for velocity control of stages during incremental test in swimming.

## RESUMEN

### **Propuesta de un test adicional basado en la percepción subjetiva del esfuerzo para determinar los límites metabólicos y los parámetros mecánicos del nado libre**

La Percepción Subjetiva del Esfuerzo (PSE) es determinada de forma no invasiva y utilizada juntamente con la respuesta lactacidémica como indicadores de intensidad durante un test de incremento. En campo, especialmente en la natación, hay dificultades en las colectas sanguíneas, por eso se utilizan protocolos alternativos para estimar el límite anaerobio. Así, los objetivos de este estudio fueron: prescribir un test adicional basado en la PSE (Borg 6-20) con el objetivo de estimar los límites metabólicos determinados por métodos lactacidémicos [ajuste bisegmentado ( $V_{LT'}$ ), concentración fija-3,5 mM ( $V_{3,5mM}$ ) y distancia máxima ( $V_{Dmáx}$ )]; relacionar la PSE atribuída en cada etapa con la frecuen-

cia cardíaca (FC) y con los parámetros mecánicos de nado [frecuencia (FB) y amplitud de brazada (AB)], analizar la utilización de la escala 6-20 en la regularidad del incremento de velocidades en el test y correlacionar los límites metabólicos con la velocidad crítica (VC). Para esto, doce nadadores (16,4 ± 1,3 años) realizaron dos esfuerzos máximos (200 y 400 m), los datos fueron utilizados para determinar la VC, velocidad de 400 m ( $V_{400m}$ ) y la frecuencia crítica de brazada (FCb); y un test adicional con intensidad inicial basada en la PSE, respectivamente, 9, 11, 13, 15 y 17; siendo monitorizadas en todas las etapas la FC, lactacidemia y los tiempos de 4 ciclos de brazadas y las distancias de 20 m (parte central de la piscina) y 50 m. Posteriormente, se calcularon las velocidades de las etapas, FB, AB,  $V_{LL'}$ ,  $V_{3,5mM}$  y  $V_{Dmáx}$ . Se utilizó ANOVA y correlación de Pearson para el análisis de los resultados. No se encontraron diferencias entre VC,  $V_{Dmáx}$  y  $V_{LL'}$ , sin embargo la  $V_{3,5mM}$  fue inferior a las demás velocidades ( $P < 0,05$ ). Correlaciones significativas ( $P < 0,05$ ) fueron observadas entre VC versus  $V_{400m}$ ,  $V_{Dmáx}$  y  $V_{3,5mM}$ ;  $V_{400m}$  versus  $V_{3,5mM}$  y  $V_{Dmáx}$ ;  $V_{Dmáx}$  versus  $V_{LL'}$ ; y en el test adicional entre PSE versus velocidad, [Lac], FC, FB y AB ( $P < 0,05$ ). Concluimos que la PSE es una herramienta confiable en el control de la velocidad de las etapas durante el test adicional en la natación.

## INTRODUÇÃO

A resposta lactacidêmica obtida em protocolos incrementais é uma variável amplamente utilizada para prescrição da intensidade do exercício em modalidades esportivas cíclicas com predominância aeróbia e parece ser a melhor variável para identificar a apropriada intensidade do exercício<sup>(1)</sup>. Junto à análise do lactato sanguíneo, comumente, outros parâmetros de intensidade [frequência cardíaca, consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e percepção subjetiva de esforço (PSE)] são coletados concomitantemente durante o teste incremental<sup>(2,3)</sup>. A PSE é um método não invasivo e prático para avaliação da intensidade de exercício aeróbio<sup>(3,4)</sup>, considerada uma ferramenta útil para prescrição da intensidade do exercício<sup>(3,4)</sup> e como variável confiável para a quantificação da fadiga durante teste de exercício graduado<sup>(5)</sup>. Entretanto, há críticas referentes à sua confiabilidade durante teste de exercício incremental em esteira<sup>(6)</sup>.

Confrontando protocolos de avaliação e metodologias que utilizam a análise do lactato sanguíneo no esforço físico, existe um consenso de que a metodologia mais confiável para determinar a intensidade do limiar anaeróbio é a estimativa da máxima fase estável de lactato (MFEL)<sup>(7,8)</sup>. Esse protocolo requer testes contínuos de aproximadamente 30 minutos, realizados em dias diferentes, o que torna difícil sua aplicabilidade em laboratório e no campo. Neste último, há mais dificuldades por conta da ausência ou limitação de controle da temperatura e umidade, da velocidade de movimento, da manipulação de materiais para coletas de sangue e da comunicação com os atletas, especialmente quando os procedimentos são realizados na piscina.

Para tentar minimizar os problemas apresentados e melhorar a aplicabilidade dos testes, pesquisadores têm desenvolvido protocolos alternativos, ressaltando a utilização do modelo da velocidade crítica (VC)<sup>(9,10)</sup>, a determinação do limiar anaeróbio por meio de concentração fixa de lactato no sangue (OBLA)<sup>(11,12)</sup> e análise do comportamento mecânico do nado (frequência e amplitude de braçadas), aliado a variáveis fisiológicas<sup>(13-15)</sup>. Costill *et al.*<sup>(16)</sup> apresentaram o conceito do índice de braçada (IB) como bom preditor do consumo máximo de oxigênio em nadadores treinados. Dekerle *et al.*<sup>(9)</sup>, baseados no conceito da VC, utilizaram a relação entre frequência de braçadas (FB) e tempo, e desenvolveram o termo frequência crítica de braçada (FCb), representando uma frequência de braçada na qual o nadador poderia nadar por um longo período de tempo sem exaustão. Em estudo recente, Papoti *et al.*<sup>(14)</sup> conseguiram determinar a força e a FB em intensidade máxima e

no limiar anaeróbio utilizando sistema de aquisição de dados durante esforços em nado atado.

A resposta da PSE também foi observada empregando a escala de Borg 6–20, com aumento linear de acordo com a potência, frequência cardíaca (FC) e  $\dot{V}O_2$  em teste incremental<sup>(17)</sup>. Outros pesquisadores têm demonstrado que a PSE pode ser utilizada para estimar o limiar de lactato (LL)<sup>(18,19)</sup> e que não é afetada pelo gênero<sup>(20,21)</sup>, estágio de treinamento<sup>(22,23)</sup> e modalidade de exercício<sup>(18)</sup>. Assim, a PSE foi proposta como sendo uma mensuração válida para a determinação da intensidade do exercício<sup>(4,21,24,25)</sup> e uma ferramenta útil na prescrição do treinamento<sup>(21)</sup>.

