

**AVALIAÇÃO AERÓBIA DE NADADORES ATRAVÉS DE
PROTOCOLOS INVASIVOS E NÃO INVASIVOS EM DUAS
SITUAÇÕES DISTINTAS: NADO LIVRE E ATADO**

VANESSA SANTHIAGO

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Ciências da
Motricidade.

**Rio Claro
Estado de São Paulo
Março - 2009**

**AVALIAÇÃO AERÓBIA DE NADADORES ATRAVÉS DE
PROTOCOLOS INVASIVOS E NÃO INVASIVOS EM DUAS
SITUAÇÕES DISTINTAS: NADO LIVRE E ATADO**

VANESSA SANTHIAGO

Orientador: Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Ciências da
Motricidade.

**Rio Claro
Estado de São Paulo
Março - 2009**

Dedicatória

A minha mãe Eunice, ao meu pai Carlos (em memória), a minha avó Helena e a minha irmã Nathália por estarem ao meu lado incondicionalmente, por me apoiarem em todas as circunstâncias, proporcionando condições afetivas, emocionais e financeiras para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

É chegada novamente o final de mais uma etapa de estudos, aprendizados, conquistas e realizações. Após uma “maratona” é muito gratificante a sensação de cruzar a linha de chegada. É claro que essa conquista só pôde ser alcançada porque várias pessoas estiveram ao meu lado, me oferecendo ajuda, apoio, colo, carinho, consolo, afeto, compreensão e amizade. Infelizmente nem todas as pessoas que me cruzaram meu caminho nessa trajetória estarão citadas aqui, mas tentarei me lembrar de muitas delas...

Agradeço a DEUS pela sorte, oportunidade, saúde, força, coragem e proteção que jamais faltaram em minha vida.

Ao meu querido amigo e orientador Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto, por compartilhar seu conhecimento, pela sua competência, pela sua imensa calma e paciência, pela amizade e honestidade que compartilhamos durante todos esses anos, e, sobretudo, por jamais desistir de acreditar em mim. Sinto muito orgulho em dividir essa conquista com você!

A CAPES e a FUNDUNESP que tornaram viável a execução financeira desse estudo.

A minha mãe Eunice, que por um milagre Divino pode estar presente em mais essa etapa da minha vida, por ser uma mulher forte e corajosa que nem sempre passou a mão na minha cabeça, mas que sempre fez questão de ensinar o que era certo. Obrigada por todos os sacrifícios que tivemos que fazer ao longo desses anos para que esse sonho fosse realizado. Agradeço a DEUS por ter tido a honra de poder te “escolher”. Te amo incondicionalmente.

Ao meu pai Carlos (em memória) pelo privilégio de tê-lo “escolhido” e por ter a chance de ter convivido alguns anos com ele. Te amo!

A minha amada e querida irmã... a DINDA da minha vida, pessoa que faz os meus dias mais coloridos.... Obrigada por todo o amor, todo o apoio, toda a sua ajuda nesse estudo, você é também uma autora desse trabalho, pois participou integralmente da execução dele. Amo você para todo o sempre!

A minha vovó Helena, pela paciência, calma e serenidade. Essa vózinha que é igual aquelas de desenho sabe? Toda meiga e carinhosa... Obrigada por estar conosco, de casa nova agora!!!! Te amo muito...

Aos atletas que fizeram parte desse estudo, muito obrigada pela paciência, carinho e esforço de vocês!!!!

Ao técnico e amigo Marcelo Teixeira, pela oportunidade, pelo aprendizado e por toda ajuda!

A minha querida amiga Fúlvia, por toda ajuda, todo apoio, e por estar presente nos momentos mais difíceis dessa jornada. Obrigada amiga!!!

Ao meu querido amigo Adelino, que sempre esteve ao meu lado, me ajudou e ajuda sempre em todos os momentos.... obrigada pela amizade e carinho!

Ao amigo Luís Fernando, que participou de todo esse processo na minha vida, me ajudou, riu, bebeu, brincou e chorou comigo. Espero ter você sempre por perto!

Aos docentes, secretárias e alunos das Faculdades Integradas Stella Maris de Andradina, pela amizade e oportunidade oferecida!

Um agradecimento especial ao Prof. Antônio Roberto Fumagalli, coordenador do curso de Educação Física da FISMA, que sempre acreditou em mim e segurou várias barras com minha coletas... obrigada pela oportunidade!!!

Aos amigos que constituíram famílias ou que hoje moram longe, mas jamais serão esquecidos, Carla, Camila, Cynthia, Euler, Thiago, Débora, Carol, Dani.... enfim a todos vocês e outros não citados, muito obrigada pelas contribuições profissionais e pessoais!!!

Aos amigos do trabalho e laboratório, Papoti, Tam, Ivan, Gustavo, Cláudio Meirelles, Taísa, Adelino.... muito obrigada por toda ajuda e carinho.

As minhas amiguinhas do Boticário, que estiveram ao meu lado no final dessa etapa: Jú Borges, Renata, Kelly, Katrin, Vera, Bete, Júlia, Simone, Márcia e minha irmãzinha linda Nathália.... meu muito obrigada....

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desde estudo e para a construção deste sonho a vocês meu muito obrigada!

Vanessa

Este trabalho teve suporte financeiro

CAPES

Este trabalho teve suporte financeiro

FUNDUNESP

Processo 00408/07-DFP

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas	i
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	vii
Resumo	1
Abstract	2
Projeto de Pesquisa	
1. Introdução Geral.....	3
1.1. Objetivos	10
2. Materiais e Métodos	12
2.1. Participantes	12
2.2. Desenho Experimental.....	12
2.3. Protocolos.....	13
2.4. Aquecimento	20
2.5. Coleta de sangue	20
2.6. Análises sanguíneas	21
3. Análise Estatística.....	21
4. Resultados	23
Estudo 1.....	25
Estudo 2.....	50
Estudo 3.....	79
Estudo 4.....	107

5. Considerações finais.....	134
6. Conclusões Gerais... ..	142
7. Referências Bibliográficas da Tese.....	144

LISTA DE ABREVIATURAS

μl: Micro litro

CBDA: Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos

Ccrit: Carga crítica

CK: Creatina kinase

E₁: Esforço 1

E₂: Esforço 2

EPM: Erro padrão da média

F: Força

FAP: Federação Aquática Paulista

FC: Frequência cardíaca

FC1: Frequência cardíaca obtida ao final do primeiro esforço do método Chassain

FC2: Frequência cardíaca obtida ao final do segundo esforço do método Chassain

Fcrit: Força crítica

Fcrit-CH: Força crítica determinada pelo método Chassain (1986)

Fcrit_{re-teste}: Força crítica re-teste

Fcrit_{teste}: Força crítica teste

LAC: Lactato sanguíneo

LAC1: Concentração de lactato sanguíneo obtido ao final do primeiro esforço do método Chassain

LAC2: Concentração de lactato sanguíneo obtido ao final do segundo esforço do método Chassain

Lan: Limiar Anaeróbio

LL_{NA}: Limiar anaeróbio em nado atado

MFEL: Máxima fase estável de lactato

MFEL₂: Máxima fase estável de lactato determinada por meio de 2 coletas sanguíneas, aos 10 e 30 minutos de esforço

MFEL₆: Máxima fase estável de lactato determinada por meio de 6 coletas sanguíneas, aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço

MFEL-A: Máxima fase estável de lactato determinada em nado atado

MFEL-L: Máxima fase estável de lactato determinada em nado livre

na: Nado atado

Pcrit: Potência crítica

rpm: Rotações por minuto

s/100m: Segundos por 100 metros

TCA: Ácido tricloroacético

Tlim: Tempo limite

V200: Performance máxima de 200m

V400: Performance máxima de 400m

Vcrit_{ΔFC}: Velocidade crítica determinada por meio do delta frequência cardíaca

Vcrit_{ΔLAC}: Velocidade crítica determinada por meio do delta lactato sanguíneo

Vcrit-CH: Velocidade crítica determinada pelo método Chassain (1986)

Vcrit: Velocidade crítica

VO₂: Consumo de oxigênio

VO₂max: Consumo máximo de oxigênio

Δ: Delta

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Protocolo experimental adaptado de Manchado et al. (2006) para a determinação da velocidade crítica (V_{crit}) baseada no método Chassain (1986).

Figura 2. Representação esquemática da disposição dos cones na borla lateral da piscina que foram utilizados como referência no aumento das intensidades durante o teste máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (Papoti et al., 2005a).

ESTUDO 1

Figura 1.1 Média $\pm$ EPM da relação distância-tempo de 12 nadadores obtidos após esforços máximos de 200, 300, 400 e 500m para a determinação da Velocidade crítica (V_{crit}).

Figura 1.2 Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ EPM) *versus* tempo de esforço obtido por: A) protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo com coletas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de exercício (MFEL₆), e B) lactacidemia observada por meio do protocolo de máxima fase estável de lactato com coletas de sangue aos 10 e 30 minutos de exercício (MFEL₂). As intensidades de nado (s/100m) correspondentes a MFEL₆ foram $71,83 \pm 1,11$; $73,83 \pm 1,11$; $77,45 \pm 1,11$ e $81,55 \pm 0,80$. As intensidades correspondentes a MFEL₂ foram $74,61 \pm 0,97$; $76,33 \pm 0,97$; $78,83 \pm 0,90$ e $80,85 \pm 0,96$. * Indica a intensidade de nado (s/100m) na qual ocorreu estabilização das concentrações de lactato.

ESTUDO 2

Figura 2.1 Protocolo experimental adaptado de Manchado et al. (2006) e utilizado no presente estudo para a determinação da velocidade crítica (V_{crit}) baseada no método Chassain (1986).

Figura 2.2 Representação esquemática da disposição dos cones na borla lateral da piscina que foram utilizados como referência no aumento das intensidades durante o teste de força crítica (F_{crit}) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (Papoti et al., 2005).

Figura 2.3 Exemplo da determinação da velocidade crítica pelo método Chassain (1986) por meio das frequências cardíacas (ΔFC) obtidas nos momentos teste e re-teste (A), e por meio concentrações de lactato sanguíneo (ΔLAC) obtidas nos momentos teste e re-teste (B) de um único nadador utilizando o procedimento não exaustivo de duplos esforços. Cada ponto expresso graficamente representa o delta lactato ou frequência cardíaca obtido em intensidade equivalente. A V_{crit} estimada corresponde ao intercepto Y da regressão linear obtida.

Figura 2.4 Exemplo da determinação da força crítica pelo método Chassain (1986) por meio das frequências cardíacas (ΔFC) obtidas nos momentos teste e re-teste (A), e por meio concentrações de lactato sanguíneo (ΔLAC) obtidas nos momentos teste e re-teste (B) de um único nadador utilizando o procedimento não exaustivo de duplos esforços. Cada ponto expresso graficamente representa o delta lactato ou frequência cardíaca obtido em intensidade equivalente. A F_{crit} estimada corresponde ao intercepto Y da regressão linear obtida.

ESTUDO 3

Figura 3.1 Representação esquemática da disposição dos cones na borla lateral da piscina que foram utilizados como referência no aumento das intensidades durante o teste de força crítica (F_{crit}) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (Papoti et al., 2005a).

Figura 3.2 Determinação da intensidade (s/100m) correspondente à V_{crit} por meio da relação linear distância *versus* tempo obtida por um nadador, após esforços máximos de 200m, 300m, 400m e 500m (A); determinações da $F_{crit_{teste}}$ (B) e $F_{crit_{re-teste}}$ (C) por meio

da relação linear F versus $1/t_{lim}$ (s^{-1}) de um nadador, obtidas após esforços máximos nas intensidades de 90N, 100N, 110N e 120N.

Figura 3.3 Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ EPM) versus tempo de esforço obtido por meio do protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em nado livre (MFEL-L) (A) e; lactacidemia observada por meio do protocolo de máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (B). As intensidades de nado (s/100m) correspondentes a MFEL-L foram $71,83 \pm 1,11$; $73,83 \pm 1,11$; $77,45 \pm 1,11$ e $81,55 \pm 0,80$ para 110, 100, 90 e 80% da intensidade de V_{crit} , respectivamente. As intensidades de nado (N) correspondentes a MFEL-A foram $81,67 \pm 1,66$; $70,83 \pm 1,66$; $61,67 \pm 1,66$; e $51,67 \pm 1,66$ para 110, 100, 90 e 80% da intensidade da F_{crit} , respectivamente.

ESTUDO 4

Figura 4.1 Representação esquemática da disposição dos cones na borla lateral da piscina que foram utilizados como referencia para o nadador no protocolo de determinação da força crítica (F_{crit}) e da força crítica por meio de protocolo não exaustivo de duplos esforços ($V_{crit_{CH}}$) (Papoti et al., 2005).

Figura 4.2 Protocolo experimental adaptado de Manchado et al. (2006) e utilizado no presente estudo para a determinação da velocidade crítica ($V_{crit_{CH}}$) e força crítica ($F_{crit_{CH}}$) baseada no método Chassain (1986).

Figura 4.3 Valores de: A) Creatina quinase (U/L), B) Creatinina (mg/dL), e, C) Uréia (mg/dL) 24h após teste de velocidade crítica em nado livre (V_{crit}), força crítica em nado atado (F_{crit}), velocidade crítica obtida por meio do protocolo proposto por Chassain (1986) em nado livre ($V_{crit_{CH}}$), e, força crítica obtida por meio do protocolo proposto por Chassain (1986) em nado atado ($F_{crit_{CH}}$).

LISTA DE TABELAS

ESTUDO 1

Tabela 1.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (s/100m) correspondentes à velocidade crítica (V_{crit}) e máxima fase estável de lactato obtidas em dois protocolos distintos, com coletas sanguíneas a cada 5 minutos ($MFEL_6$) e com coletas no 10° e 30° minutos ($MFEL_2$).

Tabela 1.2 Valores médios $\pm$ EPM das concentrações de lactato sanguíneo (mmol/L) nos minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 obtidos durante a realização do protocolo de máxima fase estável de lactato com coletas sanguíneas a cada 5 minutos de esforço ($MFEL_6$), e, máxima fase estável de lactato no protocolo utilizando coletas sanguíneas no 10° e 30° minutos de teste ($MFEL_2$).

ESTUDO 2

Tabela 2.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (s/100m) correspondentes à velocidade crítica (V_{crit}) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca ($V_{crit_{\Delta FC}}$, bpm) dos nadadores, intensidades (s/100m) correspondentes à V_{crit} teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo ($V_{crit_{\Delta LAC}}$, mM) teste e re-teste, e intensidades (s/100m) correspondentes a máxima fase estável de lactato ($MFEL$) .

Tabela 2.2 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (N) correspondentes à máxima fase estável de lactato em nado atado ($MFEL-A$), intensidades (N) correspondentes a força crítica (F_{crit}) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca ($F_{crit_{\Delta FC}}$, bpm) dos nadadores, e intensidades (N) correspondentes à F_{crit} teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo ($F_{crit_{\Delta LAC}}$, mM).

Tabela 2.3 Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as intensidades (N) de exercício verificadas nos protocolos de máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A), força crítica (F_{crit}) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca ($F_{crit\Delta FC}$, bpm) dos nadadores, e, F_{crit} teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo ($F_{crit\Delta LAC}$, mM).

Tabela 2.4 Valores de lactato sanguíneo nos minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 obtidos durante a realização do protocolo de máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A).

Tabela 2.5 Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as intensidades (N) de exercício verificadas nos protocolos de máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L), atado (MFEL-A), velocidade crítica (V_{crit}) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca ($V_{crit\Delta FC}$, bpm), V_{crit} teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo ($V_{crit\Delta LAC}$, mM), força crítica (F_{crit}) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca ($F_{crit\Delta FC}$, bpm) dos nadadores, e, F_{crit} teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo ($F_{crit\Delta LAC}$, mM).

ESTUDO 3

Tabela 3.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) da intensidade (s/100m) correspondente à velocidade crítica (V_{crit}) e à máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L), e da intensidade (Newtons – N) correspondente à força crítica teste ($F_{crit_{teste}}$), força crítica re-teste ($F_{crit_{re-teste}}$), e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A).

Tabela 3.2 Valores de lactato sanguíneo nos minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 obtidos durante a realização do protocolo de máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A).

ESTUDO 4

Tabela 4.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (s/100m) correspondentes à velocidade crítica (V_{crit}) e velocidade crítica obtida por meio dos deltas (Δ) frequência cardíaca (FC) e lactato (LAC) em protocolo não exaustivo de duplos esforços ($V_{crit_{CH-\Delta FC}}$ e $V_{crit_{CH-\Delta LAC}}$), e das intensidades (Newton – N) correspondente à força crítica (F_{crit}) e força crítica obtida por meio dos deltas (Δ) frequência cardíaca (FC) e lactato (LAC) em protocolo não exaustivo de duplos esforços ($F_{crit_{CH-\Delta FC}}$ e $F_{crit_{CH-\Delta LAC}}$).

Tabela 4.2 Correlações significativas verificadas entre os parâmetros sorológicos analisados nesse estudo.

RESUMO

Considerando a necessidade de avaliar a capacidade aeróbia de nadadores e assim prescrever as intensidades adequadas de treino durante ciclos de treinamento, vários estudos foram desenvolvidos com diferentes protocolos a fim de identificar instrumentos de aplicabilidade prática capazes de avaliar e quantificar a capacidade aeróbia. Entretanto, ainda existem controvérsias a respeito dos modelos invasivos e não invasivos e exaustivos e não exaustivos que representem de forma mais fidedigna a máxima fase estável de lactato (MFEL). Além disso, existe também, carência de investigações relacionadas à utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e como ferramenta no treinamento de nadadores. Desse modo, o objetivo geral do presente estudo foi padronizar e testar diferentes modelos invasivos e não invasivos de avaliação aeróbia na natação, por meio de protocolos em nados livre e atado, validando-os através da comparação com a MFEL. Para isso, foram avaliados 12 nadadores do sexo masculino durante um período de polimento na natação. Foram utilizados protocolos de MFEL, velocidade crítica (Vcrit), Vcrit obtida por meio do protocolo proposto por Chassain (1986), MFEL em nado atado, força crítica (Fcrit) em nado atado e Fcrit obtida por meio do protocolo proposto por Chassain (1986). Para verificar possíveis diferenças entre as respostas agudas de stress obtidas após a utilização de diferentes protocolos em nados livre e atado, concentrações sanguíneas foram mensuradas.

ABSTRACT

Considering the need to evaluate the aerobic capacity in swimmers and to prescribe the appropriate intensities of training, several studies were developed with different protocols in order to identify practical applicability instruments capable to evaluate and to quantify the aerobic capacity in swimmers. However, still controversies exist regarding the invasive and non invasive models which represent the maximal lactate steady state (MLSS). The aim of the present study was to standardize and to test different invasive and non invasive models of aerobic and anaerobic evaluation in the swimming, by protocols in free and tethered swimming, validating them by the comparison with the MFEL. Twelve male swimmers were evaluated during the taper period in the swimming. Protocols of MLSS, critical swimming velocity (CSV), V_{crit} obtained through the protocol proposed by Chassain (1986), MFEL in tethered swimming, critical force (CF) in tethered swimming and CF obtained by the protocol proposed by Chassain (1986). To verify possible differences among the stress responses obtained after the use of different protocols in free and tethered swimming, enzymatic plasma concentrations were measured.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A adaptação do treinamento é resultado de alterações estruturais e fisiológicas decorrentes da repetição sistemática de alguns exercícios. Alguns estudos têm verificado que as principais alterações adaptativas do treinamento dependem em partes iguais, da intensidade, volume e frequência dos estímulos de treinamento, e que, os resultados encontrados através dessa combinação estão relacionados ao nível inicial de condicionamento do atleta (Davies et al., 1971; Gibala et al., 1994; Mujika et al., 1995, 1998).

As fases de treinamento físico geram alterações adaptativas que podem ocasionar melhora da performance. Entretanto, o treinamento intenso também pode resultar em efeitos fisiológicos crônicos negativos, tais como fadiga neuromuscular e depleção de glicogênio, que podem causar deterioração da performance (Mujika et al., 1998).

O objetivo das fases de treinamento intenso é maximizar os benefícios das adaptações fisiológicas do treinamento em longo prazo, enquanto que os potenciais aparecimentos dos efeitos crônicos negativos são ignorados.

O desenvolvimento de um programa de treinamento precisamente controlado é de fundamental importância para que a máxima performance atlética seja obtida no momento certo do ciclo de treinamento, neste caso, na competição (Maglischo, 1999). Por outro lado, Pyne (2001) acredita que o programa de treinamento deve integrar não

somente os aspectos de volume e intensidade de treino, mas também aspectos que contribuem para performance, como a técnica de nado, condicionamento físico, treinamento mental, além da competição propriamente dita.

Em vários esportes, a redução das cargas de trabalho antes da competição principal tem sido amplamente utilizada. Esta redução do treinamento é conhecida como polimento (Costill et al., 1985; 1991; Johns et al., 1992; Shepley et al., 1992; Houmard et al., 1994; Mujika et al., 2004; Thomas et al., 2005).

O principal objetivo do período de polimento é a “potencialização” das adaptações fisiológicas adquiridas ao longo da periodização. Desse modo, a maior adaptação é obtida quando o atleta tem o melhor ajuste fisiológico no exato momento em que as influências negativas do treinamento forem diminuídas, resultando em uma ótima performance. Infelizmente, esse fragmento de tempo que separa os benefícios do polimento dos efeitos negativos do treinamento intenso não são bem estabelecidos (Neufer et al., 1989; Mujika et al., 1998; Thomas et al., 2005).

Vários estudos têm demonstrado que mudanças no volume, intensidade e frequência de treino, são acompanhadas por alterações enzimáticas (creatina kinase), metabólicas (creatinina e uréia), hormonais (cortisol, testosterona e razão cortisol-testosterona) e psicológicas (Yamamoto et al., 1988; Flynn et al., 1994; Urhausen et al., 1995; Mujika et al., 1996a; 1996b; 2002; Santhiago, 2005), sendo crescente o número de estudos preocupados em relacionar o comportamento desses parâmetros com as fases do treinamento e com a performance de nadadores, na tentativa de identificar e evitar o aparecimento do *overtraining* e conseqüentemente deteriorações no desempenho (Kirwan et al., 1988; Costill et al., 1991; Tanaka et al., 1993; Hooper et al., 1995; 1999; Halson et al., 2004).

Com o objetivo de avaliar a capacidade aeróbia de nadadores e assim prescrever as intensidades adequadas de treinamento, vários técnicos e fisiologistas empregam o uso de métodos invasivos e não invasivos de avaliação física, como instrumentos de aplicabilidade prática capazes de avaliar e quantificar a capacidade aeróbia de nadadores, que é de fundamental importância para o sucesso da periodização.

Dentre as ferramentas utilizadas por técnicos e pesquisadores na prescrição e controle do treinamento da capacidade aeróbia em natação, destaca-se a determinação do limiar anaeróbio (Lan) através da mensuração das concentrações do lactato sanguíneo (Pelayo et al., 1996; Silva et al., 2005).

O destaque do Lan na área da avaliação e prescrição do treinamento esportivo deve-se principalmente à baixa correlação encontrada entre a quantificação do consumo máximo de oxigênio (VO_2max) e a predição do desempenho aeróbio em competições, e ao rápido ajuste desse parâmetro frente às modificações do treinamento (Schuetz et al. 1995; Silva et al., 2005).

Das técnicas amplamente utilizadas para mensuração do limiar anaeróbio, destaca-se a determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL) que é considerada como o protocolo *gold standard* na determinação do Lan (Hagberg & Coyle, 1983; Billat et al., 2003; Beneke, 2003). A MFEL é definida como a mais alta intensidade de exercício em que existe equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo durante protocolos de cargas constantes (Hagberg & Coyle, 1983; Mader & Heck, 1986; Harnish et al., 2001; Silva et al., 2005).

Exercícios realizados acima da intensidade referente a MFEL causam um aumento constante na produção de lactato sanguíneo primeiramente no músculo, seguido de um aumento dessa concentração no sangue, e, a acidose associada a esse acúmulo tem sido

relacionada à diminuição das propriedades contráteis do músculo. Esses fatores prejudicam as atividades de várias enzimas no metabolismo e contribuem com o surgimento precoce da fadiga (Heck et al., 1985; Baldari and Guidetti, 2000). Por outro lado, durante exercícios realizados abaixo da MFEL, a velocidade de produção é inferior a de remoção, e dessa maneira a atividade pode ser sustentada por um período de tempo maior.

O protocolo da MFEL envolve a realização de 4 a 6 sessões de exercícios de cargas constantes em diferentes intensidades com duração aproximada de 30 minutos. A cada 5 minutos são coletadas amostras de sangue para determinação das concentrações sanguíneas de lactato. Após essa fase, a curva de lactacidemia *versus* tempo de exercício é plotada com o intuito de definir a intensidade correspondente a MFEL na qual não há aumento igual ou superior a 1 mmol/L (Heck et al., 1985; Carter et al., 1999) do décimo ao trigésimo minuto de exercício.

Embora muito utilizado por equipes esportivas de alto nível que, normalmente, disponibilizam de um fisiologista do exercício entre os membros da comissão técnica, a mensuração da capacidade aeróbia pelo Lan ou pela MFEL, através dos métodos citados, exige a disponibilidade de equipamentos sofisticados além do elevado custo operacional por atleta, tornando sua utilização limitada. Infelizmente, nem todas as equipes dispõem de suporte financeiro necessário para a aquisição de equipamentos específicos para a realização de avaliações constantes utilizando a lactacidemia. Além disso, o tempo necessário para a realização do protocolo, análise e interpretação dos resultados muitas vezes é inviável para ajustar as intensidades de nado durante a periodização.

O teste não invasivo de potência crítica proposto inicialmente por Monod e Scherrer (1965) e modificado por Wakayoshi et al. (1992) para velocidade crítica (V_{crit}) na última década, tem sido amplamente utilizado na natação, e é definido como a máxima intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo sem fadiga. Acima dessa intensidade de esforço, ocorre a utilização de um estoque limitado de energia anaeróbia para atender as necessidades adicionais do exercício (Bishop et al., 1998). Segundo o modelo, o esgotamento desse estoque, denominado capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), leva o executante à exaustão (Bishop et al., 1998). Desse modo, através de modelo matemático, os valores de distância e tempo são submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa da V_{crit} e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), pelo modelo linear distância-tempo.

Alguns estudos têm demonstrado que o parâmetro aeróbio do modelo de P_{crit} apresenta elevadas correlações com o L_{an} , verificados por intensidades de esforço determinadas através de protocolos que utilizam concentração fixa (Kokubun et al., 1996; Santhiago, 2005) e variáveis de lactato sanguíneo (McLellan & Cheung, 1992; Wakayoshi et al., 1992; Jenkins & Quigley, 1998), sugerindo que a P_{crit} pode ser utilizada como um índice não invasivo de determinação da capacidade aeróbia dos atletas (Wakayoshi et al., 1992; Kokubun et al., 1996; Dekerle et al., 2002; Santhiago, 2005). Além disso, esse método de avaliação tem sido objeto de vários estudos por ser um teste não invasivo e de custo reduzido.

Entretanto, existem controvérsias na literatura quanto ao melhor número de esforços a ser utilizados para determinar essa potência. Segundo Hill (1993) e Bishop et al. (1998) três cargas exaustivas distintas são suficientes para tal determinação, desde

que o tempo limite de exercício encontre-se entre 1 e 10 minutos. Outros autores preconizam que esse tempo limite de exercício encontra-se entre 2 a 15-20 minutos (Hill, 1993; Hill e Ferguson, 1999; Bricley et al., 2002). Pringle & Jones, (2002) acreditam que a Pcrit parece superestimar a máxima fase estável com relação a resposta do lactato sangüíneo.

Diferente da Pcrit, já bem entendida como parâmetro aeróbio, o significado fisiológico da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) ainda está sendo alvo de inúmeras pesquisas. Isso devido a dificuldade em estimar o acúmulo total ou degradação dos metabólitos associados com a ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) para a musculatura ativa (Manchado, 2007).

Em 1986, Chassain desenvolveu uma metodologia baseada na realização de duplos esforços na mesma intensidade de exercício para a determinação da Pcrit. O método então conhecido como Chassain consiste em submeter o indivíduo a duas sessões de exercício de mesma intensidade, com duração de três minutos cada uma, separadas por um intervalo de recuperação de 1,5 minutos. Ao final do primeiro e do segundo esforço a frequência cardíaca (FC) é registrada, permitindo analisar a variação de FC entre o primeiro (E1) e o segundo (E2) exercício utilizando a equação: $\Delta FC = FC_{E2} - FC_{E1}$. Com os resultados obtidos, plota-se um gráfico e por extrapolação linear é verificado o valor da intensidade em que o $\Delta FC = 0$, no qual, ao menos teoricamente, ocorre a máxima fase estável de FC. Esse ponto é entendido como a potência crítica.

Além da FC, podem ser utilizados os comportamentos das concentrações de lactato sanguíneo e VO_2 para a mesma análise. Cavalheri et al. (1997) aplicaram a metodologia sugerida por Chassain (1986), em atletas de fundo e meio fundo do atletismo tanto com a mensuração de FC quanto por análise de lactato sanguíneo. Além

disso, os autores determinaram o Lan dos corredores através de protocolo de concentração fixa de lactato sanguíneo. Os resultados permitiram concluir que é possível determinar a Pcrit pelo método Chassain, visto que foi observada alta correlação entre o Lan e a Pcrit dos sujeitos avaliados.

A vantagem apresentada por Chassain (1986) é a ausência de procedimento exaustivo na obtenção da Pcrit, bem como a praticidade em sua determinação. Por outro lado, quando realizado com lactacidemia, a procedência do protocolo é invasiva.

Vários estudos utilizam esforços em nado atado para determinar o consumo máximo de oxigênio (West et al., 2005; Wells et al., 2006), frequência de braçada (Papoti et al., 2005a), aptidão anaeróbia (Papoti et al., 2003, Papoti et al., 2007) e capacidade aeróbia em nadadores através de métodos invasivos (Matsumoto et al., 1999; Papoti et al., 2005b) e não invasivos (Ikuta et al., 1996; Almeida et al., 2002, Papoti et al., 2005b).

Ikuta et al. (1996) encontraram significativas correlações entre Fcrit determinada em nado atado por meio da utilização de um sistema de anilhas, com o limiar anaeróbio em nado livre determinado a partir do protocolo de concentração fixa de lactato sanguíneo de 4mM - OBLA ($r=0,68$), e entre Fcrit e Vcrit ($r=0,69$) determinada a partir de esforços máximos de 200m e 400m. Perandini et al. (2007) por meio da utilização de ergômetro semelhante, verificaram significativas correlações entre os valores de Fcrit determinados por diferentes modelos matemáticos com a Vcrit ($r=0,89$ a $0,91$), e concluíram que a Fcrit pode ser utilizada como indicador de capacidade aeróbia.

Papoti (2007) utilizou o sistema de corda elástica conectado a uma célula de carga, e verificou significativa correlação entre limiar anaeróbio em nado atado (LL_{NA}) realizado a partir de teste incremental e Fcrit determinada a partir de esforços de 117%,

140%, 160% e 180% do LL_{NA} ($r=0,76$, $P=0,004$) e concluíram que a F_{crit} pode ser utilizada para a avaliação de parâmetros aeróbios em nado atado e livre.

Vários estudos foram desenvolvidos com diferentes protocolos com o objetivo de avaliar a capacidade aeróbia de nadadores e assim prescrever intensidades adequadas de treinamento. Entretanto, ainda existem controvérsias a respeito dos modelos invasivos e não invasivos e exaustivos ou não que representem de forma mais fidedigna a MFEL. Além disso, existe também, carência de investigações relacionadas à utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e como ferramenta no treinamento de nadadores.

1.1 Objetivos

Objetivo geral:

- ❖ Padronizar e testar diferentes modelos invasivos e não invasivos de avaliação aeróbia na natação, por meio de protocolos em nados livre e atado, validando-os através da comparação com a máxima fase estável de lactato.

Objetivos específicos:

- ❖ Determinar a capacidade aeróbia de nadadores por meio da manipulação dos tempos de pausas para coletas de lactato sanguíneo em protocolo de máxima fase estável de lactato;

- ❖ Padronizar uma metodologia para mensuração da capacidade aeróbia dos nadadores por meio do protocolo não exaustivo sugerido por Chassain (1986), e compará-la a MFEL em nado livre;
- ❖ Padronizar uma metodologia para mensuração da capacidade aeróbia dos nadadores por meio do protocolo não exaustivo sugerido por Chassain (1986) em nado atado, e compará-la a MFEL determinada em nado atado (MFEL-A);
- ❖ Utilizar protocolos invasivos (MFEL) e não invasivos (V_{crit} e Força crítica – F_{crit}) para a determinação da capacidade aeróbia em nado livre e atado;
- ❖ Investigar se há diferença entre as concentrações enzimáticas agudas de stress obtidas após a utilização de diferentes protocolos em nados livre e atado.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Participantes

Foram avaliados 12 nadadores do sexo masculino filiados à Federação Aquática Paulista (FAP) e à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA) da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Os participantes foram informados de todos os procedimentos invasivos e não invasivos dos testes e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro, autorizando a participação no estudo.

2.2 Desenho experimental

O presente estudo foi dividido em quatro experimentos, que foram realizados durante um período de 4 semanas de polimento na natação.

Experimento 1: Determinação da capacidade aeróbia de nadadores por meio da manipulação dos tempos de pausas para coletas de lactato sanguíneo em protocolo contínuo de 30 minutos (Máxima fase estável de lactato - MFEL), e comparação entre as intensidades de nado obtidas no protocolo de MFEL com as intensidades de nado

obtidas por protocolo exaustivo e não invasivo (Velocidade crítica - V_{crit}) em nado livre.

Experimento 2: Padronização de uma metodologia para mensuração da capacidade aeróbia dos nadadores por meio do protocolo não exaustivo sugerido por Chassain (1986), e compará-la a MFEL em nados livre e atado, visando verificar a reprodutibilidade e validade do protocolo para natação.

Experimento 3: Utilização de protocolos invasivos (MFEL) e não invasivos (V_{crit} e Força crítica – F_{crit}) para a determinação da capacidade aeróbia de nadadores em nado livre e atado. Além disso, esse experimento visou verificar as possíveis relações entre as intensidades de nado obtidas em nado livre e atado.

Experimento 4: Investigar se há diferença entre as concentrações bioquímicas agudas de stress obtidas após os protocolos não exaustivo e não invasivo (Chassain livre e atado) e exaustivo e não invasivo (V_{rit} e F_{crit}) em nados livre e atado, através da mensuração das concentrações séricas de creatina kinase, creatinina e uréia.

Para a realização dos experimentos acima citados foram realizados 7 protocolos.

2.3 Protocolos

2.3.1) Determinação da máxima fase estável de lactato com seis coletas, a cada 5 minutos de esforço (MFEL₆)

Para a determinação da MFEL₆, os nadadores foram submetidos a 4 intensidades de nado em estilo crawl determinadas a partir da V_{crit} livre encontrada para cada nadador. O teste consistiu de um único estágio de 30 minutos, sendo que aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha dos

nadadores para posterior determinação das concentrações de lactato sanguíneo por método enzimático. O intervalo de tempo entre a aplicação de uma carga e outra foi de 24h. A MFEL₆ foi assumida como a maior intensidade de nado em que o aumento na concentração de lactato foi igual ou inferior à 1 mmol/L do décimo ao trigésimo minuto de exercício.

2.3.2) Determinação da máxima fase estável de lactato com duas coletas, aos 10 e 30 minutos de esforço (MFEL₂)

O protocolo de MFEL₂ foi realizado 24 horas após o término do protocolo 2.3.1, sendo executado da mesma maneira, exceto com relação às coletas sanguíneas, que foram realizadas aos 10 e 30 minutos de esforço. O tempo de intervalo entre os testes (24h), as intensidades de nado e o critério de determinação da MFEL₂ foram similares aos descritos no protocolo 2.3.1.

2.3.3) Determinação da velocidade crítica (Vcrit) e performance máxima de 400m

Para determinação da Vcrit e CTA, foram realizados 4 esforços randomicamente estabelecidos em estilo crawl nas distâncias de 200m, 300m, 400m e 500m com a máxima velocidade que o atleta é capaz de nadar, separados por períodos mínimos de repouso de 4 horas (modificado de Wakayoshi et al., 1992 e Kokubun, 1996). Ao final de cada esforço foram coletadas amostras de sangue de 25µl do lóbulo da orelha para posterior análise da concentração de lactato sanguíneo obtidas nas intensidades descritas acima. Os valores de distância e tempo foram submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa da Vcrit pelo modelo linear distância-tempo. O coeficiente

angular de cada uma das regressões individuais dos sujeitos representou a velocidade crítica (V_{crit}). A máxima velocidade obtida para a distância de 400m foi denominada como performances máximas de 400m (V_{400}).

2.3.4) Padronização do teste de velocidade crítica pelo método Chassain em nado livre

Os atletas foram randômica e individualmente submetidos a 4 nados em estilo crawl em intensidades de 80%, 90%, 100% e 110% da velocidade máxima do atleta para o percurso de 400m. O método de determinação da V_{crit} proposto por Chassain (1986) é caracterizado por duplos esforços realizados na mesma intensidade e separados por um período de recuperação passiva. Desse modo, conforme o protocolo, os nadadores realizaram 2 esforços de 3 minutos cada na mesma intensidade, separados por 90 segundos de intervalo entre os 2 esforços. Ao final de cada esforço a frequência cardíaca (FC) foi mensurada e foram coletados 25 μ l de sangue do lóbulo da orelha para posterior análise das concentrações de lactato sanguíneo. Para cada intensidade o delta FC e lactato foram calculados por meio da subtração da FC e da concentração da lactato obtida ao final do segundo esforço ($FC_2 - LAC_2$) da FC e concentração de lactato obtida ao final do primeiro esforço ($FC_1 - LAC_1$). Utilizando o delta FC e lactato obtidos em cada carga, foi plotada uma interpolação linear individual equivalente a V_{crit} ($\Delta FC=0$ e $\Delta LAC=0$), calculadas pelo método Chassain (1986), os quais forneceram as intensidades de nado correspondentes aos deltas “frequência cardíaca e lactato” zero. A figura 1 mostra o protocolo experimental que foi utilizado para o cálculo da V_{crit} baseada no método Chassain (1986).

Após a realização do protocolo 2.3.4, os atletas foram novamente submetidos a realização do mesmo. Esse re-teste foi realizado nas mesmas intensidades e foram assumidos os mesmos critérios de determinação da V_{crit} por meio do protocolo sugerido por Chassain (1986), a fim de verificar a reprodutibilidade do método para o exercício de natação.

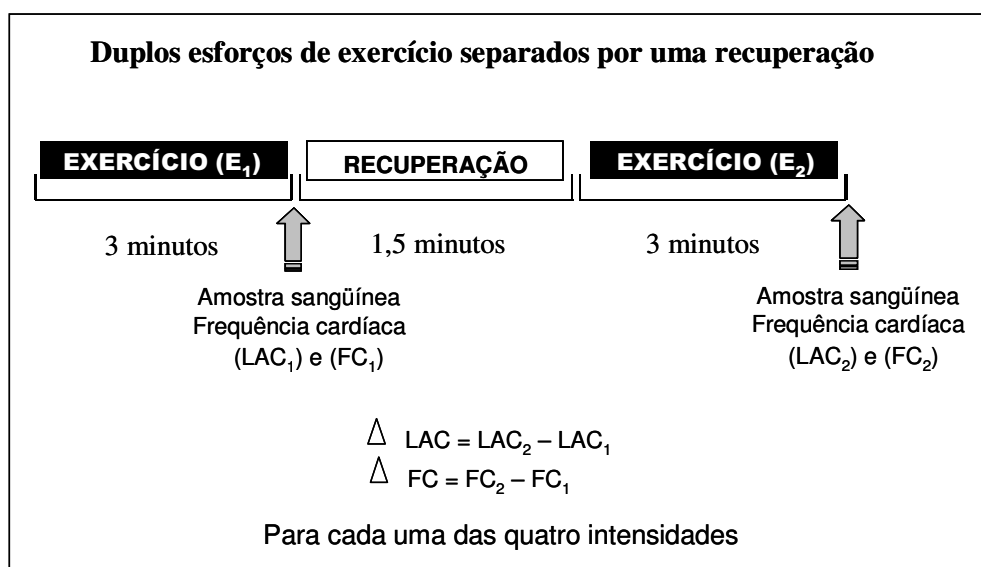


Figura 1. Protocolo experimental adaptado de Manchado et al. (2006) para a determinação da velocidade crítica (V_{crit}) baseada no método Chassain (1986).

2.3.5) Determinação da máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A)

O protocolo de MFEL-A foi realizado por meio do protocolo de nado atado padronizado por Papoti et al. (2005a), através da substituição do fio de aço por corda elástica (tubo cirúrgico comercial nº 204). Esse sistema contém célula de carga (*strain gages*) como elemento sensor primário com capacidade de 1000N. Desse modo, durante as avaliações, um dinamômetro (Lutron FG-100KG) esteve preso à barra de saída do

nado costas, e, em seu centro, foi conectada a corda elástica com 10 metros de comprimento, tendo em sua extremidade oposta um cinto de nylon, envolvendo a cintura do nadador.

Conectados ao sistema descrito anteriormente, os nadadores foram submetidos a 4 testes de 30 minutos de duração distribuídos randomicamente em intensidades variadas aleatória e sem repetição (50N a 90N), de acordo com a percepção do atleta para sustentar o esforço. A variação entre uma carga mais ou menos intensa foi de 10N. As intensidades de nado foram controladas por meio de cones dispostos juntamente a borda da piscina nas marcas de 10m, 12m, 14m, 16m e 18m (correspondendo a 50N, 60N, 70N, 80N e 90N, respectivamente), sendo que os nadadores foram orientados a permanecerem com a cabeça próxima a essas marcas durante a realização de cada esforço (Figura 2).

Os esforços foram separados por um período de 24 horas. Durante as cargas contínuas, aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de teste foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha para posterior determinação das concentrações de lactato sanguíneo. Nesse teste, durante a coleta de lactato, um avaliador segurou a corda elástica com as mãos, para que o nadador pudesse se manter parado durante a coleta sanguínea. A corda elástica foi solta assim que a coleta terminou.

As intensidades de nado foram duplamente controladas, sendo que um avaliador esteve o tempo todo do teste controlando a carga (pelo display digital do equipamento), enquanto o outro permaneceu junto ao cone referente à intensidade, observando o alinhamento da cabeça do nadador junto ao mesmo.

Os valores de força obtidos nos três segundos iniciais dos minutos zero, 5, 10, 15, 20 e 25, bem como o tempo da coleta sanguínea (aproximadamente 30 segundos) foram

desconsiderados para que os valores de força não sofressem influência tanto do repouso, como do início das retomadas de exercício.

A exaustão foi assumida como a incapacidade do nadador manter a intensidade de nado previamente definida por tempo igual à 10 segundos, ou quando voluntariamente os nadadores assumiram não mais conseguir continuar o exercício nas intensidades previamente determinadas.

A MFEL-A foi determinada por meio do critério descrito no protocolo 2.3.1.

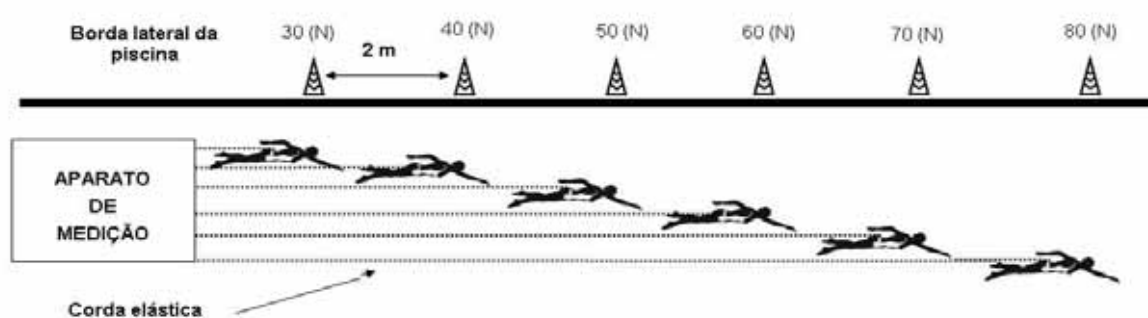


Figura 2. Representação esquemática da disposição dos cones na borda lateral da piscina que foram utilizados como referência no aumento das intensidades durante o teste máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (Papoti et al., 2005a).

2.3.6) Determinação da força crítica (F_{crit}) em nado atado (na)

Para a determinação da F_{crit} e da CIA, conectados ao sistema descrito anteriormente, os nadadores realizaram quatro esforços em diferentes intensidades (70N a 120N) até a exaustão. Essas cargas foram distribuídas randomicamente e separadas por um período de 4 horas. A diferença entre as cargas de cada esforço foi de 10N (Figura 2) e as intensidades de nado foram controladas por meio de cones dispostos juntamente à borda da piscina nas marcas de 14m, 16m, 18m, 20m, 22m e 24m (para as intensidades de 70N, 80N, 90N, 100N, 110N e 120N respectivamente). Os nadadores

foram orientados a permanecerem com a cabeça próxima a esta marca durante a realização de cada esforço (Figura 2).