Em piscinas, é difícil o controle preciso da velocidade dos estágios durante um teste incremental, da forma como é possível no *swimming flume*. Os protocolos incrementais alternativos para análise das respostas lactacidêmicas requerem arranjo de luz no fundo da piscina ou que um avaliador percorra a borda para manutenção das velocidades estabelecidas.

Considerando relatos de aumentos linearmente relacionados entre a velocidade de nado, parâmetros fisiológicos em natação e PSE<sup>(26)</sup>, o emprego desta última ao invés do controle da velocidade poderia simplificar a avaliação do limiar anaeróbio (LAN) e índices associados durante testes incrementais.

Quase a totalidade dos estudos que relacionam as variáveis fisiológicas com a PSE determina previamente a intensidade de esforço dos estágios do teste incremental (velocidade, carga, etc.) para que em seguida os indivíduos fossem questionados e atribuídos os parâmetros de PSE de cada estágio. Entretanto, não encontramos relatos de estudos que utilizaram a PSE para estabelecer as intensidades dos estágios incrementais. Desse modo, nossos objetivos foram: (1) determinar a intensidade dos estágios do teste incremental utilizando a PSE e analisar a possibilidade de estimação de limiares metabólicos; (2) analisar a utilização da PSE no controle do incremento de velocidade durante os estágios, junto às respostas fisiológicas e mecânicas, durante o protocolo incremental; (3) observar as correlações entre a PSE, variáveis fisiológicas e mecânicas [frequência (FB) e amplitude (AB) de braçada]; e (4) verificar possíveis correlações entre os diferentes métodos de estimação dos limiares metabólicos.

## METODOLOGIA

### Sujeitos

Fizeram parte deste estudo 12 nadadores com idade entre 15 e 19 anos, treinados com frequência semanal de 5-6 sessões, volume diário entre 4.000-8.000m, treinamento regular a pelo menos 3,5 anos e participação em competições estaduais e nacionais. Na tabela 1 são apresentadas as medidas antropométricas e da composição corporal.

Previamente, os nadadores receberam informações sobre todos os procedimentos experimentais e eventuais riscos e, posteriormente, o termo de consentimento esclarecido foi apresentado e assinado pelos pais ou responsáveis. O protocolo e os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética Médica da Universidade do Oeste Paulista. Os avaliados estavam familiarizados com os procedimentos invasivos e não-invasivos utilizados, pois durante período prévio de treinamento já eram realizadas avaliações periódicas para determinar as intensidades de treinamento e oito atletas tinham participado de experimentos anteriores com os mesmos procedimentos. A escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) de 15 pontos (6–20) foi apresentada aos atletas juntamente com as instruções antes de todos os testes, de acordo com as recomendações de Borg<sup>(27)</sup>. Durante seis meses de treinamento o técnico utilizou a PSE de uma a duas vezes por semana para quantificar a sobrecarga de treinamento e os atletas realizaram testes incrementais com questionamentos sobre a PSE após cada estágio.

**TABELA 1**  
**Medidas antropométricas e composição corporal dos nadadores (n = 12)**

	Estatura (cm)	Massa corporal (kg)	Gordura corporal (%)
Média ± DP	178,7 ± 8,2	71,7 ± 8,8	7,4 ± 2,1
Amplitude (mín-máx)	166-194	55,8-88,5	4,2-10,3

### Procedimentos experimentais

Todas as avaliações foram realizadas em piscina olímpica de 50m com temperatura da água entre 27° e 28°C. O estilo de nado foi o *crawl*, com aquecimento realizado livremente e os testes no horário de treino dos atletas. Os voluntários foram orientados a evitar sessões extras de atividade física intensa, não ingerirem bebida etílica durante o período experimental e realizar as refeições pré-teste com duas horas de antecedência. Os nadadores foram submetidos a tiros máximos nas distâncias de 200 e 400m, realizados de forma aleatória com 24 horas de intervalo entre ambos, e a um teste incremental com estágios de 200m realizados 48 horas após o segundo tiro máximo.

### Velocidade crítica (VC) e frequência crítica de braçada (FCb)

Para determinação da VC foram registrados os tempos (T200 e T400) dos dois tiros máximos de 200 e 400m, os quais foram plotados em um modelo de regressão linear entre tempo-distância, resultando numa reta cuja inclinação foi considerada como a VC individual<sup>(10)</sup>.

Antes de proceder aos esforços máximos, foi demarcada uma faixa central na piscina, medindo 20 metros de distância, com o objetivo de isolar os impulsos das viradas. Com o auxílio de cronômetros digitais (*Casio*<sup>®</sup>) foram registrados as parciais de 50m (T50), os tempos das parciais de 20m (T20) e o tempo de quatro ciclos de braçada (T4c), sendo utilizados posteriormente para o cálculo da amplitude (AB) e frequência de braçada (FB). A partir do modelo de regressão linear entre FB (ciclos.min<sup>-1</sup>) e distância, determinou-se a frequência crítica de braçada (FCb)<sup>(9)</sup>, enquanto a AB foi determinada pela divisão da velocidade pela FB.

A frequência cardíaca foi monitorada com freqüencímetros *Polar modelo S810* (Polar Electro Oy, Finlândia). No final de cada tiro os voluntários visualizaram a escala de Borg (PSE) para obtenção da percepção subjetiva de esforço real (PSEr).

### Teste incremental

O protocolo incremental constou de cinco tiros de 200m, com pausas de 90 segundos para as coletas sanguíneas. A intensidade inicial e os incrementos de intensidade foram determinados com visualização prévia da escala 6–20<sup>(27)</sup> de PSE. Assim, a intensidade subjetiva de início do teste foi denominada de PSE prescrita (PSEp) para cada um dos tiros: 9 (muito leve), 11 (leve), 13 (pouco intenso), 15 (intenso-pesado) e 17 (muito intenso). Foram registrados T200, T50, T20, T4c, FC e PSEr, os quais foram utilizados posteriormente para o cálculo da velocidade de cada tiro (V), da FB e AB. Após cada um dos estágios, foram coletadas, em capilares heparinizados, amostras de sangue arterial do lóbulo da orelha, as quais foram transferidas imediatamente para tubos Eppendorff de 1,5mL contendo 50µl de solução de NaF a 1% e armazenadas em gelo para posterior determinação da lactacidemia ([Lac]). A leitura foi realizada em aparelho eletroenzimático modelo *YSL 1500 Sport* (Yellow Springs Co., EUA).