Os valores de força obtidos nos três segundos iniciais do início de cada estágio foram desconsiderados em função do ajuste do nadador para iniciar o teste. Na realização desse protocolo, as intensidades foram também duplamente controladas, como já descritas no protocolo 2.3.5.

A exaustão foi assumida como a incapacidade do nadador manter a intensidade de nado previamente definida por tempo igual a 10 segundos, ou quando voluntariamente os nadadores assumiram não mais conseguir continuar o exercício nas intensidades previamente determinadas. Nesses dois casos, os tempos de nados para cada esforço foram registrados e assumidos como tempo limite (T_{lim}). A F_{crit} correspondeu ao coeficiente linear dos pontos obtidos da relação linear entre F versus $1/T_{lim}$ (Figura 2).

Após a realização desse protocolo por todos os atletas, os procedimentos foram novamente realizados de forma idêntica, a fim de verificar a reprodutibilidade do método.

2.3.7) Padronização do teste de força crítica através do método Chassain em nado atado

Para determinação da força crítica através do método de Chassain em nado atado foi utilizado um protocolo semelhante ao de determinação da V_{crit} (protocolo 2.3.4). Para isso os nadadores realizaram duplos esforços submáximos de 3 minutos com 1,5 de intervalo passivo em 4 intensidades distintas, distribuídos randomicamente e separados por um período de 4 horas, estando os nadadores conectados ao sistema de nado atado descrito no protocolo 2.3.5. Ao final de cada esforço de 3 min a FC foi mensurada e

foram coletados 25 μ l de sangue do lóbulo da orelha para posterior análise das concentrações de lactato sanguíneo. O cálculo da Vcrit através do método Chassain atado foi determinado de acordo com o procedimento descrito no protocolo 2.3.4.

As intensidades de nado foram controladas por meio de cones dispostos juntamente a borda da piscina sendo que os nadadores foram orientados a permanecerem com a cabeça paralela a esta marca durante a realização de cada esforço.

2.4 Aquecimento

Previamente aos esforços os nadadores realizaram um período de aquecimento de 500m utilizando somente o nado crawl com intensidade fácil a moderada (determinada subjetivamente pelos nadadores). Os testes foram realizados em piscina de 25m com temperatura da água entre 25 a 27°C.

2.5 Coleta de sangue

No dia seguinte a realização do protocolo de Chassain livre e atado e Vcrit livre e atado, foram coletados 20 ml de sangue da veia antecubital direita, para a determinação das concentrações séricas de creatina kinase, creatinina e uréia, com 15 horas de abstinência de treinamento. O sangue coletado foi imediatamente centrifugado durante 5 minutos a velocidade de 1500rpm, sendo o soro separado em tubos heparinizados, que foram congelados em freezer a -10°C para posterior análise.

2.6 Análises sanguíneas

2.6.1 L-Lactato

Durante os testes de performance, foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha em capilares heparinizados e calibrados, os quais foram imediatamente transferidos para tubos *ependorf* contendo 400µl de ácido tricloroacético (TCA), para a desproteinização do sangue. Em seguida foi agitado e centrifugado, para a retirada de 100µl do sobrenadante, que foi transferido para tubos de ensaio, no qual foi adicionado 500µl de reativo preparado à base de Estoque de glicina / EDTA 50mL e Hidrazina Hidrato 1,2mL, 100mg de NAD (Beta-Nicotinamide Dinucleotide SIGMA) e 150µL de LDH (L-Lactic Dehydrogenase bovine heart – 1000 units/mL SIGMA) a pH 8,85. As amostras foram agitadas e incubadas durante 60 minutos a temperatura ambiente. A concentração de lactato foi medida a 340nm contra a curva de calibração (Engel e Jones, 1978).

2.6.2 Análises em soro

As análises dos valores de creatina kinase, creatinina e uréia foram realizadas através de kits bioquímicos específicos por método enzimático e radioimunoensaio.

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos em média $\pm$ erro padrão da média. A análise dos resultados foi realizada com o auxílio do pacote estatístico *STATISTICA*, versão 6.0, conforme os objetivos do estudo. Os testes de Shapiro-Wilk's e Levene's, foram utilizados para verificar a normalidade e homogeneidade dos parâmetros analisados.

O teste ANOVA one-way, seguido do post-hoc de *Newman Keuls* (quando necessário) foi utilizado para verificar as possíveis diferenças entre as intensidades de V_{crit} , $MFEL_6$ e $MFEL_2$. A análise de correlação de Pearson foi usada para verificar possíveis relações entre os parâmetros citados.

O mesmo procedimento foi utilizado para a análise da $MFEL_6$ com a $V_{crit_{\Delta FC}}$ teste, $V_{crit_{\Delta FC}}$ re-teste, $V_{crit_{\Delta LAC}}$ teste e $V_{crit_{\Delta LAC}}$ re-teste determinados por meio do protocolo Chassain em nado livre, bem como para o nado atado.

O teste ANOVA one-way foi utilizado também para verificar as possíveis diferenças entre os parâmetros F_{crit} teste ($F_{crit_{teste}}$), F_{crit} re-teste ($F_{crit_{re-teste}}$) e $MFEL-A$. A análise de correlação de Pearson foi usada para verificar as possíveis associações entre os parâmetros acima citados em nado atado e em nado livre ($MFEL_6$ e V_{crit}).

O teste-*t* pareado foi utilizado para as comparações entre os parâmetros bioquímicos obtidos após os protocolos de Chassain e V_{crit} em nados livre e atado. O teste de correlação de Pearson verificou também as possíveis relações entre os parâmetros acima citados.

4 RESULTADOS

Os resultados da presente tese serão apresentados em forma de artigos científicos. Desse modo, por facilidade didática na ordem de apresentação dos manuscritos subseqüentes, enumeramos 4 estudos:

Estudo 1: O primeiro estudo intitulado “*Efeito de duas e seis pausas para coletas sanguíneas, na determinação da máxima fase estável de lactato em natação*” objetivou verificar se a alteração na quantidade de pausas para coletas de amostras sanguíneas durante o esforço contínuo de 30 minutos pode resultar em diferentes intensidades de MFEL na natação e, verificar se existe relação entre as MFEL encontradas com a velocidade crítica (V_{crit}) e com a performance máxima de 400m (V_{400}).

Estudo 2: O segundo estudo intitulado “*Validação de protocolo não exaustivo para a determinação da máxima fase estável de lactato em nados livre e atado*” objetivou padronizar um protocolo não exaustivo (invasivo e não-invasivo) em nados livre e atado, inicialmente sugerido por Chassain (1986), para a determinação da velocidade crítica (V_{crit}) em nadadores e verificar se existe relação entre essa intensidade e a de MFEL, determinada classicamente.

Estudo 3: *“Utilização de protocolos invasivos e não invasivos para a determinação da capacidade aeróbia em nado livre e atado”* é o terceiro estudo componente da presente tese. Esse estudo objetivou verificar as associações entre o limiar anaeróbio determinado pelo modelo de potência crítica (adaptado para Vcrit por Wakayoshi et al., 1992) e pela MFEL em nado livre e atado. Além disso, o estudo objetivou também avaliar a reprodutibilidade e validade do modelo de Pcrit (adaptado para força crítica – Fcrit) em nado atado.

Estudo 4: *“Respostas agudas das concentrações de creatina quinase, creatinina e uréia após testes exaustivos e não exaustivos de determinação da capacidade aeróbia de nadadores”* é o quarto estudo componente da presente tese. Esse estudo objetivou verificar as o comportamento das concentrações sanguíneas de creatina kinase, creatinina e uréia, obtidas após procedimentos de determinação de parâmetros aeróbios, por meio de protocolos “exaustivos” em nados livre (Vcrit) e atado (Fcrit) e “não exaustivos” de duplos esforços em nados livre (Vcrit-CH) e atado (Fcrit-CH).

ESTUDO 1

**EFEITO DE DUAS E SEIS PAUSAS PARA COLETAS SANGUÍNEAS, NA
DETERMINAÇÃO DA MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO EM
NATAÇÃO**

RESUMO

A máxima fase estável de lactato (MFEL) é definida como a mais alta intensidade de exercício que pode ser mantida em exercício constante, proveniente do equilíbrio entre produção e remoção de lactato em esforços de longa duração. Desse modo, o objetivo desse estudo foi verificar se a alteração na quantidade de pausas para coletas de amostras sanguíneas durante o esforço contínuo de 30 minutos pode resultar em diferentes intensidades de MFEL na natação e, verificar se existe relação entre as MFEL encontradas com a velocidade crítica (V_{crit}) e com a performance máxima de 400m (V_{400}). Para isso 12 nadadores ($22,7 \pm 0,84$ anos) realizaram 3 testes, organizados da seguinte forma: 1º) Determinação da V_{crit} e da performance máxima de 400m em nado crawl (V_{400}); 2º) Determinação da MFEL com a realização de seis coletas sanguíneas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço ($MFEL_6$) e; 3º) Determinação da MFEL por meio de protocolo utilizando coletas sanguíneas apenas no 10º e 30º minutos de esforço ($MFEL_2$). Durante os testes de performance foram coletados 25µL de sangue do lóbulo da orelha posterior leitura das concentrações de lactato sanguíneo (mmol/L) por método enzimático. O teste ANOVA one-way, seguido de post-hoc de *Newman Keuls* (quando necessário) foi utilizado para verificar as possíveis diferenças entre as intensidades de V_{crit} , $MFEL_6$ e $MFEL_2$. A análise de correlação de Pearson foi usada entre os parâmetros $MFEL_6$, $MFEL_2$, V_{crit} e V_{400} . Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$. Os resultados desse estudo mostraram que intensidade referente à V_{crit} ($74,43 \pm 1,11$ s/100m) apresentou valores semelhantes aos verificados em $MFEL_6$ ($74,00 \pm 1,20$ s/100m), e significativamente maiores aos obtidos em $MFEL_2$ ($77,33 \pm 1,06$ s/100m). A V_{crit} foi significativamente correlacionada tanto com a intensidade de $MFEL_6$ ($r=0,91$, $P=0,001$) quanto com a $MFEL_2$ ($r=0,86$, $P=0,001$). O coeficiente de correlação de Pearson revelou também elevada correlação entre os dois protocolos ($r=0,97$, $P=0,001$). Em conclusão, o presente estudo mostrou que a intensidade referente à V_{crit} e a $MFEL_6$ superestimaram a intensidade referente à $MFEL_2$. As concentrações de lactato sanguíneo obtidas aos 10 e 30 minutos dos testes de $MFEL_6$ e $MFEL_2$ não foram significativamente diferentes. A V_{400} pode ser utilizada como um índice preditivo de capacidade aeróbia de nadadores.

Palavras-chave: natação, máxima fase estável de lactato, velocidade crítica.

ABSTRACT

The maximal lactate steady state (MLSS) is the gold standard protocol of anaerobic threshold intensity determination, and can be defined as the highest intensity at which blood lactate concentration remains stable in constant load exercise. The aim of the study was to verify the effects of two MLSS₂ or six MLSS₆ blood samples pauses on swimming MLSS determination, and to verify if relationship exists among MLSSs found with the critical swimming velocity (CSV) and with the maximum performance of 400m (P400). Twelve male swimmers (22.7 ± 0.84 years) took part of this study and accomplished 3 tests: 1) CSV and P400 determination, 2) MLSS₆ determination, and . 3) MLSS₂ determination. Blood samples (25 μ L) were taken from earlobes of the subjects during the performances tests. Blood lactate concentration was assayed by enzymatic method. ANOVA one way test followed by Newman Keuls were used to compare CSV, MLSS₆ and MLSS₂. Correlations between above mentioned parameters responses were determined using the Pearson correlation coefficient. A significance level of 5% was chosen. The intensities (s/100m) of CSV (74.43 ± 1.11) was similar than MLSS₆ (74.00 ± 1.20), and significant higher than MLSS₂ (77.33 ± 1.06). Pearson correlation coefficient showed significantly relation between CSV and MLSS₆ ($r=0.91$, $P=0.001$) and MLSS₂ ($r=0.86$, $P=0.001$). In conclusion, the present study showed that CSV and MLSS₆ intensity overestimated the MLSS₂ intensity. P400 can be used as a predictive index of aerobic capacity in swimmers.

Keywords: swimming, maximal lactate steady state, critical swimming velocity.

INTRODUÇÃO

A máxima fase estável de lactato (MFEL) é definida como a mais intensidade de exercício que pode ser mantida durante 20 a 30 minutos em exercício constante (Beneke et al., 1996), proveniente do equilíbrio entre produção e remoção de lactato em esforços de longa duração (Harnish et al., 2001; Beneke, 2003). Assim, a intensidade de esforço correspondente à MFEL é a maior intensidade submáxima de exercício, que pode ser mantida sem a contribuição do metabolismo anaeróbio (Heck et al. 1985). Intensidades de exercício realizadas acima da MFEL apresentam aumento ininterrupto da concentração de lactato sanguíneo em função do tempo de esforço. Isso decorre do aumento percentual da glicólise, comparado com a taxa de oxidação do piruvato (Billat et al., 2003). Desse modo, a MFEL é considerada o padrão ouro de determinação e validação de outros protocolos de avaliação da capacidade aeróbia em atletas (Billat et al., 2003; Beneke, 2003).

O protocolo de determinação da MFEL envolve a realização de exercício contínuo com intensidades aleatórias e constantes durante aproximadamente 30 minutos, com coletas de amostras sanguíneas (25µl) a cada 5 minutos. O avaliado realiza de 4 a 6 sessões de intensidades diferentes com intervalos mínimos de 24h, sendo plotada a curva lactacidêmica pelo tempo de exercício após cada sessão. A máxima intensidade na qual a concentração de lactato sanguíneo não apresenta aumento igual ou superior a 1,0 mmol/L do décimo ao trigésimo minuto de exercício (Heck et al., 1985; Carter et al., 1999; Beneke, 2003), ou 0,2 a 0,5 mmol/L do décimo ao vigésimo minuto (Beneke, 2003) é considerada MFEL.

Beneke (2003) verificou que, quando alterado o tempo total de duração do teste, de 30 para 20 minutos, e o critério de determinação da MFEL em exercício contínuo em

ciclo ergômetro, foram encontrados diferentes intensidades de MFEL. Como a MFEL é considerada como o protocolo “*gold standard*” de determinação da intensidade referente ao limiar anaeróbio (Jones & Doust, 1998), nossa hipótese é que não exista diferença na intensidade de MFEL quando manipulados os tempos para a coleta de lactato sanguíneo.

Desse modo, o objetivo desse estudo foi verificar se a alteração na quantidade de pausas para coletas de amostras sanguíneas durante o esforço contínuo de 30 minutos pode resultar em diferentes intensidades de MFEL na natação e, verificar se existe relação entre as MFEL encontradas com a velocidade crítica (V_{crit}) e com a performance máxima de 400m (V_{400}).

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Foram avaliados 12 nadadores com idade de $22,7 \pm 0,84$ do sexo masculino de nível nacional e internacional pertencentes à equipe de natação da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP e filiados à Federação Aquática Paulista (FAP) e à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA). Os participantes foram informados de todos os procedimentos invasivos e não invasivos dos testes e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro (Protocolo 6941), autorizando a participação no estudo.

Desenho experimental

O presente estudo foi realizado durante o período de polimento dos atletas e foi organizado de modo que os testes realizados fizessem parte das sessões do programa de treinamento dos nadadores, estabelecidos pelo técnico da equipe. Dessa forma, foi mínima a influência das avaliações ao ciclo de treinamento proposto e às competições. O estudo foi composto por um total de 3 testes, organizados da seguinte forma: 1º) Determinação da velocidade crítica (V_{crit}) e da performance máxima de 400m em nado crawl (V_{400}); 2º) Determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL) por protocolo sugerido por Heck et al. (1985) com a realização de seis coletas sanguíneas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço ($MFEL_6$) e; 3º) Determinação da máxima fase estável de lactato por meio de protocolo utilizando coletas sanguíneas apenas no 10º e 30º minutos de esforço ($MFEL_2$). O teste de V_{crit} foi composto por 4 intensidades máximas de nado (200, 300, 400 e 500m), as quais foram realizadas em dois dias consecutivos, em intervalos mínimos de 4 horas. Os testes de MFEL foram compostos por 4 cargas, separadas por um período de 24h e realizadas de forma aleatória e randômica, evitando qualquer influência fisiológica e adaptativa ao método. Todas as avaliações foram realizadas em piscina aberta de 25m da Universidade de Ribeirão Preto com temperatura da água mantida à 27°C.

Aquecimento

Previamente aos esforços os nadadores realizaram um aquecimento habitual de 800m utilizando somente o nado crawl com intensidade fácil à moderada (determinada subjetivamente pelos nadadores).

Protocolos

1) Determinação da velocidade crítica (V_{crit}) e performance máxima de 400m (V_{400})

Para determinação da V_{crit} , foram realizados 4 esforços randomicamente estabelecidos em estilo crawl nas distâncias de 200m, 300m, 400m e 500m em máxima velocidade, separados por períodos mínimos de repouso de 4 horas (modificado de Wakayoshi et al., 1992a e Kokubun, 1996). Os valores de distância e tempo foram submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa da V_{crit} , pelo modelo linear distância *versus* tempo. A velocidade crítica dos atletas foi determinada pelo coeficiente angular de cada uma das regressões individuais. A máxima velocidade obtida para a distância de 400m foi denominada performance máxima de 400m (V_{400}).

2) Determinação da máxima fase estável de lactato com seis coletas, a cada 5 minutos de esforço ($MFEL_6$)

Para a determinação da $MFEL_6$, os nadadores foram submetidos a 4 intensidades de nado em estilo crawl determinadas pelo técnico da equipe. Desse modo, o teste consistiu de um único estágio de 30 minutos, sendo que aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço foram coletados 25 μ l de sangue do lóbulo da orelha dos nadadores para posterior determinação das concentrações de lactato sanguíneo por método enzimático. O intervalo de tempo entre a aplicação de uma carga e outra foi de 24h. A $MFEL_6$ foi assumida como a maior intensidade de nado em que o aumento na concentração de lactato foi igual ou inferior à 1 mmol/L do décimo ao trigésimo minuto de exercício.

3) Determinação da máxima fase estável de lactato com duas coletas, aos 10 e 30 minutos de esforço (MFEL₂)

O protocolo de MFEL₂ foi realizado 48 horas após o término do protocolo 2, sendo executado da mesma maneira, exceto com relação às coletas sanguíneas, que foram realizadas aos 10 e 30 minutos de esforço. O tempo de intervalo entre os testes (24h), as intensidades de nado e o critério de determinação da MFEL₂ foram similares aos descritos no protocolo 2.

Coletas de sangue e análises sanguíneas

L-Lactato

Durante os testes de performance, foram coletados 25µL de sangue do lóbulo da orelha em capilares heparinizados e calibrados, os quais foram imediatamente transferidos para tubos *ependorf* contendo 400µL de ácido tricloroacético (TCA) 0,3%, para a desproteinização do sangue e posterior leitura das concentrações de lactato através do método enzimático descrito por Engel e Jones, (1978).

Análise estatística

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk's e Levene's, os valores apresentaram normalidade e homogeneidade. O teste ANOVA one-way, seguido do post-hoc de *Newman Keuls* (quando necessário) foi utilizado para verificar as possíveis diferenças entre as intensidades de Vcrit, MFEL₆ e MFEL₂ por meio do software *STATISTICA*® 6.0. O teste de correlação de Pearson foi usada entre os parâmetros MFEL₆, MFEL₂, Vcrit e V400m. Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Através dos resultados obtidos nesse estudo foi possível observar que intensidade referente à V_{crit} apresentou valores semelhantes aos verificados em $MFEL_6$, e significativamente maiores aos obtidos em $MFEL_2$.

A partir do protocolo de $MFEL_6$ proposto por Heck et al. (1985) foi possível determinar a intensidade de $MFEL$ para todos os nadadores, bem como por meio do protocolo $MFEL_2$. Entretanto, foram observadas diferenças significativas entre as intensidades de nado obtidas por meio dos dois protocolos, sendo que a $MFEL_6$ foi superior à $MFEL_2$.

A V_{crit} foi significativamente correlacionada tanto com a intensidade de $MFEL_6$ ($r=0,91$, $P=0,001$) quanto com a $MFEL_2$ ($r=0,86$, $P=0,001$). Embora a intensidade de $MFEL_6$ tenha sido significativamente maior do que a intensidade de $MFEL_2$, coeficiente de correlação de Pearson mostrou elevada correlação entre os dois protocolos ($r=0,97$, $P=0,001$). A tabela 1.1 expressa a média $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades correspondentes à V_{crit} , $MFEL_6$ e $MFEL_2$.

Tabela 1.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (s/100m) correspondentes à velocidade crítica (V_{crit}) e máxima fase estável de lactato obtidas em dois protocolos distintos, com coletas sanguíneas a cada 5 minutos ($MFEL_6$) e com coletas no 10° e 30° minutos ($MFEL_2$).

V_{crit}	$MFEL_6$	$MFEL_2$
$74,43 \pm 1,11$	$74,00 \pm 1,20$	$77,33 \pm 1,06^{*\beta}$

* Diferença significativa comparada à intensidade correspondente a V_{crit} .

β Diferença significativa comparada à intensidade correspondente a $MFEL_6$.

A figura 1.1 mostra a regressão linear do modelo distância-tempo da velocidade crítica obtida por meio da média ($\pm$ EPM) dos tempos dos nadadores para as distâncias de 200, 300, 400 e 500m. A equação da regressão linear está mostrada na figura e o ajuste linear, expresso pelo coeficiente de regressão linear, foi de 0,9994.

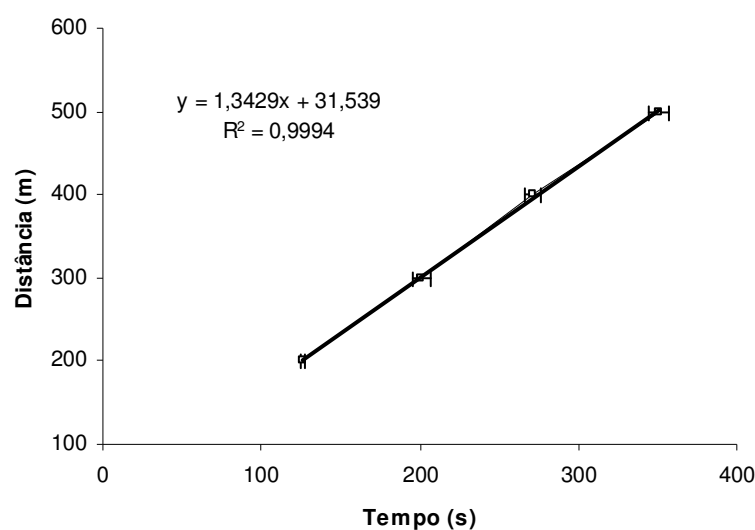


Figura 1.1 Média $\pm$ EPM da relação distância-tempo de 12 nadadores obtidos após esforços máximos de 200, 300, 400 e 500m para a determinação da Velocidade crítica (V_{crit}).

A figura 1.2a e 1.2b mostram a média $\pm$ EPM do comportamento das concentrações de lactato sanguíneo dos nadadores nos protocolos de determinação da $MFEL_6$ e da $MFEL_2$.

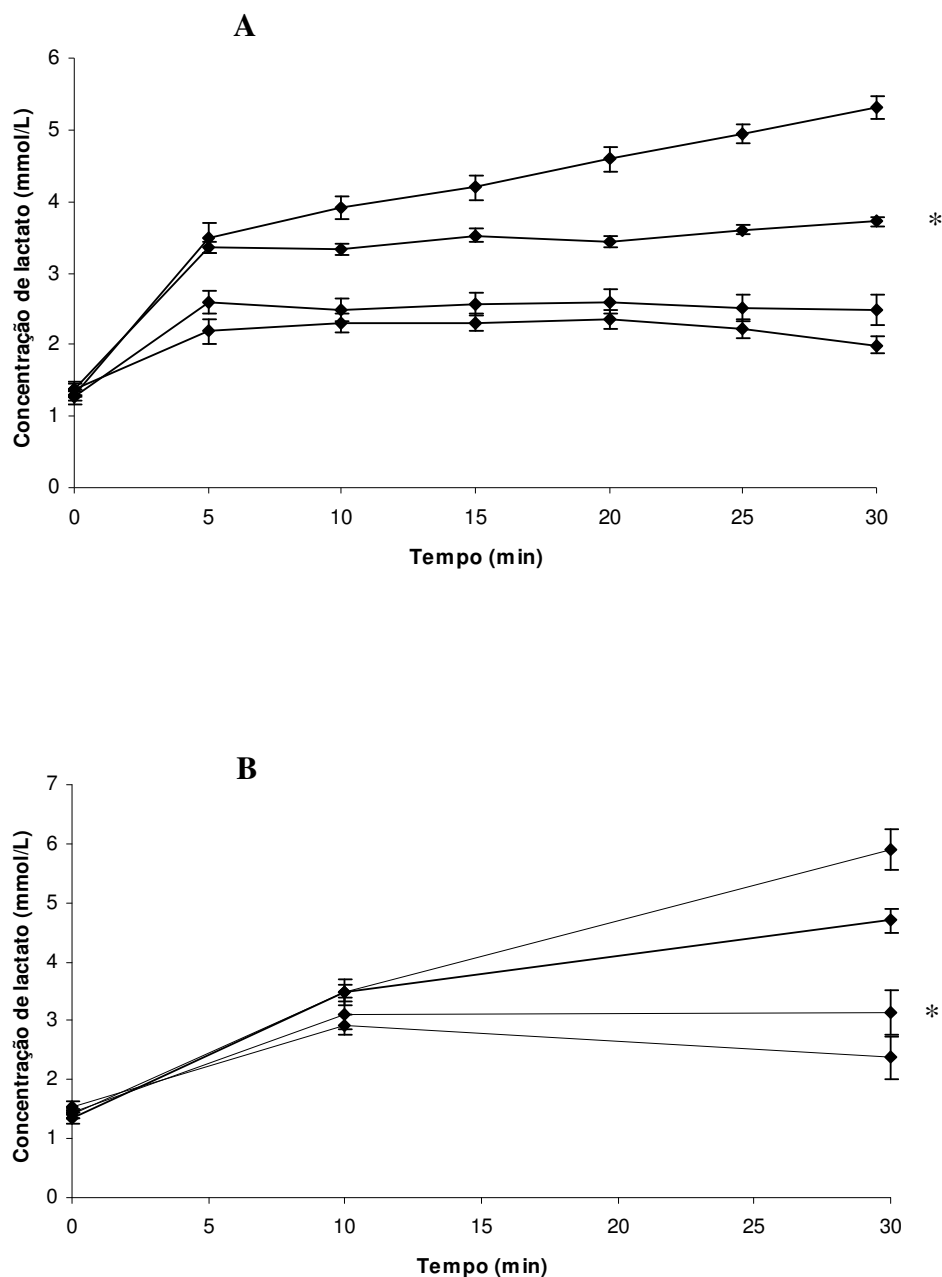


Figura 1.2 Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ EPM) *versus* tempo de esforço obtido por: A) protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo com coletas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de exercício (MFEL₆), e B) lactacidemia observada por meio do protocolo de máxima fase estável de lactato com coletas de sangue aos 10 e 30 minutos de exercício (MFEL₂). As intensidades de nado (s/100m) correspondentes a MFEL₆ foram $71,83 \pm 1,11$; $73,83 \pm 1,11$; $77,45 \pm 1,11$ e $81,55 \pm 0,80$. As intensidades correspondentes a MFEL₂ foram $74,61 \pm 0,97$; $76,33 \pm 0,97$; $78,83 \pm 0,90$ e $80,85 \pm 0,96$. * Indica a intensidade de nado (s/100m) na qual ocorreu estabilização das concentrações de lactato.

A tabela 1.2 mostra a média $\pm$ EPM das concentrações de lactato sanguíneo obtidos durante os minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 nos protocolos de determinação da MFEL-L₆, e, nos minutos 10 e 30 do protocolo de MFEL₂. Não foram observadas diferenças significativas entre os valores de lactato sanguíneo nos minutos 10 e 30 dos dois protocolos.

Tabela 1.2 Valores médios $\pm$ EPM das concentrações de lactato sanguíneo (mmol/L) nos minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 obtidos durante a realização do protocolo de máxima fase estável de lactato com coletas sanguíneas a cada 5 minutos de esforço (MFEL₆), e, máxima fase estável de lactato no protocolo utilizando coletas sanguíneas no 10º e 30º minutos de teste (MFEL₂).

	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos	25 minutos	30 minutos
MFEL-L ₆	3,40 $\pm$ 0,07	3,39 $\pm$ 0,06	3,57 $\pm$ 0,07	3,51 $\pm$ 0,08	3,59 $\pm$ 0,06	3,67 $\pm$ 0,06
MFEL-L ₂	x	3,41 $\pm$ 0,04	x	x	x	3,80 $\pm$ 0,06

A velocidade da V400 foi de 67,77 $\pm$ 0,81 s/100m, e todos os parâmetros aeróbios analisados nesse experimento foram significativamente correlacionados com a V400 (r=0,93, P= 0,001; r=0,93, P= 0,001; e r=0,92, P= 0,001) para Vcrit, MFEL₆ e MFEL₂ respectivamente.

DISCUSSÃO

O principal resultado desse estudo foi que, para nadadores competitivos de alto nível, as intensidades obtidas pelos protocolos de Vcrit e de determinação da MFEL₆, superestimaram em aproximadamente 4% a intensidade de nado obtida por meio de protocolo utilizando apenas 2 coletas sanguíneas, aos 10 e 30 minutos de esforço (MFEL₂).

A Vcrit é matematicamente definida como a intensidade de exercício que pode teoricamente, ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão (Wakayoshi et al., 1992a), e vários estudos sugerem a utilização da Vcrit durante os ciclos de treinamento como um índice seguro para determinar a capacidade aeróbia de nadadores (Dekerle et al., 2002; Wakayoshi et al., 1992b, 1993; Toissant et al., 1998; Papoti et al., 2005, Guaratachea et al., 2006). Entretanto, enquanto os estudos acima citados sugerem a possível utilização da Vcrit como um preditor da performance aeróbia de atletas, outros estudos verificaram que a Vcrit superestimou a MFEL, e não concordam com a utilização desse parâmetro para avaliar seguramente a condição aeróbia de atletas durante ciclos de treinamento (Martin et al., 2000; Taylor, 2001; Brickley et al., 2002; Pringle e Jones 2002; Rodriguez et al., 2003; Dekerle et al., 2003, 2005a; di Prampero et al., 2008).

Assim como em nosso estudo, para o protocolo de MFEL₂, Dekerle et al. (2005a) verificaram que a Vcrit superestimou a intensidade de MFEL em um grupo de nadadores, e ressalta que a utilização da intensidade de esforço referente à Vcrit deve ser usada com cautela nas sessões de treinamento.

Mais recentemente, di Prampero et al. (2008) verificaram que a intensidade referente à Vcrit calculada pelo modelo linear distância-tempo superestimou a MFEL em 4, 16, 7

e 11% para os nados borboleta, costas, peito e crawl, respectivamente. Esses autores relatam ainda que, mesmo após observar significativa correlação entre V_{crit} e MFEL ($r=0,87$), a V_{crit} não representou a máxima intensidade de esforço que pode ser mantida sem o aumento contínuo das concentrações de lactato sanguíneo, e, que a determinação direta da MFEL é necessária para mensurar a capacidade aeróbia dos nadadores.

Em natação, é sabido que o gasto energético não é constante ao aumento da velocidade de nado, desse modo existem duas teorias para explicar diferentes achados com relação à V_{crit} .

O primeiro estaria relacionado às distâncias preditivas utilizadas nos estudos envolvendo a V_{crit} . Martin e White (2000) utilizaram distâncias de 100, 200, 400, 800 e 1500m e verificaram que a V_{crit} foi maior comparada ao limiar anaeróbio. Dekerle et al. (2002) utilizaram distâncias de 200 e 400m e não relataram diferenças entre V_{crit} e velocidade máxima de 30 minutos. Rodriguez et al. (2003) determinaram a V_{crit} a partir das distâncias de 100 e 400m e verificaram que a V_{crit} apresentou valores superiores ao limiar anaeróbio. di Prampero et al. (1999) preconiza que para o uso do modelo linear distância-tempo para a determinação da V_{crit} , os estoques anaeróbios do atleta têm que ser completamente utilizados. Assim, ao levar esse critério em consideração, os tempos limites ideais para as intensidades pré-determinadas estariam em torno de 2 a 15-20 minutos (Hill, 1993; Hill e Ferguson, 1999; Bricley et al., 2002). Entretanto, os tempos de exaustão mais próximos ao limite superior desse critério podem acarretar em valores mais baixos de V_{crit} (Dekerle et al., 2002; Wright e Smith, 1994) e consequentemente reduzir a diferença entre V_{crit} e MFEL.

No presente estudo, as médias dos tempos para as distâncias de 200, 300, 400 e 500m foram ($2,1 \pm 0,02$; $3,35 \pm 0,09$; $4,52 \pm 0,08$; $5,84 \pm 0,11$ minutos),

respectivamente. Desse modo, acreditamos que provavelmente a MFEL foi superestimada por conta do baixo tempo de duração das cargas preditivas escolhidas.

Entretanto, é sabido que, na prática se torna inviável a utilização de muitas distâncias para a determinação da Vcrit, haja vista que, as rotinas de treinamento de nadadores de alto nível são extensas, o que dificulta a aplicação de muitas distâncias nesse teste.

O segundo é que a utilização da relação distância-tempo pode ser influenciada pelo condicionamento físico dos nadadores. Assim, diferentes níveis de condicionamento aeróbio podem exercer grande influência sobre os valores de Vcrit, uma vez que, na natação o volume de treinamento aeróbio ao longo dos ciclos de treinamento é muito maior do que as séries de treino exaustivas, o que acarretaria em altos valores de Vcrit após a realização do teste (Dekerle et al., 2005a).

Contudo, esse aspecto tem que ser analisado com cautela visto que existem vários métodos de treinamento e que os mesmos vão ao encontro das características do treinador e do atleta (velocistas ou fundistas), não necessariamente apresentando características predominantemente aeróbias na maior parte das sessões diárias de treinamento e ao longo dos ciclos da periodização.

Nossos resultados mostraram que a intensidade referente à Vcrit e à MFEL₆ foram maiores do que a intensidade de MFEL₂. Apesar disso, no caso da Vcrit, esse parâmetro apresentou significativa correlação com ambos os protocolos de determinação da MFEL (Vcrit vs MFEL₆, $r=0,91$, $P=0,001$; Vcrit vs MFEL₂, $r=0,86$, $P=0,001$).

É importante salientar que a V400 foi significativamente correlacionada com os 3 protocolos acima citados, sugerindo a utilização dos métodos na predição da performance máxima de 400m.

A MFEL é definida como a mais alta intensidade de exercício obtida durante cargas constantes de exercício e representa um equilíbrio entre a produção e remoção de lactato (Mattern et al., 2003). Nas últimas duas décadas, vários estudos determinaram a MFEL em ciclo ergômetro (Urhausen et al., 1993; Beneke, 2003), corrida (Mocellin et al., 1990; Williams & Armstrong, 1991; Billat et al., 1994) e natação (Dekerle et al., 2005a) por meio de diferentes protocolos. As modificações mais observadas entre os protocolos incluem desde o tempo de duração total dos testes até o critério de determinação das respostas das concentrações de lactato sanguíneo por unidade de tempo, a fim de obter resultados mais precisos da condição aeróbia dos atletas durante ciclos de treinamento (Beneke, 2003).

Na natação, Dekerle et al. (2005b) demonstraram que a intensidade referente à MFEL representa não somente uma transição fisiológica entre as intensidades de exercício submáximas de moderada a severa, mas também um limite biomecânico do momento em que o comprimento da braçada começa a ser comprometido. Desse modo, a intensidade referente à MFEL parece representar uma intensidade ideal para preservar a mecânica de nado (Baron et al., 2003) enquanto desenvolve a capacidade aeróbia (Dekerle et al., 2005b).

Em 2003, Beneke avaliou 3 diferentes métodos de determinação da MFEL em cicloergômetro, sendo que no 1º (MFEL I) a intensidade referente à MFEL do avaliado foi calculada através do método original (Heck et al., 1985), utilizando critérios de variação das concentrações de lactato sanguíneo igual ou inferior a 1mmol/L do décimo

ao trigésimo minuto de exercício. Nos 2º (MFEL II) e 3º (MFEL III) métodos, esses autores utilizaram o critério de alteração lactacidêmica menor que 0,5mmol/L e 0,2mmol/L respectivamente, do décimo ao vigésimo minuto de esforço. Os autores verificaram que as intensidades referentes à MFEL obtidas através dos 3 protocolos foram significativamente diferentes, concluindo que métodos distintos de determinação da intensidade correspondente à MFEL implicam em resultados diferentes e distintas concentrações de estabilização do lactato sanguíneo.

Em nosso estudo foi possível observar diferentes intensidades de MFEL quando manipuladas as pausas para a coleta de lactato sanguíneo (MFEL₆ e MFEL₂). Entretanto, as concentrações de lactato não foram significativamente diferentes entre os protocolos, resultando em valores similares no 10º e 30º minutos de esforço. É provável que essa concentração de lactato não tenha sido alterada devido aos tempos totais de duração dos testes terem sido idênticos, diferentemente do observado no estudo de Beneke (2003).

Em natação, as rotinas de treinamento realizadas durante as diferentes fases da periodização não se resumem apenas à realização de esforços em nado livre e em intensidades constantes, mas sim em um conjunto de estímulos em intensidades acima, abaixo e na intensidade de MFEL (Maglisho, 1993; Papoti, 2007). Além disso, os nadadores do presente estudo são atletas caracteristicamente velocistas que, durante os ciclos de treinamento impostos na periodização completa, não realizam séries de treinamento de 30 minutos de duração com cargas constantes. Desse modo, o período necessário para realizar uma coleta sanguínea (aproximadamente 30 segundos) a cada 5 minutos de um protocolo constante parece promover uma rápida recuperação do atleta,

superestimando assim a intensidade obtida em MFEL₆, o que não ocorreu na situação MFEL₂.

Assim sendo, entendemos que este é o primeiro estudo preocupado em verificar se a quantidade de pausas para coletas sanguíneas durante um protocolo contínuo de 30 minutos na natação pode interferir na identificação da intensidade de MFEL, e consequentemente verificar se há relação da mesma com outros métodos de determinação da capacidade aeróbia de nadadores (Vcrit e V400). No caso da Vcrit e da MFEL₆, verificamos que os protocolos utilizados por nós sugerem resultados superestimados da capacidade aeróbia. No caso da V400, não é possível uma análise de similaridade entre as intensidades de nado, mas houve correlações significativas dessa variável com todos os parâmetros analisados.

As intensidades referentes à MFEL foram diferentes entre os protocolos, sendo os mesmos significativamente correlacionados ($r=0,97$). Porém, interessante, as concentrações de lactato obtidas nas intensidades de MFEL para os dois protocolos variaram de 3,39 a 3,80 mmol/L, o que é similar a valores de concentração de lactato sanguíneo na MFEL observados em protocolos experimentais na natação (Pereira et al., 2002). Pereira et al. (2002) verificaram que a MFEL foi próxima a capacidade aeróbia quando assumida a concentração fixa de 3,5mmol/L, mesmo com a duração dos esforços em torno de 5 minutos. Dekerle et al. (2002) observaram após o término de teste máximo de 30 minutos valores de concentrações de lactato de $3,68 \pm 1,58$ mmol/L.

Em conclusão, o presente estudo mostrou que embora a intensidade de Vcrit tenha sido altamente relacionada com as intensidades obtidas em ambos os protocolos de determinação da MFEL, foi significativamente maior quando comparada com o protocolo de MFEL₂ devendo ser usada com cautela na prescrição das intensidades de

nado durante sessões de treinamento. O protocolo de MFEL na natação com pausas a cada 5 minutos (MFEL₆) para a coleta de amostras sanguíneas durante 30 minutos de esforço em carga contínua superestimou a intensidade de MFEL obtida com pausas para coletas apenas no 10º e 30º minutos de teste (MFEL₂), sugerindo que o método “*Gold Standard*” de determinação da capacidade aeróbia parece ser protocolo-dependente. As concentrações de lactato sanguíneo obtidas aos 10 e 30 minutos de teste por meio de 2 diferentes protocolos de determinação da MFEL não foram significativamente diferentes. A V400 pode ser utilizada como um índice preditivo de capacidade aeróbia de nadadores.

AGRADECIMENTOS

Esse estudo foi financiado pela CAPES, pela Fundunesp (processo número 00408/07-DFP) e pelo CNPq (processo número 301601/2006-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARON, B.; DEKERLE, J.; ROBIN, S.; NEVIERE, R.; DUPONT, L.; MATRAN, R.; VANVELCENAHHER, J.; ROBIN, H.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. **Int J Sports Med**, v.24, p.582–7, 2003.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S.P. Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events. **Med Sci Sports Exerc**, v.28, p. 241–6, 1996.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. **Eur J Appl Physiol**, v.89, p. 95-9, 2003.

BILLAT, V.; DALMAY, F.; ANTONINI, M.T.; CHASSAIN, A.P. A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 69, p. 196–202, 1994.

BILLAT, V.L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J.P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state a Bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v.33 (6), p. 407-26, 2003.

BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C.A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p. 146– 51, 2002.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Med Sci Sports Exerc**, v.31, p. 837-45, 1999.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; DELAPORTE, B.; GOSSE, N.; HESPEL, J.M.; SIDNEY, M. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. **Int J Sports Med**, v.23, p. 93–8, 2002.

DEKERLE, J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHAR, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation Threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v.89, p. 281–8, 2003.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; CLIPET, B.; DEPRETZ, S.; LEFEVRE, T.; SIDNEY, M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **Int J Sports Med**, v. 26(7), p. 524–30, 2005a.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; CLIPET, B.; LEFEVRE, T.; DEPRETZ, S.; SIDNEY, M.; MARCHAND, F.H.; PELAYO, P. Stoking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. **Int J Sports Med**, v.26(1), p.53-8, 2005b.

di PRAMPERO, P.E. The concept of critical velocity: a brief analysis. **Eur J Appl Physiol**, v.80, p. 162–4, 1999.

di PRAMPERO, P.E.; DEKERLE, J.; CAPELLI, C.; ZAMPARO, P. The critical velocity in swimming. **Eur J Appl Physiol**, v.102, p.165–71, 2008.

ENGEL, R. C.; JONES, J.B. Causes and elimination of erratic blanks 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. **Anal Biochem**, v. 88, p. 475-484, 1978.

GARATACHEA, N.; ABADÍA, O.; GARCÍA-ISLA, F.J.; SARASA, F.J.; BRESCIANI, G.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; DE PAZ, J.A. Determination and validity of critical swimming velocity in elite physically disabled swimmers. **Disability and Rehabilitation**, v. 28(24), p.1551–6, 2006.

HARNISH, C.R.; SWENSEN, T.C.; PATE, R.P. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p. 1052-55, 2001.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med**, v.6, p. 117–30, 1985.

HILL, D.W. The critical power concept. **Sports Med**, v.16, p. 237–54, 1993.

HILL, D.W.; FERGUSON, C.S. A physiological description of critical velocity. **Eur J Appl Physiol**, v.79, p. 290–3, 1999.

JONES, A.M.; DOUST, J.H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v.30, p. 1304-13, 1998.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Rev Paul Educ Fís**, v.10, p. 5-20, 1996.

MAGLISCHO, E. **Swimming even faster**. Mountain View; 1993.

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

MATTERN, C.O.; GUTILLA, M.J.; BRIGHT, D.L.; KIRBY, T.E.; HINCHCLIFF, K.W.; DEVOR, S.T. Maximal lactate steady state declines during the aging process. **J Appl Physiol**, v.95, p. 2576–82, 2003.

MOCELLIN, R.; HEUSGEN, M.; KORSTEN-RECK, U. Maximal steadystate blood lactate levels in 11-year-old-boys. **Eur J Pediatr**, v.149, p. 771–3, 1990.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A.M.; MENDES, O.; GOBATTO, C.A. Use of invasive and non-invasive protocol tests on aerobic and anaerobic performances prediction in Brazilian swimmers. **Port J Sports Sci**, v.5(1), p.7-14, 2005.

PAPOTI, M. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e no treinamento de nadadores**. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade, 2007.

PEREIRA, R.; PAPOTI, M.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Validation of two Protocols for Determination of Anaerobic Threshold in Swimming. **Motriz**, v.8(2), p. 57-61, 2002.

PRINGLE, J.S.M.; JONES, A.M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p. 214–26, 2002.

RODRIGUEZ, F.A.; MORENO, D.; KESKINEN, K.L. Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard JC (ed). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. Saint- Etienne: University of Saint Etienne, p. 385–90, 2003.

TAYLOR, S.A. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes **Int J Sports Med**, v.21, p. 366–8, 2001.