### Determinação da velocidade do limiar lactato pelo método de inspeção visual (V<sub>LL</sub>)

Para a determinação da velocidade do limiar de lactato (V<sub>LL</sub>) foram plotados os dados individuais de velocidade de nado (m.s<sup>-1</sup>) e concentração de lactato ([Lac]) (mM). Analisando de forma visual

os pontos e a partir do aumento abrupto da lactacidemia em função ao aumento da intensidade de nado, foram obtidos dois conjuntos de pontos distintos. Assim, com a bissegmentação dos conjuntos de pontos foram determinadas duas retas por regressão linear e o ponto de intersecção dos dois segmentos foi obtido igualando-se as duas equações das retas ( $y_1 = y_2$ ). Dessa forma, foram encontrados os valores de x correspondentes ao ponto de inflexão, sendo estabelecidos os valores de velocidades do V<sub>LL</sub>.

### Determinação da velocidade do limiar anaeróbio pelo método da distância máxima (V<sub>Dmáx</sub>)

Para determinação do limiar anaeróbio pelo método da distância máxima (V<sub>Dmáx</sub>), as curvas lactato-velocidade sofreram correção polinomial de terceira ordem (*software Statistic 6.0*), traçou-se uma reta entre o primeiro ponto e o último e, com o auxílio de uma régua, analisou-se a distância perpendicular máxima entre a reta e a curva, sendo que a intersecção desse ponto na curva polinomial de terceira ordem originou a V<sub>Dmáx</sub> e a [Lac] correspondente<sup>(28)</sup>.

### Determinação da velocidade do limiar anaeróbio pelo método de concentração fixa 3,5mM (V<sub>3,5mM</sub>)

Para determinação da intensidade do limiar anaeróbio correspondente à concentração fixa de lactato 3,5mM (V<sub>3,5mM</sub>) foi utilizado o cálculo matemático de regressão linear com os resultados obtidos nos tiros do protocolo incremental, sendo que os valores de concentração de lactato acima e abaixo do valor de 3,5mM foram utilizados para interpolação dos resultados, junto com as suas respectivas velocidades<sup>(8)</sup>.

### PSEr, FB, AB e FC nos diferentes métodos de limiar

Os parâmetros de PSEr, FB e FC nas intensidades referentes a V<sub>Dmáx</sub>, VC, e V<sub>3,5mM</sub> foram determinados pelo modelo matemático de regressão linear utilizando os resultados obtidos nos tiros do protocolo incremental para cada sujeito individualmente por meio de interpolação.

### Análise estatística

A significância das diferenças entre as intensidades obtidas com os diferentes protocolos foi determinada por meio de análise de variância (ANOVA *one way*). O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para estabelecer as correlações entre as variáveis e o coeficiente de correlação intraclasse foi utilizado para testar a concordância entre a PSEp e PSEr. Foi adotado nível de significância de  $P < 0,05$  e utilizado o *software Statistic 6.0* (Statsoft).

## RESULTADOS

Nas tabelas 2 e 3 são apresentadas as velocidades e as frequências de braçada obtidas com os métodos invasivo e não-invasivo. Pode-se observar que apenas a FB<sub>3,5</sub> de 26,71 ± 3,27 ciclos.min<sup>-1</sup> e FB<sub>v400</sub> de 35,11 ± 4,21 ciclos.min<sup>-1</sup> foram significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) da frequência crítica de braçada (FCb) de 30,82 ± 3,91 ciclos.min<sup>-1</sup> (dado não apresentado na tabela 3).

**TABELA 2**

**Comparação entre as médias das velocidades de desempenho de 400 metros (V<sub>400</sub>), velocidade crítica (VC), velocidade limiar anaeróbio pelo método Dmáx (V<sub>Dmáx</sub>), velocidade limiar de lactato pelo método de inspeção visual (V<sub>LL</sub>) e velocidade limiar anaeróbio pelo método de concentração fixa 3,5mM (V<sub>3,5mM</sub>)**

Velocidade (m.seg <sup>-1</sup> )	V <sub>400m</sub> (n = 12)	VC (n = 12)	V <sub>Dmáx</sub> (n = 9)	V <sub>LL</sub> (n = 9)	V <sub>3,5mM</sub> (n = 12)
Média ± DP	1,37 ± 0,05*	1,28 ± 0,05	1,31 ± 0,07	1,30 ± 0,09	1,22 ± 0,06†
Amplitude (mín-máx)	1,28-1,44	1,20-1,34	1,19-1,44	1,10-1,41	1,13-1,29

\* † Diferenças significativas entre as demais velocidades estudadas  $P < 0,05$ .

**TABELA 3**

Comparação entre as médias da frequência de braçadas (FB) na velocidade de 400 metros (FB<sub>v400</sub>), na velocidade crítica (FB<sub>vc</sub>), na velocidade limiar anaeróbio pelo método Dmáx (FB<sub>VDmáx</sub>), na velocidade limiar de lactato pelo método de inspeção visual (FB<sub>LL</sub>) e na velocidade limiar anaeróbio pelo método de concentração fixa 3,5mM (FB<sub>3,5mM</sub>)

FB (ciclo.min <sup>-1</sup> )	FB <sub>v400</sub>	FB <sub>vc</sub>	FB <sub>VDmáx</sub>	FB <sub>LL</sub>	FB <sub>3,5mM</sub>
Média ± DP	35,11 ± 4,21*	28,57 ± 3,91	31,04 ± 4,36	30,55 ± 4,83	26,71 ± 3,27†
Amplitude (mín-máx)	27,25-43,32	23,08-35,36	26,15-39,82	23,43-40,30	21,43-31,86

\* † Diferenças significativas entre as demais FB estudadas P < 0,05.

Na tabela 4 são apresentadas as correlações entre as intensidades dos diferentes protocolos e com o desempenho na distância de 400 metros (V<sub>400</sub>).