TOUSSAINT, H.M.; WAKAYOSHI, K.; HOLLANDER, P.A.; OGITA, F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v.30, p. 144-51, 1998.

URHAUSEN, A.; COEN, B.; WEILER, B.; KINDERMANN, W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady-state. **Int J Sports Med**, v.14, p. 134–9, 1993.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y. & MIYASHITA, M. The simple method for the determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **Int J Sports Med**, v.13, p.367-71, 1992a.

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

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **Eur J Appl Physiol**, v.66, p. 90 – 5, 1993.

WILLIAMS, J.R.; ARMSTRONG, N. Relationship of maximal lactate steady-state to performance at fixed blood lactate reference values in children. **Ped Exerc Sci**, v.3, p. 333–41, 1991.

WRIGHT, B.; SMITH, D.J. A protocol for the determining of critical speed as an index of swimming endurance performance. **Med Sci Sports Exerc**, v.39, p. 55–9, 1994.

ESTUDO 2

VALIDAÇÃO DE PROTOCOLO NÃO EXAUSTIVO PARA A DETERMINAÇÃO DA MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO EM NADOS LIVRE E ATADO

RESUMO

Com o objetivo de determinar a intensidade de transição entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio correspondente a MFEL, vários estudos propuseram metodologias variadas, por meio de protocolos invasivos e não invasivos, destinados à avaliação e prescrição da intensidade ideal de treinamento aeróbio. O objetivo desse estudo foi padronizar um protocolo não exaustivo (invasivo e não-invasivo) em nados livre e atado, inicialmente sugerido por Chassain (1986), para a determinação da velocidade crítica (V_{crit}) em nadadores e verificar se existe relação entre essa intensidade e a de MFEL, determinada classicamente. Além disso, esse estudo almejou verificar a reprodutibilidade e validade do método Chassain para natação. Para isso 12 nadadores ($22,7 \pm 0,84$ anos) realizaram quatro avaliações organizadas da seguinte forma: 1º) Determinação da MFEL em nado livre, 2º) Determinação da V_{crit} calculada pelo método Chassain (1986), bem como sua reprodutibilidade, 3º) Determinação da MFEL em nado atado, e, 4º) Determinação da força crítica (F_{crit}) em nado atado calculada pelo método Chassain (1986), bem como sua reprodutibilidade. Durante os testes de performance foram coletados 25 μ L de sangue do lóbulo da orelha posterior leitura das concentrações de lactato sanguíneo (mM) por método enzimático. O teste ANOVA one-way, seguido de post-hoc de *Newman Keuls* (quando necessário) foi utilizado para verificar as possíveis diferenças entre as intensidades de MFEL, delta FC ($V_{crit\Delta FC}$) teste e re-teste, e delta lactato ($V_{crit\Delta LAC}$) teste e re-teste em nados livre e atado. A análise de correlação de Pearson foi usada para verificar as relações entre os parâmetros acima citados. Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$. As intensidades (s/100m) de $V_{crit\Delta FC}$ teste, $V_{crit\Delta FC}$ re-teste, $V_{crit\Delta LAC}$ teste e $V_{crit\Delta LAC}$ re-teste não foram significativamente diferentes da intensidade de MFEL tanto para os nados livre quanto atado. A análise de correlação de Pearson revelou ainda elevadas correlações entre os parâmetros analisados. Desse modo, podemos concluir que o protocolo não exaustivo de duplos esforços adaptado à natação é uma metodologia simples, reprodutiva e válida para a determinação da capacidade aeróbia de nadadores em nados livre e atado.

Palavras-chave: natação, máxima fase estável de lactato, protocolo não exaustivo.

ABSTRACT

To determine the aerobic/anaerobic metabolism transition during continuous exercise, corresponding to the maximal lactate steady state (MLSS), several studies proposed varied methodologies, through invasive and non invasive protocols, destined to the evaluation and prescription of the aerobic training ideal intensity. The aim of the study was to standardize a double bouts exercise test for non-exhaustive aerobic capacity determination (CSV determined by Chassain, (1986) method - CSV_{CH}) in swimming and to compare these results with MLSS, determined classically. Twelve male swimmers (22.7 ± 0.84 years) took part of this study and accomplished 4 tests: 1) MLSS determination in free swimming (MLSS_F), 2) Two tests of CSV_{CH} in free swimming (CSV_{CHF}), 3) MLSS determination in tethered swimming (MLSS_T), and 4) Two tests of CSV_{CH} in tethered swimming (CSV_{CHT}). Blood samples (25 μ L) were taken from earlobes of the subjects during the performances tests. Blood lactate concentration was assayed by enzymatic method. Heart rate was also measured in protocol 2 and 4. ANOVA one way test followed by Newman Keuls were used to compare MLSS, CSV_{CH} delta HR and lactate intensities in free and tethered swimming. Correlations between above mentioned parameters responses were determined using the Pearson correlation coefficient. A significance level of 5% was chosen. The intensities of CSV_{CHF} and CSV_{CHT} for HR and lactate were not significantly different from MLSS_F and MLSS_T, respectively. Pearson correlation coefficient showed significantly relation between analyzed parameters. In conclusion, double bouts exercise test for non-exhaustive aerobic capacity, adapted to the swimming is a simple methodology, reproductive and valid for the determination of aerobic capacity in swimmers in free or tethered swimming.

Keywords: swimming, maximal lactate steady state, non-exhaustive aerobic capacity protocol.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um programa de treinamento precisamente controlado é de fundamental importância para que a máxima performance atlética seja obtida no momento certo do ciclo de treinamento, neste caso, na competição (Maglischo, 1993). Por outro lado, Pyne (2001) acredita que o programa de treinamento deve integrar não somente os aspectos de volume e intensidade de treino, mas também aspectos que contribuam para performance, como a técnica de nado, condicionamento físico, treinamento mental, além da competição propriamente dita.

Com o objetivo de avaliar a capacidade aeróbia e anaeróbia de nadadores e assim prescrever as intensidades adequadas de treinamento, vários técnicos e fisiologistas empregam o uso de métodos invasivos e não invasivos de avaliação física, o que é de fundamental importância para o sucesso da periodização.

Várias pesquisas se empenharam em desenvolver protocolos capazes de mensurar as capacidades aeróbia e anaeróbia de atletas. Dentre as ferramentas utilizadas por técnicos e pesquisadores na prescrição e controle do treinamento da capacidade aeróbia em natação, destacam-se a determinação do limiar anaeróbio (Lan) através da mensuração das concentrações do lactato sanguíneo (Pelayo et al., 1996; Silva et al., 2005).

Das técnicas amplamente utilizadas para mensuração do limiar anaeróbio, a determinação de máxima fase estável de lactato (MFEL) é considerada como o protocolo "padrão ouro" na determinação do Lan (Hagberg & Coyle, 1983; Billat et al., 2003; Beneke, 2003). A MFEL é definida como a mais alta intensidade de exercício em que existe equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo durante

protocolos de cargas constantes (Hagberg & Coyle, 1983; Harnish et al., 2001; Silva et al., 2005).

Embora muito utilizada por equipes esportivas de alto nível que, normalmente, disponibilizam de um fisiologista do exercício entre os membros da comissão técnica, a mensuração da capacidade aeróbia pela MFEL exige a disponibilidade de equipamentos sofisticados, o uso de procedimentos invasivos, elevado custo operacional por atleta, e ainda devido ao número de testes necessários, promove grande interferência na periodização, tornando sua utilização limitada. Infelizmente, nem todas as equipes dispõem de suporte financeiro necessário para a aquisição de equipamentos específicos para a realização de avaliações constantes utilizando a lactacidemia.

O teste de potência crítica (P_{crit}) proposto inicialmente por Monod e Scherrer (1965) e modificado por Wakayoshi et al. (1992) para velocidade crítica (V_{crit}) na última década, tem sido amplamente utilizado na natação, e é definido como a máxima intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo, sem a ocorrência de exaustão.

Em 1986, Chassain desenvolveu uma metodologia, baseada na realização de duplos esforços em mesma intensidade de exercício, visando à determinação da P_{crit} em exercício executado em cicloergômetro. O método então conhecido como Chassain ou método dos “duplos esforços” consiste em submeter o indivíduo a dois esforços de exercício de mesma intensidade, com duração de três minutos cada uma, separados por um intervalo de recuperação passiva de 1,5 minutos. Ao final do primeiro e do segundo esforços, a frequência cardíaca (FC) é registrada, permitindo analisar a variação de FC entre o primeiro ($E1$) e o segundo ($E2$) esforço utilizando a equação: $\Delta FC = FC_{E2} - FC_{E1}$. Se esse procedimento for realizado com exercícios de diferentes intensidades, pode-se

obter vários ΔFC s (aproximadamente quatro como preconizado por Chassain, 1986). Com os resultados obtidos, plota-se um gráfico “intensidade versus ΔFC ” e, por ajuste linear, pode ser determinada a potência crítica, como sendo o coeficiente linear da reta de regressão, ou “intercepto y” e portanto, a intensidade em que o $\Delta FC=0$. Assim, teoricamente, temos a intensidade da máxima fase estável da FC, entendida pelos autores como sendo a potência crítica. A grande importância dessa metodologia está na possibilidade de determinação da potência crítica a partir de cargas preditivas não-exaustivas.

Além da FC, podem ser utilizados os comportamentos de lactato sanguíneo e consumo de oxigênio (VO_2) para a mesma análise.

Apesar desse protocolo ter sido inicialmente sugerido para avaliação aeróbia realizada em cicloergômetro, o método foi adaptado com sucesso à outros tipos de exercício, tais como corrida em esteira rolante e natação executada por ratos Wistar (Manchado et al., 2006). Devido a elevada aplicabilidade do procedimento haja vista sua característica não exaustiva bem como a grande correlação de seus resultados com a máxima fase estável de lactato em estudos anteriores, acreditamos na importância da padronização desse teste também para a natação de alto rendimento, executada por humanos.

Adicionalmente, esforços em nado atado são muito utilizados nas rotinas de treinamento em natação, com o objetivo de aprimorar parâmetros como a força e potência durante esforços anaeróbios, que são de fundamental importância para o desenvolvimento do nadador (Papoti et al., 2005).

Desse modo, o objetivo desse estudo foi padronizar um protocolo não exaustivo (invasivo e não-invasivo), em nados livre e atado, inicialmente sugerido por Chassain

(1986), para a determinação da velocidade crítica em nadadores e verificar se existe relação entre essa intensidade e MFEL, determinada classicamente. Além disso, esse estudo almejou verificar a reprodutibilidade e validade do método Chassain para natação realizada com humanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Foram avaliados 12 nadadores com idade de $22,7 \pm 0,9$ anos, todos do sexo masculino, atletas de nível nacional e internacional, filiados à Federação Aquática Paulista (FAP) e à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA). Os participantes foram informados sobre todos os procedimentos invasivos e não-invasivos ao qual seriam submetidos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro (Protocolo 6941), autorizando a participação no estudo.

Procedimentos

O presente estudo foi realizado durante o período de polimento dos atletas e foi organizado de modo que os testes realizados fizessem parte das sessões do programa de treinamento dos nadadores, estabelecidos pelo técnico da equipe. Dessa forma, foi mínima a influência das avaliações sobre o ciclo de treinamento proposto, bem como às competições. O estudo foi composto por quatro avaliações, organizadas da seguinte forma: 1º) Determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL) em nado livre por

protocolo sugerido por Heck et al. (1985), 2º) Determinação da velocidade crítica (Vcrit) em nado livre calculada pelo método Chassain (1986), bem como sua reprodutibilidade; 3º) Determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL) em nado atado por protocolo sugerido por Heck et al. (1985), e, 4º) Determinação da força crítica (Fcrit) em nado atado calculada pelo método Chassain (1986), bem como sua reprodutibilidade. Os testes de MFEL em nado livre e atado foram compostos por 4 cargas separadas por um período de 24h, e foram realizados de forma aleatória e randômica para excluir qualquer possibilidade de adaptação ao método. O teste de Vcrit foi composto por 4 intensidades de nado, as quais foram realizadas em dois dias consecutivos, em intervalos mínimos de 4 horas. O teste de Fcrit foi semelhante ao protocolo de determinação da Vcrit, e as intensidades de nado variaram de 70 a 120N. Todas as avaliações foram realizadas em piscina aberta de 25m da Universidade de Ribeirão Preto, com temperatura da água mantida a 27°C. Previamente aos esforços, os nadadores realizaram um aquecimento habitual de 800m utilizando somente o nado crawl com intensidade fácil à moderada, determinada subjetivamente pelos nadadores.

Testes

1) Determinação da máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L)

Para a determinação da MFEL-L, os nadadores foram submetidos a 4 intensidades de nado em estilo crawl, determinadas pelo técnico da equipe com base nos estímulos utilizados nas sessões de treinamento. O teste consistiu de um único estágio de 30 minutos, sendo que aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha dos nadadores para posterior determinação das concentrações de lactato sanguíneo por método enzimático. O intervalo de tempo entre

a aplicação de uma carga e outra foi de 24h. A MFEL-L foi assumida como a maior intensidade de nado em que o aumento na concentração de lactato foi igual ou inferior a 1 mM, do décimo ao trigésimo minuto de exercício.

2) Determinação da velocidade crítica (V_{crit}) em nado livre pelo método proposto por Chassain (1986)

Para a determinação da V_{crit} por protocolo não-exaustivo (Chassain, 1986), os atletas foram submetidos a dois esforços de mesma intensidade, com duração de 3 minutos cada, separados por um intervalo passivo de 1,5 minuto. Ao final de cada esforço de 3 minutos, os atletas pararam no local em que se encontravam na piscina, totalizando, desse modo, 3 minutos completos de esforço. Para cada uma das 4 intensidades de nado foram obtidos os valores de delta FC ($V_{crit\Delta FC}$) e delta lactato ($V_{crit\Delta LAC}$), subtraindo os valores de FC e da lactacidemia obtida ao final do segundo esforço (FC_2 e LAC_2) dos valores de FC e da concentração de lactato obtidos ao final do primeiro esforço (FC_1 e LAC_1). Com os deltas frequência cardíaca e lactato verificados em cada intensidade de nado (s/100m), foram realizados os procedimentos de interpolação linear individual para cada um dos parâmetros, os quais forneceram as intensidades de nado correspondentes aos deltas “frequência cardíaca e lactato” zero. Tais intensidades foram assumidas como sendo as V_{crits} ($\Delta FC=0$ e $\Delta LAC=0$), calculadas pelo método Chassain (1986). A figura 2.1 mostra o protocolo experimental utilizado para o cálculo da V_{crit} baseada no método Chassain (1986).

Após a realização do protocolo 2, os atletas foram novamente submetidos a realização do mesmo. Esse re-teste foi realizado nas mesmas intensidades e foram assumidos os mesmos critérios de determinação da V_{crit} por meio do protocolo

sugerido por Chassain (1986), a fim de verificar a reprodutibilidade do método para esse grupo de nadadores bem treinados.

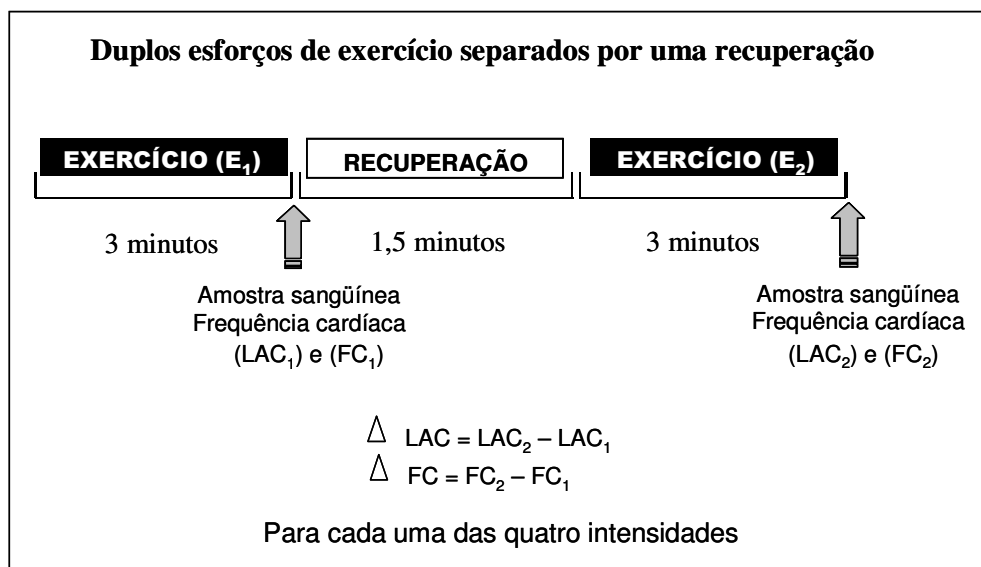


Figura 2.1 Protocolo experimental adaptado de Manchado et al. (2006) e utilizado no presente estudo para a determinação da velocidade crítica (Vcrit) baseada no método Chassain (1986).

3) Determinação da máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A)

Para a determinação da Fcrit, foi utilizado um protocolo de nado atado padronizado por Papoti et al. (2005), através da substituição do fio de aço por corda elástica (tubo cirúrgico comercial nº 204). Esse sistema contém célula de carga (*strain gages*) como elemento sensor primário com capacidade de 1000N. Desse modo, durante as avaliações, um dinamômetro (Lutron FG-100KG) esteve preso à barra de saída do nado costas, e, em seu centro, foi conectada a corda elástica com 10 metros de comprimento, tendo em sua extremidade oposta um cinto de nylon, envolvendo a cintura do nadador.

Conectados ao sistema descrito anteriormente, os nadadores foram submetidos a 4 testes de 30 minutos de duração distribuídos randomicamente em intensidades que

variaram de 50N a 90N, de acordo com a percepção do atleta para sustentar o esforço. A variação entre uma carga mais ou menos intensa foi de 10N. As intensidades de nado foram controladas por meio de cones dispostos juntamente a borda da piscina nas marcas de 10m, 12m, 14m, 16m e 18m (correspondendo a 50N, 60N, 70N, 80N e 90N, respectivamente), sendo que os nadadores foram orientados a permanecerem com a cabeça próxima a essas marcas durante a realização de cada esforço (Figura 2.2).

A exaustão foi assumida como a incapacidade do nadador manter a intensidade de nado previamente definida por tempo igual a 10 segundos, ou por manifestação voluntária. Na realização desse protocolo, as intensidades foram também duplamente controladas, como já descritas anteriormente.

Semelhante ao protocolo 1, os esforços foram separados por um período de 24 horas. Durante as cargas contínuas, aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de teste foram extraídos 25ul de sangue do lóbulo da orelha para posterior determinação das concentrações de lactato sanguíneo. Para facilitar o procedimento de coleta sanguínea sem a intervenção no comprimento da corda elástica, um avaliador segurava a corda com as mãos possibilitando que o nadador se mantivesse parado enquanto a extração de sangue era efetuada. A corda elástica era solta assim que o processo de coleta terminava.

Os valores de força obtidos nos três segundos iniciais dos minutos zero, 5, 10, 15, 20 e 25, bem como o tempo da coleta sanguínea (aproximadamente 30 segundos) foram desconsiderados para que os valores de força não sofressem influência tanto do repouso, como do início das retomadas de exercício.

A MFEL-A foi determinada por meio do critério descrito no protocolo 1.

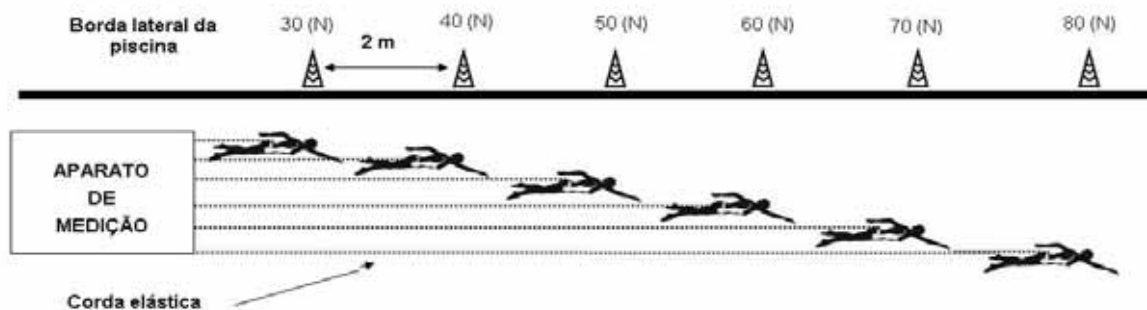


Figura 2.2 Representação esquemática da disposição dos cones na borda lateral da piscina que foram utilizados como referência no aumento das intensidades durante o teste de força crítica (F_{crit}) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (Papoti et al., 2005).

4) Determinação da força crítica (F_{crit}) em nado atado pelo método proposto por Chassain (1986)

Para a determinação da F_{crit} por protocolo não-exaustivo de duplos esforços adaptado de Chassain (1986), conectados ao sistema de células de carga descritos no protocolo 3, os atletas foram submetidos a quatro intensidades de nado em estilo crawl. O protocolo de avaliação foi idêntico ao descrito no procedimento 2, porém com os atletas atados e a intensidade sendo controlada pelo comprimento da corda elástica.. Desse modo, para cada uma das 4 intensidades de nado foram obtidos os valores de delta frequência cardíaca (ΔFC) ($F_{crit_{\Delta FC}}$) e delta lactato ($F_{crit_{\Delta LAC}}$), subtraindo os valores de FC e da lactacidemia obtida ao final do segundo esforço (FC_2 e LAC_2) dos valores de FC e da concentração de lactato obtidos ao final do primeiro esforço (FC_1 e LAC_1). Com os deltas frequência cardíaca e lactato verificados em cada intensidade de nado (força - N), foram realizados os procedimentos de interpolação linear individual para cada um dos parâmetros, os quais forneceram as intensidades de nado

correspondentes aos deltas “frequência cardíaca e lactato” zero. Tais intensidades foram assumidas como sendo as F_{crits} ($\Delta FC=0$ e $\Delta LAC=0$), calculadas pelo método Chassain (Figura 2.1)

Após a realização do protocolo 4, os atletas foram novamente submetidos a realização do mesmo. Esse re-teste foi realizado nas mesmas intensidades e foram assumidos os mesmos critérios de determinação da F_{crit} por meio do protocolo sugerido por Chassain (1986), a fim de verificar a reprodutibilidade do método para esse grupo de nadadores bem treinados.

Amostras sanguíneas e análise

Durante os testes invasivos, foram coletados 25 μ L de sangue do lóbulo da orelha em capilares heparinizados e calibrados, os quais foram imediatamente transferidos para tubos *Eppendorf* contendo 400 μ L de ácido tricloroacético (TCA) 0,3%, para a desproteinização do sangue e posterior leitura das concentrações de lactato através do método enzimático descrito por Engel e Jones (1978).

Análise estatística

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk's e Levene's, os valores apresentaram normalidade e homogeneidade. O teste ANOVA one-way, seguido do post-hoc de *Newman Keuls*, quando necessário, foi utilizado por meio do software *STATISTICA*® 6.0, visando encontrar possíveis diferenças entre a MFEL-L, $V_{crit\Delta FC}$ teste, $V_{crit\Delta FC}$ re-teste, $V_{crit\Delta LAC}$ teste e $V_{crit\Delta LAC}$ re-teste, bem como, entre MFEL-A, $F_{crit\Delta FC}$ teste, $F_{crit\Delta FC}$ re-teste, $F_{crit\Delta LAC}$ teste e $F_{crit\Delta LAC}$ re-teste. Foi utilizado teste *t* de *student* para amostras dependentes, visando comparar resultados das concentrações de lactato

sanguíneo obtidos nos minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dos testes de MFEL-L e MFEL-A. A análise de correlação de Pearson foi usada para verificar as possíveis relações entre os parâmetros em nados livre e atado acima citados. Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Os valores de delta frequência cardíaca e lactato sanguíneo apresentaram aumento linear do acordo com a intensidade de exercício, sendo observados valores maiores em cargas elevadas. O teste ANOVA one-way mostrou que as intensidades de $V_{crit\Delta FC}$ teste, $V_{crit\Delta FC}$ re-teste, $V_{crit\Delta LAC}$ teste e $V_{crit\Delta LAC}$ re-teste não foram significativamente diferentes da intensidade de MFEL-L (tabela 2.1).

Tabela 2.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (s/100m) correspondentes à velocidade crítica (V_{crit}) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca ($V_{crit\Delta FC}$, bpm) dos nadadores, intensidades (s/100m) correspondentes à V_{crit} teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo ($V_{crit\Delta LAC}$, mM) teste e re-teste, e intensidades (s/100m) correspondentes a máxima fase estável de lactato (MFEL) .

MFEL	$V_{crit\Delta FC}$ teste	$V_{crit\Delta FC}$ re-teste	$V_{crit\Delta LAC}$ teste	$V_{crit\Delta LAC}$ re-teste
$74,00 \pm 1,20$	$75,16 \pm 0,84$	$74,81 \pm 0,75$	$75,08 \pm 0,87$	$75,14 \pm 0,81$

Além disso, a $V_{crit\Delta FC}$ e a $V_{crit\Delta LAC}$ não foram significativamente diferentes tanto quando comparado teste e re-teste, como quando comparado a MFEL, sendo, portanto reprodutiva.

A análise de correlação de Pearson revelou ainda que o protocolo de V_{crit} determinado pelo método não exaustivo apresentou elevadas correlações entre teste e re-teste, ($r=0,98$, $P=0,001$ e $r= 0,91$, $P=0,001$) para $V_{crit\Delta FC}$ e $V_{crit\Delta LAC}$, respectivamente.

Com relação aos parâmetros analisados em nado atado, o teste ANOVA one-way mostrou que as intensidades de $F_{crit\Delta FC}$ teste, $F_{crit\Delta FC}$ re-teste, $F_{crit\Delta LAC}$ teste e $F_{crit\Delta LAC}$ re-teste não foram significativamente diferentes da intensidade de MFEL-A (tabela 2.2).

Assim como em nado livre, foi possível observarmos que as F_{crit} s não apresentaram diferenças significativas entre si, tanto para delta FC quanto para delta LAC.

Por meio da análise de correlação de Pearson foi possível observarmos que o protocolo de F_{crit} determinado pelo método Chassain (1986) apresentou elevadas correlações entre teste e re-teste, ($r=0,99$, $P=0,000$ e $r= 0,99$, $P=0,000$) para $F_{crit\Delta FC}$ e $F_{crit\Delta LAC}$ respectivamente.

Tabela 2.2 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (N) correspondentes à máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A), intensidades (N) correspondentes a força crítica (F_{crit}) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca ($F_{crit\Delta FC}$, bpm) dos nadadores, e intensidades (N) correspondentes à F_{crit} teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo ($F_{crit\Delta LAC}$, mM).

MFEL-A	$F_{crit\Delta FC}$ teste	$F_{crit\Delta FC}$ re-teste	$F_{crit\Delta LAC}$ teste	$F_{crit\Delta LAC}$ re-teste
70,83 $\pm$ 1,92	69,26 $\pm$ 1,88	68,94 $\pm$ 1,92	68,95 $\pm$ 1,78	69,08 $\pm$ 1,87

A figura 2.3a e b mostram o cálculo da $V_{crit\Delta FC}$ e da $V_{crit\Delta LAC}$ teste e re-teste de 1 nadador.

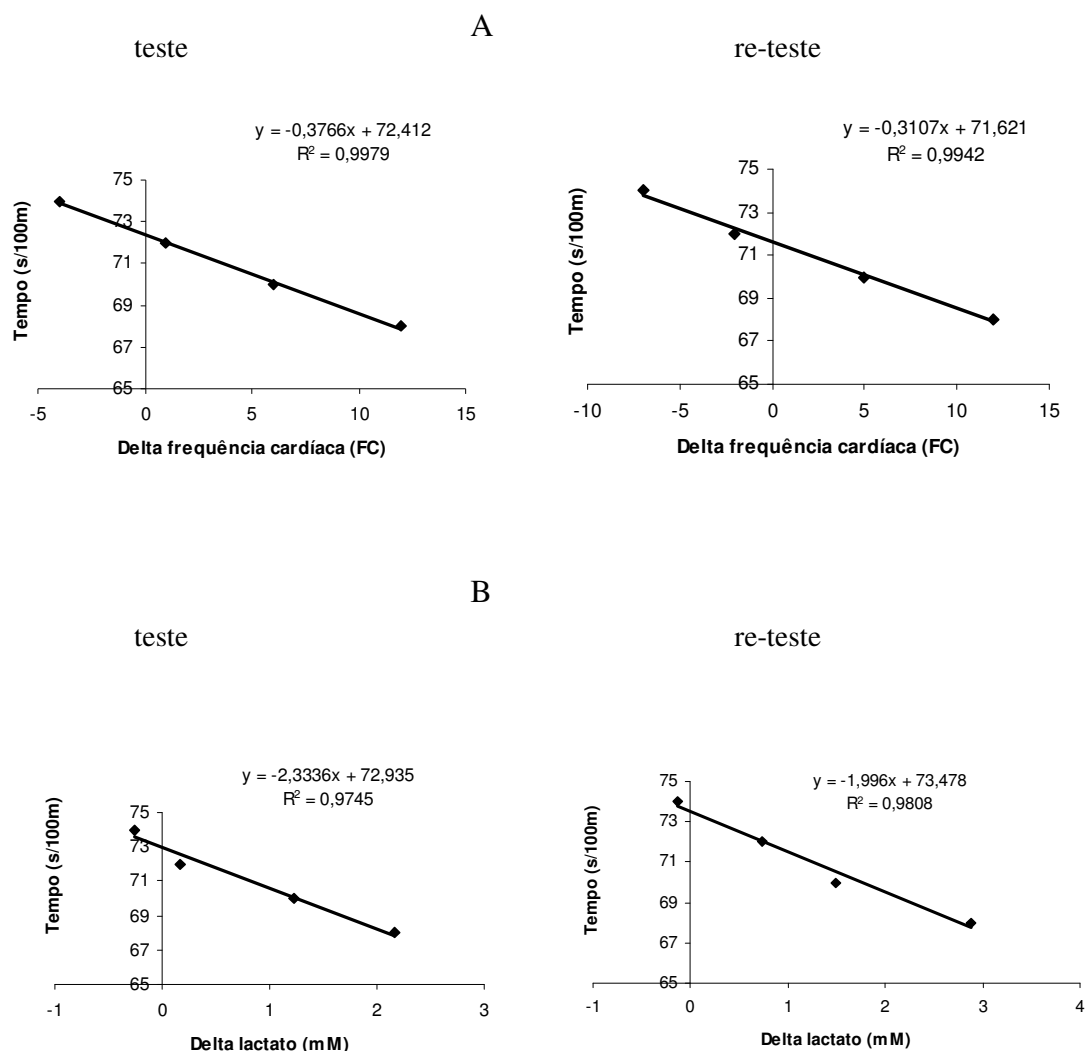


Figura 2.3 Exemplo da determinação da velocidade crítica pelo método Chassain (1986) por meio das frequências cardíacas (ΔFC) obtidas nos momentos teste e re-teste (A), e por meio concentrações de lactato sanguíneo (ΔLAC) obtidas nos momentos teste e re-teste (B) de um único nadador utilizando o procedimento não exaustivo de duplos esforços. Cada ponto expresso graficamente representa o delta lactato ou frequência cardíaca obtido em intensidade equivalente. A V_{crit} estimada corresponde ao intercepto Y da regressão linear obtida.

Foi possível verificar também que a MFEL-L apresentou elevadas correlações com a $V_{crit\Delta FC}$ teste ($r=0,92$, $P=0,001$), $V_{crit\Delta FC}$ re-teste ($r=0,80$, $P=0,02$), $V_{crit\Delta LAC}$ teste ($r=0,92$, $P=0,001$) e $V_{crit\Delta LAC}$ re-teste ($r=0,91$, $P=0,001$).

Na figura 2.4 a e b, estão expressos as regressões lineares utilizadas para obtenção das F_{crit} s, de um nadador componente da amostra, nos momentos teste e re-teste para os deltas FC e LAC.

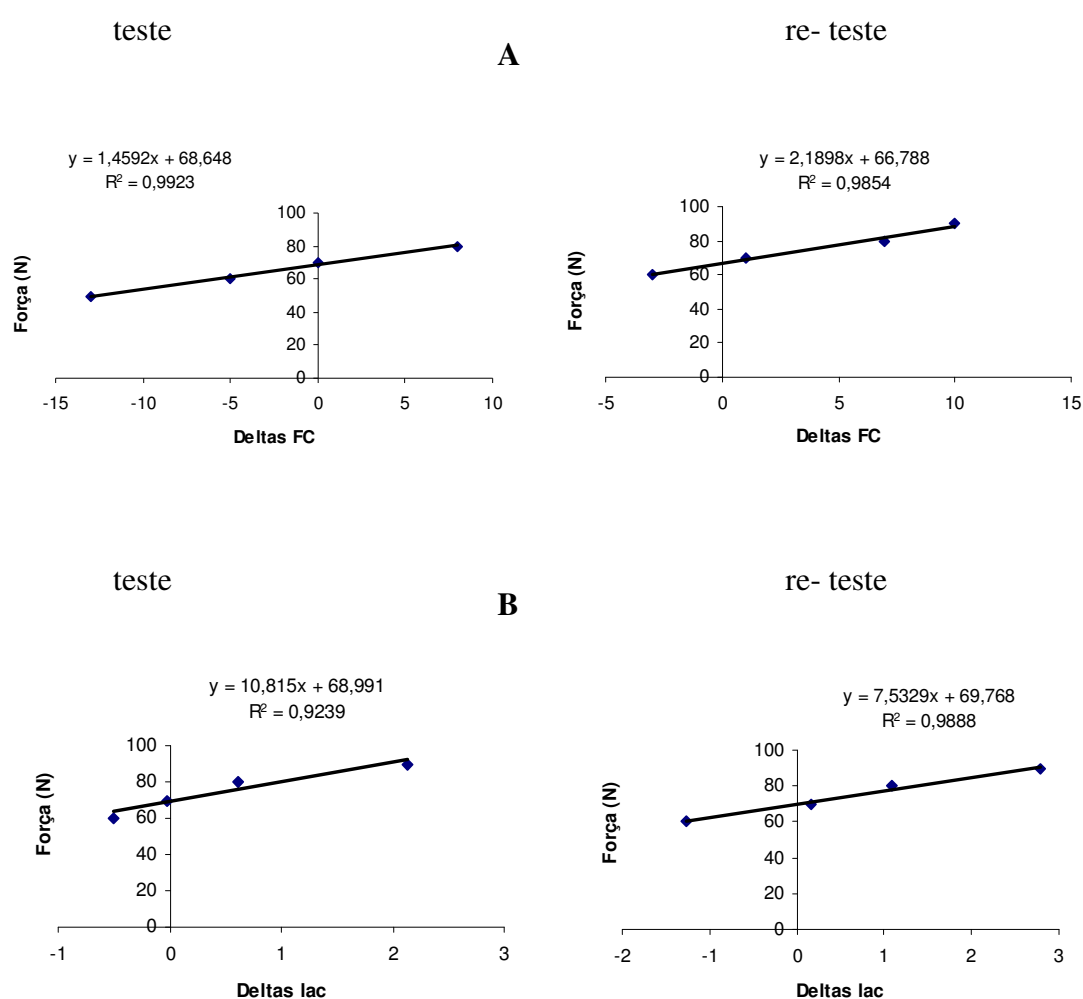


Figura 2.4 Exemplo da determinação da força crítica pelo método Chassain (1986) por meio das frequências cardíacas (ΔFC) obtidas nos momentos teste e re-teste (A), e por meio concentrações de lactato sanguíneo (ΔLAC) obtidas nos momentos teste e re-teste (B) de um único nadador utilizando o procedimento não exaustivo de duplos esforços. Cada ponto expresso graficamente representa o delta lactato ou frequência cardíaca

obtido em intensidade equivalente. A Fcrit estimada corresponde ao intercepto Y da regressão linear obtida.

A análise de correlação de Pearson mostrou ainda elevadas correlações entre os parâmetros aeróbios analisados em nado atado. A tabela 2.3 mostra as correlações.

Tabela 2.3 Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as intensidades (N) de exercício verificadas nos protocolos de máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A), força crítica (Fcrit) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca (Fcrit_{ΔFC}, bpm) dos nadadores, e, Fcrit teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo (Fcrit_{ΔLAC}, mM).

	MFEL-A	Fcrit _{ΔFC} teste	Fcrit _{ΔFC} re-teste	Fcrit _{ΔLAC} teste	Fcrit _{ΔLAC} re-teste
MFEL-A	x	r= 0,75 P=0,004*	r= 0,76 P=0,004*	r= 0,81 P=0,001*	r= 0,75 P=0,004*
Fcrit _{ΔFC} teste	x	x	r= 0,99 P=0,000*	r= 0,96 P=0,000*	r= 0,97 P=0,000*
Fcrit _{ΔFC} re-teste	x	x	x	r= 0,96 P=0,000*	r= 0,97 P=0,000*
Fcrit _{ΔLAC} teste	x	x	x	x	r= 0,99 P=0,000*

* Correlação significativa (P<0,05).

A tabela 2.4 mostra as concentrações de lactato sanguíneo obtidas durante os minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 por meio dos protocolos de determinação da MFEL-L e da MFEL-A. O teste *t-student* não revelou diferenças significativas entre os valores de lactato sanguíneo quando comparadas às concentrações obtidas nos minutos acima citados, nos protocolos em nado livre e nado atado. Foi observada também elevada correlação entre MFEL-L e MFEL-A (r= -0,73, P=0,007).

Tabela 2.4 Valores de lactato sanguíneo nos minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 obtidos durante a realização do protocolo de máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A).

	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos	25 minutos	30 minutos
MFEL-L	3,40 ± 0,07	3,39 ± 0,06	3,57 ± 0,07	3,51 ± 0,08	3,59 ± 0,06	3,67 ± 0,06
MFEL-A	3,44 ± 0,08	3,46 ± 0,13	3,56 ± 0,13	3,50 ± 0,12	3,62 ± 0,15	3,68 ± 0,12

A análise de correlação de Pearson mostrou ainda elevadas correlações entre os parâmetros aeróbios analisados em nados livre e atado. A tabela 2.5 mostra as correlações.

Tabela 2.5 Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as intensidades (N) de exercício verificadas nos protocolos de máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L), atado (MFEL-A), velocidade crítica (Vcrit) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca (Vcrit_{ΔFC}, bpm), Vcrit teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo (Vcrit_{ΔLAC}, mM), força crítica (Fcrit) teste e re-teste determinadas a partir do delta frequência cardíaca (Fcrit_{ΔFC}, bpm) dos nadadores, e, Fcrit teste e re-teste determinadas a partir da concentração de lactato sanguíneo (Fcrit_{ΔLAC}, mM).

	MFEL-L	Vcrit _{ΔFC} teste	Vcrit _{ΔFC} re-teste	Vcrit _{ΔLAC} teste	Vcrit _{ΔLAC} re-teste
MFEL-A	r= -0,85 P=0,001*	r= -0,94 P=0,000*	r= -0,79 P=0,006*	r= -0,95 P=0,000*	r= 0,89 P=0,000*
Fcrit _{ΔFC} teste	r= -0,68 P=0,03*	r= -0,67 P=0,03*	x	r= -0,68 P=0,03*	x
Fcrit _{ΔFC} re-teste	r= -0,72 P=0,02*	r= -0,70 P=0,02*	x	r= -0,71 P=0,02*	x
Fcrit _{ΔLAC} teste	r= -0,72 P=0,02*	r= -0,68 P=0,02*	x	r= -0,70 P=0,02*	x
Fcrit _{ΔLAC} re-teste	r= -0,73 P=0,02*	r= -0,70 P=0,02*	x	r= -0,72 P=0,02*	x

* Correlação significativa (P<0,05).

DISCUSSÃO

Nosso estudo mostrou que a intensidade de MFEL-L não apresentou diferenças com as intensidades de V_{crit} obtidas por meio do protocolo proposto por Chassain (1986), e revelou ainda elevadas correlações com a $V_{crit_{\Delta FC}}$ teste ($r=0,92$, $P=0,001$), $V_{crit_{\Delta FC}}$ re-teste ($r=0,80$, $P=0,02$), $V_{crit_{\Delta LAC}}$ teste ($r=0,92$, $P=0,001$) e $V_{crit_{\Delta LAC}}$ re-teste ($r=0,91$, $P=0,001$).

Além disso, a intensidade referente à MFEL-A também não foi significativamente diferente quando comparada a $F_{crit_{\Delta FC}}$ teste, $F_{crit_{\Delta FC}}$ re-teste, $F_{crit_{\Delta LAC}}$ teste e $F_{crit_{\Delta LAC}}$ re-teste, e revelou ainda elevadas correlações entre MFEL-A e $F_{crit_{\Delta FC}}$ teste ($r= 0,75$, $P=0,004$), $F_{crit_{\Delta FC}}$ re-teste ($r= 0,76$, $P=0,004$), $F_{crit_{\Delta LAC}}$ teste ($r= 0,81$, $P=0,001$) e $F_{crit_{\Delta LAC}}$ re- teste ($r= 0,75$, $P=0,004$).

Chassain (1986) reportou resultados similares para lactato sanguíneo e frequência cardíaca por meio de protocolo originalmente desenvolvido em cicloergômetro com indivíduos jovens, acrescentando ainda que é possível determinar a intensidade de esforço correspondente à P_{crit} por meio das respostas dos deltas de consumo oxigênio (VO_2) determinados por duplos esforços. Sid-Ali et al. (1991) estimaram a velocidade crítica em cicloergômetro de acordo com o método Chassain (1986) e também obtiveram aumentos lineares de deltas lactato com o incremento das intensidades dos duplos esforços.

É importante ressaltar que o nosso estudo reproduziu na natação o protocolo sugerido por Chassain (1986) por meio da utilização de dois esforços de 3 minutos intercalados por 1,5 minutos de recuperação passiva, como relata o protocolo original. É sabido que esse tempo de pausa entre os esforços promove em intensidades sublimiares o início da recuperação lactacidêmica (Oyono-Enguelle et al., 1990).

Existem vários estudos que utilizam modelos de exercício para animais, especialmente para manipulações intrínsecas e quantificação da intensidade de exercício aplicada a cobaias (Gobatto et al., 2001; 2005, Voltarelli et al., 2002; Manchado et al., 2006).

Recentemente, Manchado et al. (2006) mostrou que o método de determinação da carga crítica (Ccrit) pelo método Chassain (1986) representou uma forma de avaliação da intensidade de esforço em natação de ratos Wistar. O protocolo experimental utilizou duplos esforços de 5 minutos intercalados por 2 minutos de recuperação passiva, para promover alterações e estabilizações significativas nas concentrações de lactato sanguíneo (Gobatto et al., 2001; Voltarelli et al., 2002; Prada et al., 2004; Manchado et al., 2006), devido a essa variável em ratos apresentar uma resposta menos veloz ao exercício em comparação à observada em humanos (Manchado et al., 2006).

O nosso estudo mostrou que a utilização do método Chassain em nadadores de elevada performance, tanto para o nado livre, quanto para o nado atado, é reprodutivo tanto para o uso da variável frequência cardíaca quanto para as variações das concentrações de lactato sanguíneo, uma vez que não houve diferenças nas intensidades obtidas entre as aplicações teste-reteste para os parâmetros FC e lactato, associado ainda às elevadas correlações com a MFEL-L e MFEL-A.

De maneira ainda complementar, elevadas correlações teste-reteste para os parâmetros FC e LAC foram verificadas para ambos os parâmetros utilizados no modelo de Vcrit, ($r=0,91$, $P=0,001$ e $r=0,98$, $P=0,001$, respectivamente), e de Fcrit ($r=0,99$, $P=0,000$ e $r=0,99$, $P=0,000$).

Com relação aos dois tipos distintos de exercícios propostos (livre ou atado), ambos podem ser utilizados para avaliação aeróbia de nadadores de alto rendimento

com segurança, uma vez que, a avaliação em nado atado, embora não muito utilizada por técnicos, apresenta algumas vantagens com relação a sua aplicação, como o melhor controle das intensidades de nado e a continuidade do teste, visto que não há necessidade de realização das viradas.

Alguns estudos utilizam esforços em nado atado para determinar aptidão anaeróbia (Papoti et al., 2003, 2007), frequência de braçada (Papoti et al., 2005), consumo máximo de oxigênio (West et al., 2005; Wells et al., 2006) e capacidade aeróbia em nadadores através de métodos invasivos (Matsumoto et al., 1999) e não invasivos (Ikuta et al., 1996; Almeida et al., 2002).

No presente estudo a capacidade aeróbia dos nadadores em nado atado foi determinada a partir do protocolo de MFEL proposto por Heck et al. (1985) por meio da utilização de cordas elásticas conectados a um sistema de células de carga em intensidades previamente estabelecidas.

Assim como em nosso estudo, Papoti (2007) utilizou o sistema de corda elástica conectado a uma célula de carga, e verificou significativa correlação entre limiar anaeróbio em nado atado (LL_{NA}) realizado a partir de teste incremental e F_{crit} determinada a partir de esforços de 117%, 140%, 160% e 180% do LL_{NA} ($r=0,76$, $P=0,004$) e concluíram que a F_{crit} pode ser utilizada para a avaliação de parâmetros aeróbios em nado atado e livre.