**TABELA 4**

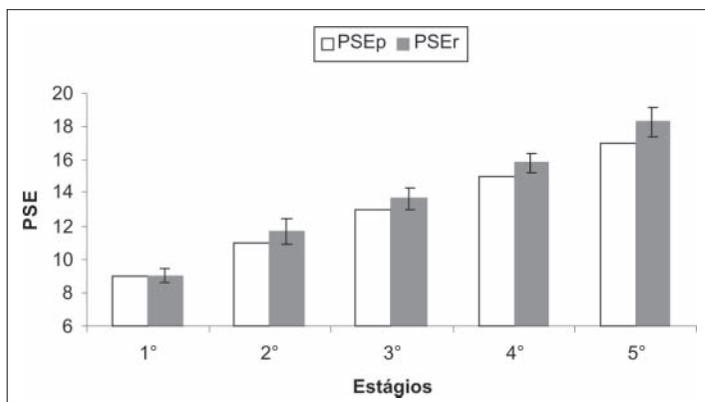
Correlações entre as velocidades de desempenho de 400 metros (V<sub>400</sub>), velocidade crítica (VC), velocidade limiar anaeróbio pelo método Dmáx (V<sub>Dmáx</sub>), velocidade limiar de lactato pelo método de inspeção visual (V<sub>LL</sub>) e velocidade limiar anaeróbio pelo método de concentração fixa 3,5mM (V<sub>3,5mM</sub>)

	V <sub>400</sub>		VC		V <sub>Dmáx</sub>		V <sub>LL</sub>	
	r	n	r	n	r	n	r	n
VC	0,89*	12	-	-	-	-	-	-
V <sub>Dmáx</sub>	0,61*	9	0,69*	9	-	-	-	-
V <sub>LL</sub>	0,47	9	0,58	9	0,92*	9	-	-
V <sub>3,5mM</sub>	0,84*	12	0,80*	12	0,42	9	0,43	9

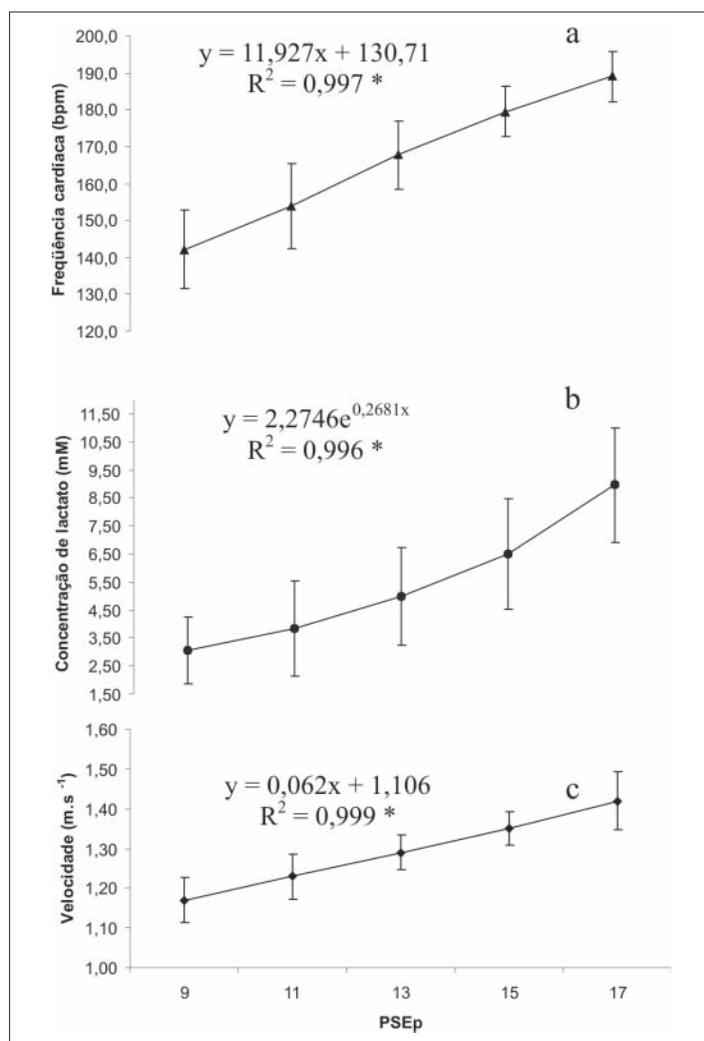
\* Correlações significativas P < 0,05.

As correlações individuais entre PSEp e as variáveis determinadas durante o teste incremental, velocidade (V), concentração de lactato ([Lac]), frequência cardíaca (FC), amplitude de braçada (AB) e frequência de braçada (FB) variaram entre r = 0,95-0,99; r = 0,84-1,00; r = 0,94-1,00; r = -0,78-1,00; r = 0,90-0,99; respectivamente. Correlações individuais significantes também foram encontradas entre a FB e as variáveis determinadas durante o teste incremental (V, [Lac], AB, e FC) e variaram entre r = 0,92-0,99; r = 0,91-1,00; r = -0,88- -1,00; r = 0,91-1,00; respectivamente.

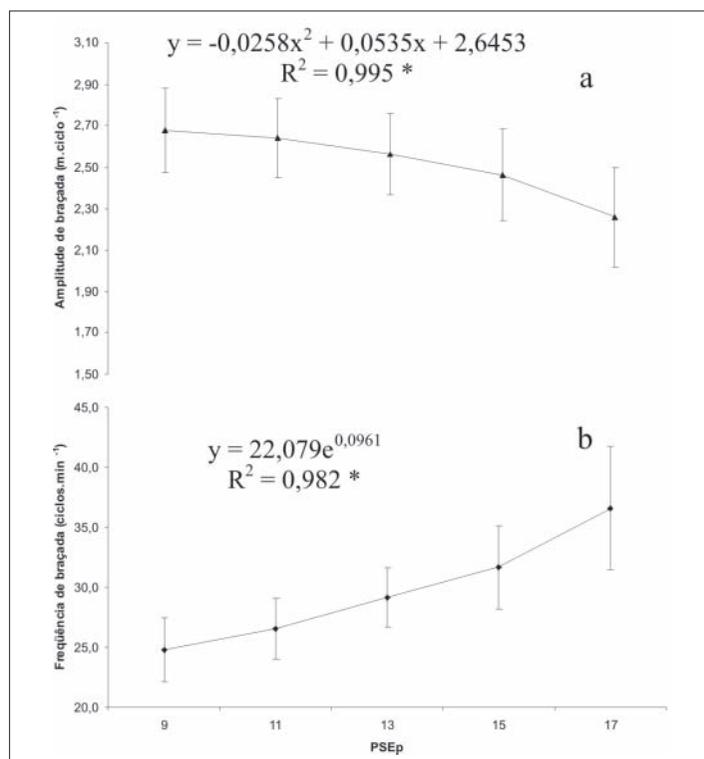
A figura 1 mostra que não houve diferença significativa entre a percepção subjetiva de esforço prescrita (PSEp) e a real (PSEr) durante os esforços do teste incremental. Além disso, o coeficiente de correlação intraclasse (95% de intervalo de confiança - IC) apresentou elevados resultados para análise de concordância (R = 0,972; IC = 0,84-0,99; P < 0,0001). Esses resultados revelam excelente concordância entre PSEp e PSEr.