Em contrapartida, Almeida et al. (2004) submeteram um grupo de nadadores a 30 minutos de exercício em intensidades correspondentes a 90%, 100% e 110% da F_{crit} e verificaram que os valores de F_{crit} subestimaram os valores da MFEL.

Contudo, os estudos de Papoti (2007) e de Almeida et al. (2004) determinaram a $\dot{V}_{crit}$ por meio de protocolo exaustivo, diferentemente do proposto por nós no presente estudo.

Além das elevadas correlações observadas entre esses resultados, os participantes relataram que a realização do protocolo de $\dot{V}_{crit}$ e $\dot{V}_{crit}$ pelo modelo Chassain (1986) por ser um teste não exaustivo é mais confortável e menos estressante.

O protocolo experimental utilizado em nosso estudo apresentou característica não-exaustiva, mas invasiva, pois houve coletas de sangue para mensuração das concentrações sanguíneas de lactato. Entretanto, nossos resultados indicaram que é possível utilizar apenas a frequência cardíaca para a determinação da capacidade aeróbia de nadadores, o que torna o protocolo aqui adaptado como não exaustivo, não invasivo, reproduzível e válido.

Embora esse seja um protocolo muito atrativo e de custo reduzido, poucos estudos se empenharam em verificaram as respostas aeróbias obtidas por meio desse protocolo e compará-las a métodos clássicos de determinação de capacidade aeróbia. Desse modo, entendemos que esse é o único estudo que se preocupou em verificar as respostas do método Chassain em natação de alto rendimento, e em verificar a reprodutibilidade e validade do teste em nados livre e atado.

De maneira ainda complementar e extremamente interessante, significativas correlações foram encontradas entre os parâmetros analisados em nados livre e atado.

Esses resultados nos permitem afirmar que ambos os exercícios propostos (livre ou atado) podem ser utilizados para avaliação aeróbia de nadadores de alto rendimento com segurança, a partir das análises dos protocolos de duplos esforços, tendo como parâmetros a FC e a LAC.

De acordo com os resultados encontrados em nosso estudo e em estudos envolvendo a natação em animais (Manchado et al., 2006), podemos concluir que o protocolo não exaustivo de duplos esforços adaptado à natação é uma metodologia simples, reprodutiva e válida para a determinação da capacidade aeróbia de nadadores, tanto para o nado livre, quanto para o nado atado. Isso permite oferecer uma ferramenta eficaz para a elaboração, planejamento e controle das sessões de treinamento na natação.

AGRADECIMENTOS

Esse estudo foi financiado pela CAPES, pela Fundunesp (processo número 00408/07-DFP) e pelo CNPq (processo número 301601/2006-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.G.; CUNHA, F.A.P.; ROSA, M.R.R.; KOKUBUN, E. Força crítica em nado atado: relações com o lactato sanguíneo e o consumo de oxigênio. **Rev Bras Ciên Esporte**, v.24, p.47-59, 2004.

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. **Med Sci Sports Exerc.** Madison, v.27, n.6, p. 863-67, 1995.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S.P. Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events. **Med Sci Sports Exerc**, v.28, p. 241–6, 1996.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. **Eur J Appl Physiol.** Heidelberg, v.89, p. 95 – 9, 2003.

BILLAT, L.; SIVERENT, P.; PY, G.; KORALLSZTEIN, J.P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v.33(6), p.407-26, 2003.

CHASSAIN, A. P. Méthode d'appréciation objective de la tolérance de l'organisme à l'effort: application à la mesure des puissances de la fréquence cardiaque et de la lactatémie. **Science & Sports**. v.1, p.41-48, 1986.

ENGEL, R. C.; JONES, J.B. Causes and elimination of erratic blanks 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. **Anal Biochem**, v. 88, p. 475-484, 1978.

GOBATTO, C. A.; MELLO, M. A. R.; SIBUYA, C. Y.; AZEVEDO, J. R. M.; SANTOS, L. A.; KOKUBUN, E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comp Biochem Physiol. Part A Oxford**, v.130, p. 21-27, 2001.

GOBATTO, C.A.; MANCHADO, F.B.; VOLTARELLI, F.A.; CONTARTEZE, R.V.L.; MELLO, M.A.R.. Non-invasive critical load determination in swimming rats: effects of muscle glycogen depletion. **Med Sci Sports Exerc. (Suppl)**, v.37, S331, 2005.

HAGBERG, J.M.; COYLE, E.F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 15, p. 287-9, 1983.

HARNISH, C.R.; SWENSEN, T.C.; PATE, R.P. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p. 1052-55, 2001.

HECK, J.A.; MADER, A.; HESS, G.; MÜCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, H. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med**, v.6, p.117-30, 1985.

IKUTA, Y.; WAKAYOSHI, K.; NOMURA, T. Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. **Biomech Med Swimming**, v.7, p.146-51, 1996.

KINDERMAN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.42, p.25-34, 1979.

MAGLISCHO, E. **Swimming even faster**. Mountain View; 1993.

MANCHADO, F.B.; GOBATTO, C.A.; VOLTARELLI, F.A.; MELLO, M.A.R. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 31, p. 731-6, 2006.

MATSUMOTO, I.; ARAKI, H.; TSUDA, K.; ODAJIMA, H.; NISCHIMA, S.; HIGAKI, Y.; TANAKA, H.; TANAKA, M.; SHINDO, M. Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial. **Thorax**, v.54, p.196-201, 1999.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group, **Ergonomics**, v.8, p.329-37, 1965.

OYONO-ENGUELLE, S.; MARBACH, J.; HEITZ, A.; OTT, C.; GARTNER, M.; PAPE, A.; VOLLMER, J.C. & FREUND, H. Lactate removal ability and graded exercise in humans. **J Appl Physiol**, v.68, p.905-11, 1990.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.E.B.; CUNHA, S.A.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Rev Port Ciênc Desp**, v. 3, p.36-42, 2003.

PAPOTI, M.; CUNHA, S.A.; MARTINS, L.E.B.; ZAGATTO, A.M.; FREITAS, P.B.; GOBATTO, C.A. Determination of force and stroke rate in swimming tethered with data acquisition system. In: XI Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2005.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.E.B.; CUNHA, S.A.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. **J Strength Cond Res**, v.21, p. 538-42, 2007.

PAPOTI, M. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e no treinamento de nadadores.** Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade, 2007.

PELAYO, P.; MUJICA, I.; SIDNEY, M.; CHATARD, J. Blood lactate recovery measurements, training, and performance during a 23-week period of competitive swimming. **Eur J Appl Physiol**, v. 74, p. 107-113, 1996.

PRADA, F.J.P.; VOLTARELLI, F.A.; OLIVEIRA, C.A.M.; GOBATTO, C.A.; MACEDO, D.V.; MELLO, M.A.R. Condicionamento aeróbio e estresse oxidativo em ratos treinados por natação em intensidade equivalente ao LAn. **Rev Brasil Ciência Mov**, v. 12, p. 29-34, 2004.

PYNE, B.D.; LEE, H.; SWANWICK, K.M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p.291-297, 2001.

SID-ALI, B.; VANDERWALLE, H.; CHAIR, K.; MOREAUX, A.; MONOD, H. Lactate steady state velocity and distance-exhaustion time relationship in running. **Arch Int Physiol Biochim Biophys**, p.99, p. 297-301, 1991.

SILVA, A.S.R.; SANTOS, F.N.C.; SANTHIAGO, V.; GOBATTO, C.A. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, p. 233-7, 2005.

SJÖDIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **Int J Sports Medicine**, v.2, p.23-26, 1981.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W; BRAUMAN, K.M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v.25, p.620-27, 1993.

VOLTARELLI, F. A.; GOBATTO, C. A.; MELLO, M. A. R. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Brazilian J Med Biol Res**, v.35, p. 1-6, 2002.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA,T.; UDO,M.; KASAI, T.; MORITANI,T.; MUTOH,Y. & MIYASHITA, M. The simple method for the determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **Int J Sports Med**, v.13, p.367-71, 1992.

WELLS, G.D.; SCHNEIDERMAN-WALKER, J.; PLYLEY, M. Normal Physiological Characteristics of Elite Swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v.17, p. 30-52, 2006.

WEST, S.A.; DRUMMOND, M.J.; VANNESS, J.M.; CICCOLELLA, M.E. Blood lactate and metabolic responses to controlled frequency breathing during graded swimming. **J Strength Cond Res**, v.19(4), p.772, 2005.

ESTUDO 3

**UTILIZAÇÃO DE PROTOCOLOS INVASIVOS E NÃO INVASIVOS
PARA A DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBIA EM NADO LIVRE E
ATADO**

RESUMO

O protocolo *gold standard* de determinação da intensidade de limiar anaeróbio é o de máxima fase estável de lactato (MFEL), que é definido como a maior intensidade de exercício que pode ser mantida em fase estável de lactato, durante exercício prolongado de cargas constantes. Desse modo, o objetivo desse estudo foi verificar as associações entre o limiar anaeróbio determinado pelo modelo de velocidade crítica (V_{crit}) e pela MFEL em nado livre e atado. Além disso, o estudo objetivou também avaliar a reprodutibilidade e validade do modelo de V_{crit} (adaptado para força crítica – F_{crit}) em nado atado. Foram avaliados 12 nadadores do sexo masculino, com idade de $22,7 \pm 0,84$ anos que realizaram 4 testes: 1º) Determinação da V_{crit} em nado livre; 2º) Determinação da MFEL-L em nado livre (MFEL-L); 3º) Determinação da força crítica (F_{crit}) em nado atado, bem como sua reprodutibilidade; 4º) Determinação da MFEL em nado atado (MFEL-A). Durante os testes de performance foram coletados 25µL de sangue do lóbulo da orelha posterior leitura das concentrações de lactato sanguíneo (mM) por método enzimático. Foi utilizado teste *t* de *student* para amostras dependentes, visando comparar resultados de V_{crit} e de MFEL-L. ANOVA *One Way*, seguido de post-hoc de *Newman Keuls* (quando necessário) foi utilizado para verificar as possíveis diferenças entre a F_{crit} teste ($F_{crit_{teste}}$), F_{crit} re-teste ($F_{crit_{re-teste}}$) e MFEL-A. A análise de correlação de Pearson foi usada para as possíveis associações entre os parâmetros aeróbios analisados em nados livre e atado. Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$. As intensidades (s/100m) de V_{crit} ($74,43 \pm 1,11$) e MFEL-L ($74,00 \pm 1,20$) apresentaram valores semelhantes. Por outro lado, as intensidades (N) obtidas nos protocolos de $F_{crit_{teste}}$ ($75,07 \pm 2,08$) e $F_{crit_{re-teste}}$ ($75,31 \pm 2,07$) foram significativamente maiores do que a intensidade de MFEL-A ($70,83 \pm 1,92$). Em conclusão, capacidade aeróbia determinada por meio do protocolo de MFEL-A foi correlacionada com a MFEL-L e embora a V_{crit} não tenha apresentado correlação tanto com a $F_{crit_{teste}}$ quanto com a $F_{crit_{re-teste}}$, o protocolo de F_{crit} foi reprodutivo e válido.

Palavras-chave: natação, nado livre, nado atado, velocidade crítica, força crítica.

ABSTRACT

The maximal lactate steady state (MLSS) is the gold standard protocol of anaerobic threshold intensity determination, and can be defined as the highest intensity at which blood lactate concentration remains stable in constant load exercise. The aim of this study was to verify the associations between critical swimming velocity (CSV) and MLSS in free and tethered swimming. Furthermore, this study also aimed to evaluate the reproducibility and validity of the CSV model (adapted for critical force - CF) in tethered swimming. Twelve male swimmers (22.7 ± 0.84 years) took part of this study and accomplished 4 tests: 1) CSV determination in free swimming; 2) MLSS determination in free swimming (MLSS-F); 3) Two tests of CF determination in tethered swimming (CF_1 and CF_2); 4) MLSS determination in tethered swimming (MLSS-T). Blood samples ($25\mu\text{L}$) were taken from earlobes of the subjects during the performances tests. Blood lactate concentration was assayed by enzymatic method. The student t test (dependent samples) was used to compare CSV and MLSS-F. ANOVA one way test followed by Newman Keuls were used to compare CF_1 , CF_2 and MLSS-T. Correlations between above mentioned parameters responses were determined using the Pearson correlation coefficient. A significance level of 5% was chosen. The intensities (s/100m) CSV (74.43 ± 1.11) and MLSS-F (74.00 ± 1.20) presented similar values. On the other hand, the intensities (N) obtained CF protocols of CF_1 (75.07 ± 2.08) CF_2 (75.31 ± 2.07) were significantly higher than the intensity of MLSS-T (70.83 ± 1.92). In conclusion, aerobic capacity determined by MLSS-F and MLSS-T were significantly correlated, and although CSV has not presented correlation with CF_1 and with CF_2 , the CF protocol was reproductive and valid.

Keywords: swimming, free swimming, tethered swimming, critical speed velocity, critical force.

INTRODUÇÃO

A relação entre o lactato sanguíneo e a intensidade de exercício tem sido uma ferramenta bastante utilizada na avaliação das capacidades aeróbias e anaeróbias em várias modalidades esportivas (Beneke et al., 1996). A concentração de lactato sanguíneo obtida durante o exercício é resultado de uma relação entre a formação, distribuição e utilização desse metabólito entre os diversos tecidos do organismo (Brooks, 1985; Beneke et al., 1996). O aumento desproporcional dessa concentração indica que a taxa de sua produção excede a de remoção. Desse modo, a máxima intensidade de exercício em que a lactacidemia se mantém estável, representa a maior intensidade de exercício que pode ser mantida pelo metabolismo oxidativo (Kindermann et al., 1979; Beneke et al., 1996).

Determinações de capacidade aeróbia, por meio das concentrações sanguíneas de lactato (Pereira et al., 2002; Ribeiro et al., 2004; Dekerle et al., 2005, Papoti et al., 2005a) ou a partir de métodos não invasivos (Papoti et al., 2005b; Toubekis et al., 2006), têm sido amplamente utilizadas para avaliação, prescrição e monitoramento dos efeitos do treinamento em natação (Pyne et al., 2001).

A resposta da lactacidemia utilizada para determinar o limiar anaeróbio durante o exercício talvez seja a forma mais precisa de mensuração da capacidade aeróbia, haja vista que apresenta sensibilidade comprovada ao treinamento físico, além de servir como preditor da performance aeróbia (Silva et al., 2005).

O protocolo *gold standard* de determinação da intensidade de limiar anaeróbio é o de máxima fase estável de lactato (MFEL), que é definido como a maior intensidade de exercício que pode ser mantida em fase estável de lactato, durante exercício prolongado de cargas constantes (Beneke, 2003), e tem sido utilizado como ferramenta prática para

a determinação e validação de outros protocolos de avaliação da capacidade aeróbia em natação.

Entretanto, visto que a rotina de treinamento de nadadores não se resume apenas em realizações de nados livres em intensidades constantes, mas sim em um conjunto de estímulos em intensidades acima, na intensidade de MFEL e abaixo da mesma, formas alternativas de treinamento têm sido sugeridas, objetivando a melhora da performance (Maglischo, 1993, Papoti, 2007).

Um dos procedimentos amplamente utilizados em sessões de treinamento na natação é com o uso de cordas elásticas na situação de nado atado (Girolid et al., 2006, Papoti et al., 2005, Papoti, 2007). Embora a mecânica de nado esteja pouco modificada nessa situação, Papoti et al., (2005) demonstrou ser possível determinar a capacidade aeróbia nessa situação por meio de protocolos invasivos em exercícios incrementais. Papoti (2007) também demonstrou ser possível determinar a capacidade aeróbia de nadadores de modo não invasivo por meio da adaptação do modelo de potência crítica para o nado atado. Entretanto, como são escassos os estudos acerca das respostas fisiológicas obtidas na condição de nado atado, assim como descrito por Papoti (2007), acreditamos que seria necessário testar a reprodutibilidade e validade desse modelo, bem como verificar as associações entre nado atado e livre por meio de protocolos de avaliação aeróbia de cargas constantes. Desse modo, o objetivo desse estudo foi verificar as associações entre o limiar anaeróbio determinado pelo modelo de potência crítica (adaptado para V_{crit} por Wakayoshi et al., 1992) e pela MFEL em nado livre e atado. Além disso, o estudo objetivou também avaliar a reprodutibilidade e validade do modelo de P_{crit} (adaptado para força crítica – F_{crit}) em nado atado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Foram avaliados 12 nadadores do sexo masculino, com idade de 23 ± 1 , todos atletas de nível nacional e internacional pertencentes a uma equipe filiada à Federação Aquática Paulista (FAP) e à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA). Os participantes foram informados de todos os procedimentos invasivos e não invasivos dos testes e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro (Protocolo 6941), autorizando a participação no estudo.

Procedimentos

O presente estudo foi realizado durante o período de polimento dos atletas e foi organizado de modo que os testes realizados fizessem parte das sessões do programa de treinamento dos nadadores, estabelecidos pelo técnico da equipe. Dessa forma, foi mínima a influência das avaliações ao ciclo de treinamento proposto e às competições. O estudo foi composto por um total de quatro avaliações, organizadas da seguinte forma: 1º) Determinação da velocidade crítica (V_{crit}) em nado livre nas distâncias máximas de 200, 300, 400 e 500m em nado crawl; 2º) Determinação da máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L) por protocolo sugerido por Heck et al. (1985) com a realização de coletas sanguíneas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço; 3º) Determinação da força crítica (F_{crit}) em nado atado, bem como sua reprodutibilidade; 4º) Determinação da máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) com a realização de coletas sanguíneas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de

esforço, semelhante à avaliação 2. Os testes de MFEL em nado livre e atado foram compostos por 4 cargas separadas por um período de 24h, e foram realizadas de forma aleatória e randômica para excluir qualquer possibilidade de adaptação ao método. O teste de V_{crit} foi composto por 4 intensidades máximas de nado (200, 300, 400 e 500m), as quais foram realizadas em dois dias consecutivos, em intervalos mínimos de 4 horas. O teste de F_{crit} foi semelhante ao protocolo de determinação da V_{crit} , entretanto as intensidades foram escolhidas aleatoriamente de acordo com os tempos de exaustão verificados nas 2 primeiras intensidades definidas randomicamente, e variaram de 70 a 120N. Previamente aos esforços os nadadores realizaram um aquecimento habitual de 800m utilizando somente o nado crawl em intensidade fácil à moderada. Todas as avaliações foram realizadas em piscina aberta de 25m, com água mantida a 27°C.

Testes

1) Determinação da velocidade crítica (V_{crit})

Para determinação da V_{crit} , foram realizados 4 esforços randomicamente estabelecidos em estilo crawl nas distâncias de 200m, 300m, 400m e 500m em máxima velocidade, separados por períodos mínimos de repouso de 4 horas (modificado de Wakayoshi et al., 1992 e Kokubun, 1996). Os valores de distância e tempo foram submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa da V_{crit} , pelo modelo linear distância *versus* tempo. A velocidade crítica dos atletas foi determinada pelo coeficiente angular de cada uma das regressões individuais.

2) Determinação da máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L)

Nesse teste, os nadadores foram submetidos a 4 intensidades de nado em estilo crawl determinadas a partir da Vcrit livre encontrada para cada nadador. Desse modo, as cargas foram equivalentes a 80%, 90%, 100% e 110% da Vcrit, realizadas de forma aleatória e randômica. O teste consistiu de um único estágio de 30 minutos, sendo que aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de esforço foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha dos nadadores para posterior determinação das concentrações de lactato sanguíneo por método enzimático. O intervalo de tempo entre a realização de uma intensidade e outra foi de 24h. A MFEL foi assumida como a maior intensidade de nado em que o aumento na concentração de lactato foi igual ou inferior à 1 mM do décimo ao trigésimo minuto de exercício.

3) Determinação da força crítica (Fcrit) em nado atado

Para a determinação da Fcrit, foi utilizado um protocolo de nado atado padronizado por Papoti et al. (2005a), através da substituição do fio de aço por corda elástica (tubo cirúrgico comercial nº 204). Esse sistema contém célula de carga (*strain gages*) como elemento sensor primário com capacidade de 1000N. Desse modo, durante as avaliações, um dinamômetro (Lutron FG-100KG) esteve preso à barra de saída do nado costas, e, em seu centro, foi conectada a corda elástica com 10 metros de comprimento, tendo em sua extremidade oposta um cinto de nylon, envolvendo a cintura do nadador.

Conectados ao sistema descrito anteriormente, os nadadores realizaram quatro esforços em diferentes intensidades até a exaustão. Essas cargas foram distribuídas randomicamente e separadas por um período de 4 horas. A diferença entre as cargas de

cada esforço foi de 10N (Figura 3.1) e as intensidades de nado foram controladas por meio de cones dispostos juntamente à borda da piscina nas marcas de 14m, 16m, 18m, 20m, 22m e 24m (para as intensidades de 70N, 80N, 90N, 100N, 110N e 120N respectivamente). Os nadadores foram orientados a permanecerem com a cabeça próxima a esta marca durante a realização de cada esforço (Figura 3.1).

As intensidades foram duplamente controladas, sendo que um avaliador esteve o tempo todo do teste controlando a carga (pelo display digital do equipamento), enquanto o outro permaneceu junto ao cone referente à intensidade, observando o alinhamento da cabeça do nadador junto ao mesmo.

Os valores de força obtidos nos três segundos iniciais do início de cada estágio foram desconsiderados em função do ajuste do nadador para iniciar o teste.

A exaustão foi assumida como a incapacidade do nadador manter a intensidade de nado previamente definida por tempo igual a 10 segundos, ou quando voluntariamente os nadadores assumiam não mais conseguir continuar o exercício nas intensidades previamente determinadas. Nesses dois casos, os tempos de nados para cada esforço foram registrados e assumidos como tempo limite (T_{lim}). A F_{crit} correspondeu ao coeficiente linear dos pontos obtidos da relação linear F versus $1/T_{lim}$.

Após a realização desse protocolo por todos os atletas, os procedimentos foram novamente realizados de forma idêntica, a fim de verificar a reprodutibilidade do método para esse grupo de nadadores bem treinados.

4) Determinação da máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A)

A MFEL-A foi realizada por meio do sistema de aquisição de sinais descrito no protocolo 3. Os nadadores foram submetidos a 4 testes de 30 minutos de duração

distribuídos randomicamente em intensidades que variaram de 50N a 90N, de acordo com a percepção do atleta para sustentar o esforço. A variação entre uma carga mais ou menos intensa foi de 10N. As intensidades de nado foram controladas por meio de cones dispostos juntamente a borda da piscina nas marcas de 10m, 12m, 14m, 16m e 18m (correspondendo a 50N, 60N, 70N, 80N e 90N, respectivamente), sendo que os nadadores foram orientados a permanecerem com a cabeça próxima a essas marcas durante a realização de cada esforço (Figura 3.1).