**Figura 1** – Comparação entre percepção subjetiva de esforço prescrita (PSEp) e real (PSEr) nos estágios do teste incremental. As diferenças em cada estágio não foram significativas.



**Figura 2** – Coeficiente de determinação entre PSEp e (a) frequência cardíaca, (b) concentração de lactato e (c) velocidade dos tiros. \* P < 0,05.



**Figura 3** – Coeficiente de determinação entre PSEp e (a) amplitude de braçada e (b) frequência de braçada. \* P < 0,05.

A figura 2 mostra os coeficientes de determinação entre a PSEp e as variáveis de frequência cardíaca, concentração de lactato e velocidade.

A figura 3 mostra os coeficientes de determinação entre a PSEp e as variáveis mecânicas amplitude e frequência de braçada, durante o teste incremental.

## DISCUSSÃO

### Controle da velocidade durante o teste incremental

A velocidade dos estágios durante o teste incremental aumentou linearmente com a PSEp (figura 2c) e as correlações individuais variaram entre  $r = 0,95$  e  $0,99$ . Isso demonstra que a determinação das intensidades subjetivas utilizando a PSE é confiável para estabelecer parâmetros de velocidades adequados durante o teste incremental. Entretanto, não foi encontrada referência que suportasse a metodologia apresentada no nosso estudo, já que a maioria das pesquisas utiliza testes laboratoriais e/ou outras modalidades esportivas, e determinam as intensidades (velocidade na esteira e carga no cicloergômetro) para obtenção dos dados fisiológicos e da PSE, o que limita nossas comparações.

Semelhantemente ao nosso estudo, Ueda e Kurokawa<sup>(26)</sup> avaliaram seis homens e quatro mulheres no *swimming flume*, analisaram as correlações entre variáveis fisiológicas ( $\dot{V}O_2$ , FC, [Lac]) com a PSE durante teste incremental, e observaram aumento linear entre a intensidade (arrasto) e PSE ( $r = 0,991$  para homens e  $r = 0,998$  para mulheres). Kang *et al.*<sup>(21)</sup> verificaram, durante o teste incremental de corrida e ciclismo, aumento linear entre a PSE e as intensidades dos ergômetros. Concordando com o estudo anterior, mas utilizando uma nova escala de percepção de esforço (OMNI), Robertson *et al.*<sup>(29)</sup> e Utter *et al.*<sup>(30)</sup> encontraram correlações positivas entre a carga e a PSE de esforço durante exercício incremental em esteira e cicloergômetro. Visando validar a escala de percepção de esforço OMNI para homens e mulheres adultos, Utter *et al.*<sup>(25)</sup> avaliaram 67 indivíduos (33 homens e 34 mulheres) em teste incremental em esteira e relataram aumento linear significativo ( $P < 0,01$ ) entre OMNI e escala de Borg 6–20 com o percentual do consumo máximo de oxigênio ( $\% \dot{V}O_{2max}$ ) para homens ( $R^2 = 0,74$  e  $0,77$ ) e mulheres ( $R^2 = 0,72$  e  $0,73$ , respectivamente), e entre as escalas OMNI e PSE ( $R^2 = 0,92$ ) para ambos os sexos. Garcin e Billat<sup>(2)</sup> obtiveram alta correlação entre velocidade do  $\dot{V}O_{2max}$  ( $v\dot{V}O_{2max}$ ) com a PSE ( $r = 0,91$ ) em 12 corredores bem treinados durante teste incremental em pista de 400 metros.

Em outro estudo interessante, Marriott e Lamb<sup>(31)</sup> realizaram em nove remadores do sexo masculino dois testes em ergômetro de remo. O primeiro teste incremental (teste de estimacão) foi realizado para obter os dados de PSE, FC e a potência média de cada estágio realizado até a exaustão voluntária. O segundo teste (teste de produção) foi realizado com intensidades utilizando a PSE escala de 6–20 em ordem irregular (15, 11, 17, 13 e 19). Os resultados demonstraram coeficientes de correlações entre PSE e potência média (watts) nos testes de estimacão e produção ( $r = 0,96$  e  $r = 0,87$ , respectivamente,  $P < 0,01$ ). A menor correlação obtida no teste de produção, possivelmente, foi devida às intensidades estabelecidas pela PSE de forma irregular. Num estudo semelhante, Eston *et al.*<sup>(32)</sup> realizaram teste em esteira com 16 homens e 12 mulheres saudáveis, encontrando no teste de exercício graduado (estimacão) coeficiente de correlação significante entre  $\% \dot{V}O_{2max}$  e PSE ( $r = 0,91$  para homens e  $r = 0,87$  para mulheres), e no teste de produção (com nível de PSE de 9, 13 e 17) com coeficientes de correlação entre  $\% \dot{V}O_{2max}$  e PSE de  $r = 0,93$  para homens e  $r = 0,89$  para mulheres. Esses resultados corroboram os de nosso estudo, que apresentou correlações individuais de  $r = 0,95$  a  $0,99$  entre a PSEp e velocidade ( $m \cdot s^{-1}$ ) durante o teste incremental.

### Determinação de limiares metabólicos

O protocolo incremental utilizando a PSEp possibilitou a estimacão de limiares metabólicos, bem como a análise do coeficien-

te de correlação entre os métodos utilizados (tabelas 2 e 3). Foram encontradas correlações significativas entre  $V_{3,5mM}$  e  $VC$ ,  $V_{Dmax}$  e  $V_{LL}$ , e entre  $V_{Dmax}$  e  $VC$  ( $r = 0,80$ ;  $r = 0,92$  e  $r = 0,69$ ; respectivamente,  $P < 0,05$ ). Em três atletas não foi possível identificar os limiares metabólicos em função da disposição atípica dos pontos da curva lactato-velocidade utilizada para a estimacão da  $V_{LL}$  e  $V_{Dmax}$ , por meio de inspeção visual após ajustes polinomiais das curvas. Por outro lado, a  $V_{3,5mM}$  foi obtida por meio de regressão linear para todos os sujeitos; por isso, a não estimacão dos limiares  $V_{LL}$  e  $V_{Dmax}$  para os três sujeitos não foi devida ao protocolo proposto, mas sim aos dados obtidos.

### Comportamento das variáveis fisiológicas durante o teste incremental

A frequência cardíaca (FC) respondeu linearmente com o aumento da PSEp ( $R^2 = 0,999$ ; figura 2a) durante o teste incremental, e as correlações individuais variaram entre  $r = 0,94$  e  $1,00$ . Dados semelhantes foram apresentados por Ueda e Kurokawa<sup>(26)</sup>, que encontraram correlação significativa entre arrasto (N) e FC;  $\dot{V}O_2$  e FC; PSE e FC para homens ( $r = 0,99$ ;  $0,99$  e  $0,99$ ) e mulheres ( $r = 0,99$ ;  $0,99$  e  $0,99$ ; respectivamente). No estudo de Marriott e Lamb<sup>(31)</sup>, o coeficiente de correlação no teste de estimacão da PSE (teste incremental) foi de  $r = 0,95$  e no teste irregular de produção (utilizando a PSE para a determinação da intensidade) foi de  $r = 0,75$ .

Demura e Nagasawa<sup>(33)</sup> avaliaram 10 estudantes saudáveis em cicloergômetro e analisaram as respostas fisiológicas juntamente com os parâmetros de PSE durante teste incremental até a exaustão e numa recuperação ativa de 25 minutos. Os resultados apontaram correlações significativas entre FC e PSE durante o teste ( $r = 0,99$ ) e na recuperação ( $r = 0,97$ ).

Outros estudos demonstram correlações significativas entre a PSE e demanda metabólica mensurada por meio do consumo de oxigênio e FC<sup>(17,34)</sup>; entretanto, a FC pode ser influenciada diretamente por muitos fatores, dentre os quais podemos destacar medicamentos, dificuldade de mensuração<sup>(35)</sup>, influência de temperatura ambiente<sup>(36)</sup> e o menor número de batimentos na água em comparação com o ambiente terrestre<sup>(37)</sup>. Tais fatores podem gerar imprecisões no controle da intensidade durante o exercício.

A concentração de lactato é considerada como o fator local mais sensível do estresse metabólico<sup>(19)</sup> e que reflete o aumento da PSE no decorrer do exercício<sup>(22,24)</sup>. Em acordo com outros estudos<sup>(26,38)</sup>, observamos que a resposta lactacidêmica durante o teste incremental correlacionou-se com a PSEp ( $r = 0,84$ – $1,00$  e  $r^2 = 0,996$ ;  $P < 0,05$ , figura 2b). Entretanto, mesmo diante das correlações significativas, devemos ressaltar que a PSE é influenciada por parâmetros centrais (consumo de oxigênio, ventilação e FC) e locais (concentração de lactato). Sendo assim, as melhores correlações entre lactato e PSE são encontradas durante testes incrementais<sup>(26,38)</sup>. Em recente estudo, Green *et al.*<sup>(3)</sup> não encontraram correlação entre lactato e PSE durante teste com carga constante com duração de 60 minutos em cicloergômetro. Os pesquisadores avaliaram sujeitos fisicamente ativos de ambos os sexos e os resultados apontaram diminuição da lactacidemia e aumento da PSE, comprovando que existe uma dissociação entre lactato e PSE, e que outros fatores contribuem de maneira significativa para o aumento da PSE em testes contínuos com carga constante.

Mercer<sup>(38)</sup> realizou um estudo para analisar a reprodutibilidade da PSE relacionada com o lactato sanguíneo em 14 mulheres divididas em dois grupos de acordo com a aptidão física ( $\dot{V}O_{2max}$  alto e  $\dot{V}O_{2max}$  moderado). Foi determinada a relação da PSE com o limiar de lactato ( $PSE_{LL}$ ), a concentração fixa de lactato de 2mM ( $PSE_2$ ), 2,5mM ( $PSE_{2,5}$ ) e 4mM ( $PSE_4$ ), e encontrou-se coeficiente de correlação intraclasse para o grupo com  $\dot{V}O_{2max}$  alto de  $r = 0,97$ ;  $r = 0,97$ ;  $r = 0,97$  e  $r = 0,72$ , e para o grupo com  $\dot{V}O_{2max}$  moderado de  $r = 0,83$ ;  $r = 0,96$ ;  $r = 0,96$  e  $r = 0,90$ , respectivamente. Não se encontraram diferenças significativas entre os grupos em relação a  $PSE_{LL}$ ,  $PSE_2$ ,  $PSE_{2,5}$  e  $PSE_4$ .

Em outro estudo, Kolkhorst *et al.*<sup>(39)</sup> avaliaram 10 sujeitos durante teste incremental em esteira para analisar o efeito de diferentes inclinações (+5%, 0% e -5%) na resposta da PSE relacionada às concentrações fixas de lactato de 2mM e 4mM. A menor PSE foi relacionada à concentração fixa de lactato 2mM durante o teste incremental com inclinação +5% em comparação com as inclinações de 0% e -5% ( $P < 0,05$ ). Por outro lado, a PSE relacionada à concentração fixa de lactato 4mM não foi diferente entre os testes incrementais com inclinações de +5%, 0% e -5%. Os autores relatam que não houve diferenças significativas entre consumo de oxigênio relativo e o coeficiente respiratório (RQ) nas três diferentes inclinações relacionadas com as concentrações de 2mM e 4mM. Por outro lado, a FC relacionada a 2mM no teste incremental com inclinação de -5% foi significativamente maior que 0% e +5% ( $P < 0,05$ ), bem como a velocidade da esteira relacionada com concentração fixa de lactato 2mM e 4mM foi menor durante o teste com +5% em comparação com as demais inclinações ( $P < 0,05$ ). Esses resultados evidenciam uma possível correlação entre a PSE, FC e velocidade da esteira, porém os autores não realizaram correlações entre esta variáveis, o que limita a comparação com os nossos resultados.

### Comportamento das variáveis mecânicas durante o teste incremental

Neste estudo foram encontradas correlações individuais significativas entre a FB e as variáveis velocidade (V), concentração de lactato ([Lac]), amplitude de braçada (AB) e frequência cardíaca (FC), que variaram entre  $r = 0,92-0,99$ ;  $r = 0,91-1,00$ ;  $r = -0,88-1,00$ ;  $r = 0,91-1,00$ ; respectivamente. Durante o teste incremental, o aumento entre a PSEp e a FB foi exponencial e o coeficiente de determinação significativo ( $R^2 = 0,98$ ) (figura 3b). No estudo de Wakayoshi *et al.*<sup>(15)</sup> realizado com 10 nadadores bem treinados no *swimming flume*, foram encontradas correlações lineares significativas entre velocidade cúbica e FB de  $r = 0,89$  ( $P < 0,05$ ) a  $r = 0,99$  ( $P < 0,01$ ) durante o teste de economia de nado, que utilizou cinco ou seis intensidades submáximas. A FCb calculada utilizando as distâncias de 200 e 400 metros não foi significativamente diferente da FB determinada em teste de 30 minutos contínuo (FB<sub>30</sub>), porém houve correlação significativa ( $r = 0,86$ ;  $P < 0,01$ ) entre as duas frequências. Os autores concluem que a FCb superestimou em 3,9% a FB<sub>30</sub> e que os índices VC e a FCb podem ser utilizados para o controle da carga de treinamento aeróbio e a técnica de nado.

Dekerle *et al.*<sup>(9)</sup> e Wakayoshi *et al.*<sup>(40)</sup> definem a FCb como uma frequência de braçada que pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão. Em uma avaliação dos oito nadadores bem treinados do sexo masculino, Dekerle *et al.*<sup>(9)</sup> observaram que o  $\dot{V}O_2$  e a FB não se alteram em intensidades sublimiáres de 30% a 60% da velocidade do  $\dot{V}O_{2max}$ . Em contrapartida, encontraram aumentos significativos no  $\dot{V}O_2$  e FB em intensidades supralimiáres de 80% e 100% da velocidade  $\dot{V}O_{2max}$ . Assim, demonstraram que a intensidade anaeróbia ressalta um prejuízo da técnica de nado para manutenção da velocidade requerida. Portanto, tal intensidade seria inviável para o treinamento da técnica de nado com o objetivo de melhorar a eficiência mecânica. Concluíram que a intensidade ou FB apropriada para a melhora da técnica de nado deve ser sublimiar anaeróbio ou FCb.

Os resultados apresentados na figura 3b mostram coeficiente de determinação significativo entre AB e PSEp ( $R^2 = 0,995$ ), e correlações individuais negativas variando entre  $r = -0,88$  e  $-1,00$  para a FB e AB. Keskinen *et al.*<sup>(41)</sup> não encontraram diferenças significativas entre a FB determinada em piscina de 25 e 50 metros, porém a AB foi significativamente maior na piscina de 25 metros, com diferenças variando de 1,8% até 8,2% durante os tiros progressivos de 200 metros. A FB no limiar aeróbio e anaeróbio determinado em ambos os comprimentos das piscinas também não apresentou diferença significativa. Um ponto questionável no es-

tudo é que os autores utilizam a velocidade obtida nos tiros progressivos e fazem uma relação com FB e AB. A velocidade na piscina de 25 metros foi ligeiramente maior em comparação com a de 50 metros, o que pode ser devido ao maior número de viradas, e que parece ter proporcionado o resultado superestimando da AB na piscina de 25 metros.

Um dos poucos estudos longitudinais de análise de parâmetros mecânicos do nado foi realizado por Wakayoshi *et al.*<sup>(42)</sup>. Foi observado o efeito do treinamento aeróbio durante seis meses nas variáveis de velocidade (V), FB, AB e [Lac] em oito nadadores. Os testes pré e pós-treinamento consistiram de um tiro máximo de 400 metros ( $V_{max}$ ) e três tiros submáximos nas velocidades de 85%, 90% e 95% da  $V_{max}$  obtida no primeiro tiro de 400 metros. Observou-se aumento significativo na velocidade do limiar (VOBLA) e velocidade máxima ( $V_{max}$ ) entre o pré e pós-treinamento ( $P < 0,05$ ). O aumento da V85%, V90% e V95% pós-treinamento foi atribuído ao aumento da FB e diminuição da AB. Entretanto, a Vmax aumentou perante um aumento na AB, sendo mais visível o aumento da AB nos últimos 150 metros finais (6ª, 7ª e 8ª estágio de 50 metros). Como esperado, a [Lac] na Vmax foi significativamente menor no pós em comparação com o pré-treinamento.

### CONCLUSÃO

Concluimos que a PSE é um parâmetro confiável no controle da intensidade do exercício durante teste incremental em natação, sem a necessidade do controle da velocidade durante cada estágio do teste em piscina. Além disso, o teste também possibilitou a estimativa dos limiares metabólicos utilizados no estudo. Temos que destacar que os atletas foram familiarizados com a PSE durante um período de seis meses, o que parece ter contribuído para o bom controle da intensidade utilizando a PSE. Contudo, o número de estudos utilizando a determinação da intensidade e estabelecendo incrementos com a PSE durante o teste incremental é escasso, sendo necessárias mais pesquisas para obtenção de dados que possam confirmar a proposta estabelecida. Dessa forma, a metodologia de determinação da intensidade pela PSE nos testes incrementais poderá ser aplicada em atletas com diferentes níveis de conhecimento prévio da escala 6–20 e com diferentes patamares de aptidão física. Faz-se ainda necessária a realização de um teste de confiabilidade e reprodutibilidade para comprovar a eficiência do modelo proposto.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

### REFERÊNCIAS

1. Weltman A. The blood lactate response to exercise. Champaign: Human Kinetics Pub., 1995.
2. Garcin M, Billat V. Perceived exertion scales attest to both intensity and exercise duration. *Percept Mot Skills* 2001;93:661-71.
3. Green JM, McLester JR, Crews TR, Wickwire PJ, Pritchett RC, Redden A. RPE-lactate dissociation during extended cycling. *Eur J Appl Physiol* 2005;94:145-50.
4. Engbretson B, Fillinger M, Genson C, Lynch M, Redington M, Shewchuk J. Can the Borg RPE scale be used to prescribe resistance exercise intensity? *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:S4.
5. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed, 2000.
6. Lamb KL, Eston RG, Corns D. Reliability of ratings of perceived exertion during progressive treadmill exercise. *Br J Sports Med* 1999;33:336-9.
7. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:95-9.
8. Heck H, et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
9. Dekerle J, Sidney M, Hespel JM, Pelayo P. 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.

10. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y, Miyashita M. A simple method for determination critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1992;13:367-71.
11. Mader A. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed* 1976;27:80-8.
12. Sjödin B, Jacobs I, Svendsen J. Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1982;49:45-57.
13. Keskinen KL, Komi PV. Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *J Appl Biomech* 1993;9:219-26.
14. Papoti M, Cunha AS, Martins LEB, Zagatto AM, Freitas Júnior PB, Gobatto CA. Determinação da força e frequência de braçada em nado atado utilizando sistema de aquisição de dados. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Biomecânica*, 2005.
15. Wakayoshi K, D'Acquisto LJ, Cappaert JM, Troup JP. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1995;16:19-23.
16. Costill DL, Kovaleski J, Porter D, Kirwan J, Fielding R, King D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int J Sports Med* 1985;6:266-70.
17. Garcin M, Vandewalle H, Monod H. A new rating scale of perceived exertion based on subjective estimation of exhaustion time: a preliminary study. *Int J Sports Med* 1999;20:40-3.
18. Hetzler RK, Seip RL, Boutcher SH, Pierce E, Snead D, Weltman A. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:88-92.
19. Steed J, Gaesser GA, Weltman A. Rating of perceived exertion and blood lactate concentration during submaximal running. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26: 797-803.
20. Demello JJ, Cureton KJ, Boineau RE, Singh MM. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19:354-62.
21. Kang J, Holffman JR, Walker H, Chaloupka EC, Utter AC. Regulating intensity using perceived exertion during extended exercise periods. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:475-82.
22. Held T, Marti B. Substantial influence of level of endurance capacity on the association of perceived exertion with blood lactate accumulation. *Int J Sports Med* 1999;20:34-9.
23. Seip RL, Snead D, Pierce EF, Stein P, Weltman A. Perceptual responses and blood lactate concentration: effect of training state. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23:80-7.
24. Carton RL, Rhodes EC. A critical review of the literature on ratings scales for perceived exertion. *Sports Med* 1985;2:198-222.
25. Utter AC, Robertson RJ, Green JM, Suminski RR, McAnulty SR, Nieman DC. Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for walking/running exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1776-80.
26. Ueda T, Kurokawa T. Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. *Int J Sports Med* 1995;16:385-9.
27. Borg GAV. Escalas de Borg para a dor e esforço percebido. São Paulo: Manole, 2000.
28. Bishop D, Jenkins DG, McEniery M, Carey MF. Relationship between plasma lactate parameters and muscle characteristics in female cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1088-93.
29. Robertson RJ, Goss FL, Boer NF, Peoples JA, Foreman AJ, Dabayebeh IM, et al. Children's OMNI scale of perceived exertion: mixed gender and race validation. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:452-8.
30. Utter AC, Robertson RJ, Nieman DC, Kang J. Children's OMNI scale of perceived exertion: walking/running evaluation. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:139-44.
31. Marriott HE, Lamb KL. The use of ratings of perceived exertion for regulating exercise levels in rowing ergometry. *Eur J Appl Physiol* 1996;72: 267-71.
32. Eston RG, Davies BL, Williams JG. Use of perceived effort ratings to control exercise intensity in young healthy adults. *Eur J Appl Physiol* 1987;56:222-4.
33. Demura S, Nagasawa Y. Relations between perceptual and physiological response during incremental exercise followed by an extended bout of submaximal exercise on a cycle ergometer. *Percept Mot Skills* 2003;96:653-63.
34. Skinner JS, Hutsler R, Bergsteinova V, Buskirk ER. The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion. *Med Sci Sports* 1973;5:94-6.
35. Noble BJ, Robertson RJ. The role of RPE in graded exercise testing. In: Noble BJ, Robertson RJ, editors. *Perceived exertion*. Champaign: Human Kinetics Pub., 1996; 215-55.
36. McArdle WD, Magel JR, Lesmes GR, Pechar GS. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33 degrees C. *J Appl Physiol* 1976;40:85-90.
37. Kurokawa T, Nomura T, Togashi S, Ikegami H. Cardiorespiratory responses during swimming, running and bicycling in swimmers. *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 1984;33:157-70.
38. Mercer TH. Reproducibility of blood lactate-anchored ratings of perceived exertion. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:496-9.
39. Kolkhorst FW, Mittelstadt SW, Dolgener FA. Perceived exertion and blood lactate concentration during graded treadmill running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996;72:272-7.
40. Wakayoshi K, D'Acquisto J, Cappaert JM, Troup JP. Relationship between metabolic parameters and stroking technique characteristics in front crawl. In: Troup JP, Hollander AP, Strasse D, Trappe SW, Cappaert JM, Trappe TA, editors. *Biomechanics and medicine in swimming VII*. London: Chapman & Hall, 1996:152-8.
41. Keskinen KL, Keskinen OP, Mero A. Effects of pool length on biomechanical performance in front crawl swimming. In: Troup JP, Hollander AP, Strasse D, Trappe SW, Cappaert JM, Trappe TA, editors. *Biomechanics and medicine in swimming VII*. London: Chapman & Hall, 1996: 216-20.
42. Wakayoshi K, Yoshida T, Ikuta Y, Mutoh Y, Miyashita M. Adaptations to six months of aerobic swim training. Changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. *Int J Sports Med* 1993;14:368-72.