Assim como no protocolo 3, a exaustão foi assumida como a incapacidade do nadador manter a intensidade de nado previamente definida por tempo igual a 10 segundos, ou por manifestação voluntária. Na realização desse protocolo, as intensidades foram também duplamente controladas, como já descritas anteriormente.

Semelhante ao protocolo 2, os esforços foram separados por um período de 24 horas. Durante as cargas contínuas, aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de teste foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha para posterior determinação das concentrações de lactato sanguíneo. No teste de determinação da MFEL-A, durante a coleta de lactato, um avaliador segurava a corda elástica com as mãos, para que o nadador pudesse se manter parado durante a coleta sanguínea. A corda elástica era solta assim que a coleta terminava.

Os valores de força obtidos nos três segundos iniciais dos minutos zero, 5, 10, 15, 20 e 25, bem como o tempo da coleta sanguínea (aproximadamente 30 segundos) foram desconsiderados para que os valores de força não sofressem influência tanto do repouso, como do início das retomadas de exercício.

A MFEL-A foi determinada por meio do critério descrito no protocolo 2.

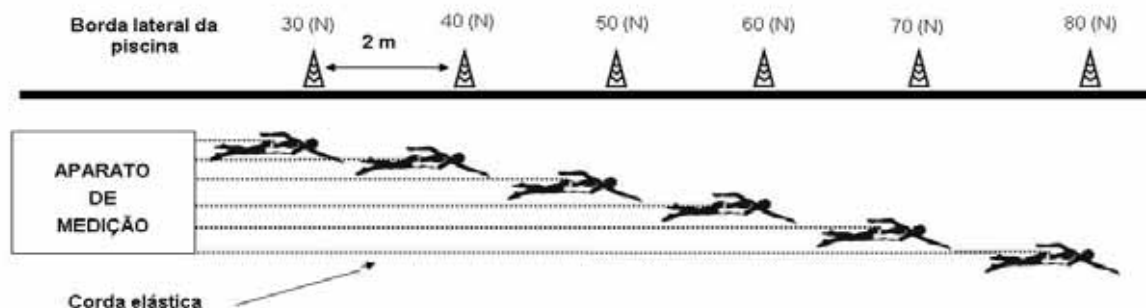


Figura 3.1 Representação esquemática da disposição dos cones na borda lateral da piscina que foram utilizados como referência no aumento das intensidades durante o teste de força crítica (F_{crit}) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (Papoti et al., 2005a).

Análise sanguínea

L-Lactato

Durante os testes de performance, foram coletados 25 μ L de sangue do lóbulo da orelha em capilares heparinizados e calibrados, os quais foram imediatamente transferidos para tubos *Eppendorf* contendo 400 μ L de ácido tricloroacético (TCA) 0,3%, para a desproteinização do sangue e posterior leitura das concentrações de lactato através do método enzimático descrito por Engel e Jones, (1978).

Análise estatística

Os dados foram inicialmente submetidos a testes de Shapiro-Wilk's e Levene's, para verificação da normalidade e homogeneidade dos resultados. Uma vez que os dados se mostraram normais e homogêneos, foi utilizado teste *t* de *student* para amostras dependentes, visando comparar resultados de V_{crit} e de MFEL-L. ANOVA

One Way, seguido de post-hoc de *Newman Keuls* (quando necessário) foi utilizado para verificar as possíveis diferenças entre a $F_{crit\ teste}$ ($F_{crit\ teste}$), $F_{crit\ re-teste}$ ($F_{crit\ re-teste}$) e MFEL-A. A análise de correlação de Pearson foi utilizada para verificar as possíveis associações entre os parâmetros aeróbios analisados em nados livre e atado. A análise estatística desse estudo foi realizada com auxílio do software *STATISTICA*® 6.0. Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

As intensidades de V_{crit} e MFEL-L apresentaram valores semelhantes. Por outro lado, as intensidades obtidas nos protocolos de $F_{crit\ teste}$ ($P=0,03$) e $F_{crit\ re-teste}$ ($P=0,01$) foram significativamente maiores do que a intensidade de MFEL-A (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) da intensidade (s/100m) correspondente à velocidade crítica (V_{crit}) e à máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L), e da intensidade (Newtons – N) correspondente à força crítica teste ($F_{crit\ teste}$), força crítica re-teste ($F_{crit\ re-teste}$), e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A).

V_{crit}	MFEL-L	$F_{crit\ teste}$	$F_{crit\ re-teste}$	MFEL-A
$74,43 \pm 1,11$	$74,00 \pm 1,20$	$75,07 \pm 2,08$	$75,31 \pm 2,07$	$70,83 \pm 1,92^{*\Delta}$

* Diferença significativa ($p < 0,05$) comparada à intensidade correspondente a $F_{crit\ teste}$

Δ Diferença significativa ($p < 0,05$) comparada à intensidade correspondente a $F_{crit\ re-teste}$

A análise de correlação de Pearson mostrou elevada correlação entre V_{crit} e MFEL-L ($r=0,91$, $P=0,001$), $F_{crit\ teste}$ e MFEL-A ($r=0,86$, $P=0,001$) e, $F_{crit\ re-teste}$ e MFEL-A ($r=0,92$, $P=0,000$).

É importante ressaltar que as intensidades de esforços referentes a $F_{crit_{teste}}$ e a $F_{crit_{re-teste}}$ não apresentaram diferenças significativas segundo o teste *t-student* para amostras pareadas, sendo demonstrada a reprodutibilidade do parâmetro. Além disso, a análise de correlação de Pearson demonstrou elevada correlação entre esses parâmetros ($r=0,99$, $P=0,001$).

A figura 3.1a, 3.1b e 3.1c mostra a determinação da V_{crit} por meio da relação linear distância *versus* tempo de um nadador e a determinação da $F_{crit_{teste}}$ e $F_{crit_{re-teste}}$ por meio da relação linear F *versus* $1/t_{lim}$ (s^{-1}).

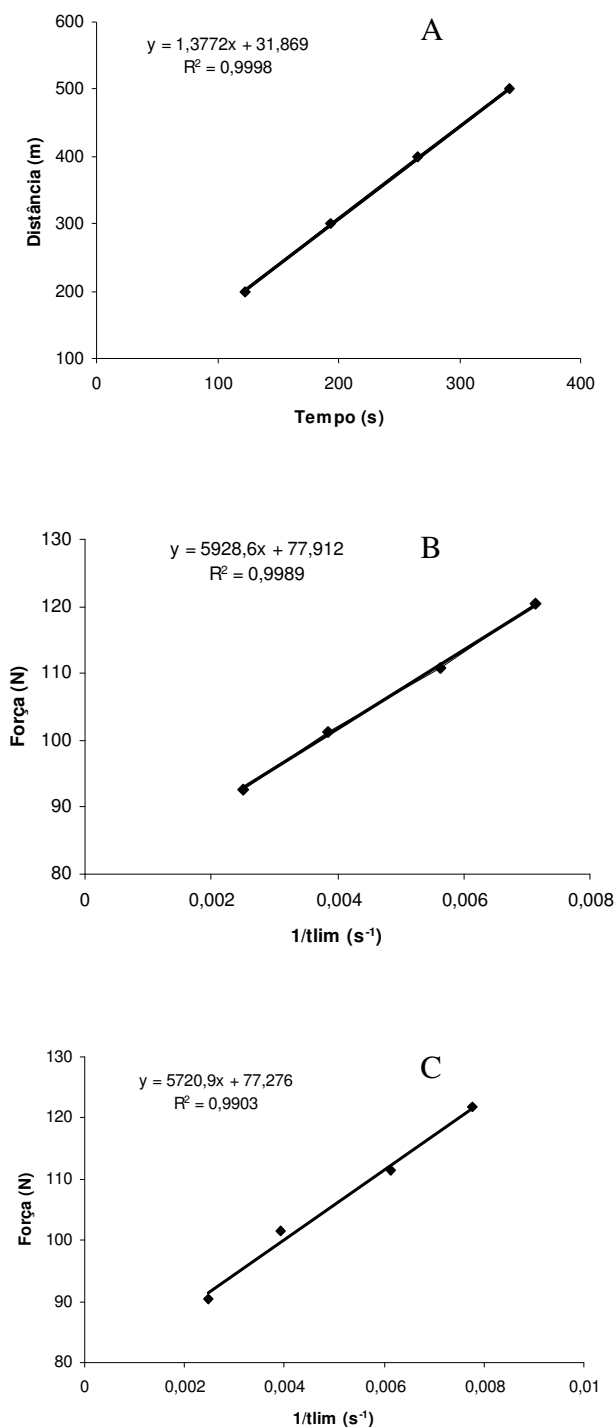


Figura 3.2 Determinação da intensidade (s/100m) correspondente à V_{crit} por meio da relação linear distância *versus* tempo obtida por um nadador, após esforços máximos de 200m, 300m, 400m e 500m (A); determinações da $F_{crit_{teste}}$ (B) e $F_{crit_{re-teste}}$ (C) por meio da relação linear F *versus* $1/t_{lim}$ (s^{-1}) de um nadador, obtidas após esforços máximos nas intensidades de 90N, 100N, 110N e 120N.

A tabela 3.2 mostra as concentrações de lactato sanguíneo obtidas durante os minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 por meio dos protocolos de determinação da MFEL-L e da MFEL-A. O teste *t-student* não revelou diferenças significativas entre os valores de lactato sanguíneo quando comparadas às concentrações obtidas nos minutos acima citados, nos protocolos em nado livre e nado atado. Foi observada também elevada correlação entre MFEL-L e MFEL-A ($r = -0,73$, $P = 0,007$).

Tabela 3.2 Valores de lactato sanguíneo nos minutos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 obtidos durante a realização do protocolo de máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L) e máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A).

	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos	25 minutos	30 minutos
MFEL-L	3,40 ± 0,07	3,39 ± 0,06	3,57 ± 0,07	3,51 ± 0,08	3,59 ± 0,06	3,67 ± 0,06
MFEL-A	3,44 ± 0,08	3,46 ± 0,13	3,56 ± 0,13	3,50 ± 0,12	3,62 ± 0,15	3,68 ± 0,12

A figura 3.3a e 3.3b mostram a média ± EPM do comportamento das concentrações de lactato sanguíneo (mM) de 12 nadadores durante os protocolos de máxima fase estável de lactato em nado livre (MFEL-L, s/100m) e em nado atado (MFEL-A, N) com suas respectivas intensidades de exercício expressas em percentual da Vcrit para nado livre e da Fcrit para o nado atado.

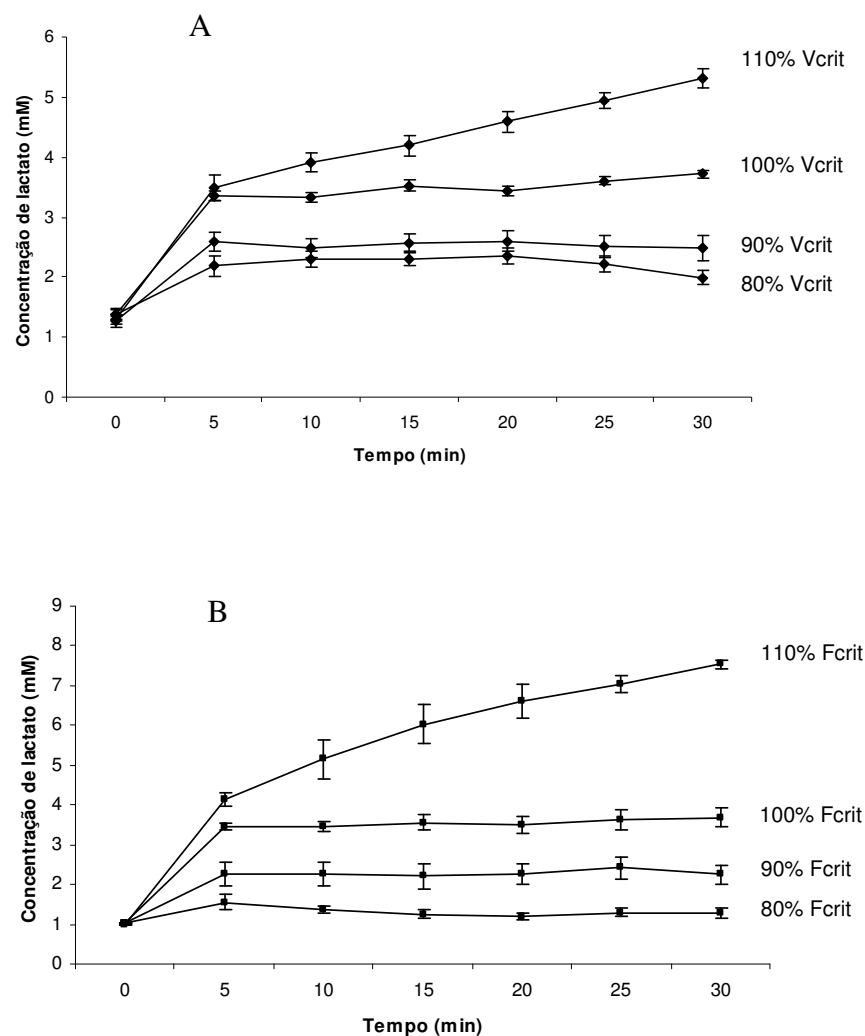


Figura 3.3 Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ EPM) *versus* tempo de esforço obtido por meio do protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em nado livre (MFEL-L) (A) e; lactacidemia observada por meio do protocolo de máxima fase estável de lactato em nado atado (MFEL-A) (B). As intensidades de nado (s/100m) correspondentes a MFEL-L foram $71,83 \pm 1,11$; $73,83 \pm 1,11$; $77,45 \pm 1,11$ e $81,55 \pm 0,80$ para 110, 100, 90 e 80% da intensidade de Vcrit, respectivamente. As intensidades de nado (N) correspondentes a MFEL-A foram $81,67 \pm 1,66$; $70,83 \pm 1,66$; $61,67 \pm 1,66$; e $51,67 \pm 1,66$ para 110, 100, 90 e 80% da intensidade da Fcrit, respectivamente.

DISCUSSÃO

O principal resultado deste estudo foi que a capacidade aeróbia determinada por meio do protocolo de MFEL-A correlacionou-se com a MFEL-L, e que o protocolo de Fcrit foi reprodutivo e válido. Além disso, a Vcrit apresentou elevada correlação com a MFEL-L e, tanto a $F_{crit_{teste}}$ e $F_{crit_{re-teste}}$ foram relacionadas com a MFEL-A. Entretanto, a Vcrit não apresentou correlação tanto com a $F_{crit_{teste}}$ quanto com a $F_{crit_{re-teste}}$.

A utilização do lactato sanguíneo por meio de procedimentos invasivos para a análise das variáveis fisiológicas de atletas permite a obtenção de resultados precisos para a avaliação das capacidades aeróbia e anaeróbia durante o exercício, e fornecem subsídios para a identificação do metabolismo predominante durante o esforço (Manchado, 2007). Entretanto, Monod & Scherer (1965) demonstraram que é possível determinar a transição da utilização do metabolismo aeróbio para o anaeróbio simplesmente por meio da relação entre intensidade de esforço e sua duração até a exaustão (teste de potência crítica - Pcrit). O ajuste da função dos dados por esse modelo é feito por uma função hiperbólica.

A adaptação do modelo de potência crítica proposto por Monod & Scherer (1965) para a natação foi apresentado por Wakayoshi et al. (1992) como velocidade crítica (Vcrit) e tem sido amplamente utilizado na natação. Nessa adaptação, os valores de distância e tempo são submetidos ao procedimento de regressão linear para a estimativa da Vcrit. Teoricamente, acima dessa velocidade crítica, há a utilização de um estoque limitado de energia anaeróbia para atender as necessidades adicionais do esforço (Bishop et al., 1998).

Alguns estudos têm demonstrado que o parâmetro aeróbio do modelo de Vcrit apresenta elevadas correlações com o limiar aeróbio. Essas relações foram verificadas

em protocolos que utilizaram concentrações de lactato sanguíneo (McLellan & Cheung, 1992; Wakayoshi et al., 1992; Kokubun et al., 1996; Santhiago, 2005;), sugerindo que o modelo de Vcrit pode ser utilizado como um índice não invasivo de determinação da capacidade aeróbia de atletas de várias modalidades (Dekerle et al., 2002). Esse método de avaliação tem sido o objetivo de vários estudos por ser um teste não invasivo e de custo reduzido (Manchado, 2007).

Embora outros estudos tenham verificado que a Vcrit superestima a intensidade de MFEL (Martin et al., 2000; Taylor, 2001; Brickley et al., 2002; Pringle e Jones 2002; Rodriguez et al., 2003; Dekerle et al., 2003, 2005; di Prampero et al., 2008), os resultados do nosso estudo mostraram que a intensidade de exercício correspondente à Vcrit foi similar à MFEL e altamente correlacionada ($r=0,91$, $P=0,001$).

Uma das possibilidades que acreditamos poder explicar esses diferentes achados na literatura com relação à intensidade correspondente a Vcrit e a MFEL é a seleção das distâncias preditivas utilizadas nos estudos envolvendo a Vcrit, visto que os tempos limites ideais para as intensidades pré-determinadas devem estar em torno de 2 a 15-20 minutos (Hill, 1993; Hill e Ferguson, 1999; Bricley et al., 2002).

Em nosso estudo, as distâncias das cargas preditivas escolhidas para a determinação da Vcrit (200m, 300m, 400m e 500m) tiveram tempos em torno de 2 a 6 minutos. Embora esses tempos estejam de acordo com os descritos pelos autores acima citados, há evidências de que tempos de exaustão mais próximos do limite inferior desse critério podem acarretar em valores mais altos de Vcrit e vice-versa (Dekerle et al., 2002; Wright e Smith, 1994).

Diferentemente dos tempos obtidos por meio do protocolo de Vcrit, os tempos de exaustão observados tanto para $F_{crit_{teste}}$ quanto para $F_{crit_{re-teste}}$ esteve em torno de 2 a 17

minutos de acordo com as intensidades realizadas por cada nadador. É importante ressaltar que a F_{crit} foi determinada por meio do critério proposto no protocolo original (Monod & Scherrer, 1965) que é baseado no tempo de exaustão para uma determinada intensidade de exercício.

Assim sendo, parece que o protocolo distância-tempo utilizado para a determinação da V_{crit} em natação parece prejudicar o modelo original proposto por Monod e Scherrer (1965), haja vista que a V_{crit} não apresentou diferença significativa com a MFEL-L e que embora a F_{crit} tenha apresentado intensidades significativamente maiores quando comparada a MFEL-A, para a maioria dos nadadores, graficamente, a mesma correspondeu a 100% da MFEL-A.

Em nossa opinião, aplicar o método da potência crítica em sistema atado parece ser mais fiel ao modelo original. O fato de não ter havido correlação, no presente estudo, da F_{crit} com a V_{crit} não suprime o modelo proposto aqui, até porque mais importante é estabelecer correlação desses parâmetros com performances de nado, obtidos em competições. Papoti (2007) observou correlações estatísticas entre a F_{crit} e performances de 100, 200 e 400m das distâncias preditivas. Tais resultados merecem ser ampliados para situações de competição. No caso da V_{crit} e performances de nado, a literatura apresenta respostas controversas quando se procura estabelecer correlações.

Vários estudos utilizam esforços em nado atado para determinar o consumo máximo de oxigênio (West et al., 2005; Wells et al., 2006), frequência de braçada (Papoti et al., 2005a), aptidão anaeróbia (Papoti et al., 2003, Papoti et al., 2007) e capacidade aeróbia em nadadores através de métodos invasivos (Matsumoto et al., 1999; Papoti et al., 2005b) e não invasivos (Ikuta et al., 1996; Almeida et al., 2002, Papoti et al., 2005b).

No presente estudo a capacidade aeróbia dos nadadores em nado atado foi determinada a partir do protocolo de MFEL proposto por Heck et al. (1985) por meio da utilização de cordas elásticas conectados a um sistema de células de carga em intensidades previamente estabelecidas.

Foi possível determinar a intensidade referente à MFEL-A para todos os nadadores e a mesma foi inversamente correlacionada com a MFEL-L ($r = -0,73$, $P = 0,07$). Além disso, a MFEL-A foi correlacionada tanto com a $F_{crit_{teste}}$ ($r = 0,86$, $P = 0,001$) quanto com a $F_{crit_{re-teste}}$ ($r = 0,92$, $P = 0,000$).

Embora a MFEL-A tenha apresentado correlação tanto com a $F_{crit_{teste}}$ quanto com a $F_{crit_{re-teste}}$, as intensidades referentes às F_{crit} s foram significativamente maiores (6%) quando comparadas a MFEL-A.

Os resultados na literatura são escassos com relação a esforços atados na natação. Ikuta et al. (1996) encontraram significativas correlações entre F_{crit} determinada em nado atado por meio da utilização de um sistema de anilhas, com o limiar anaeróbio em nado livre determinado a partir do protocolo de concentração fixa de lactato sanguíneo de 4mM - OBLA ($r = 0,68$), e entre F_{crit} e V_{crit} ($r = 0,69$) determinada a partir de esforços máximos de 200m e 400m. Perandini et al. (2007) por meio da utilização de ergômetro semelhante, verificaram significativas correlações entre os valores de F_{crit} determinados por diferentes modelos matemáticos com a V_{crit} ($r = 0,89$ a $0,91$), e concluíram que a F_{crit} pode ser utilizada como indicador de capacidade aeróbia.

Assim como em nosso estudo, Papoti (2007) utilizou o sistema de corda elástica conectado a uma célula de carga, e verificou significativa correlação entre limiar anaeróbio em nado atado (LL_{NA}) realizado a partir de teste incremental e F_{crit} determinada a partir de esforços de 117%, 140%, 160% e 180% do LL_{NA} ($r = 0,76$,

$P=0,004$) e concluíram que a F_{crit} pode ser utilizada para a avaliação de parâmetros aeróbios em nado atado e livre. O autor relatou ainda que as possíveis influências da aprendizagem e de ajustes na mecânica de nado foram minimizadas com a realização de um período de adaptação ao sistema de nado atado durante um período de duas semanas.

Em nosso estudo, os nadadores não tiveram nenhum tipo de período de adaptação ao sistema de nado atado, podendo ter ocorrido ajustes na mecânica de nado por parte dos nadadores de modo a ficarem mais econômicos na execução do protocolo de MFEL-A. É possível que a falta de adaptação do método de nado atado possa ter influenciado a resposta dos valores encontrados para a MFEL-A, visto que a realização de cada intensidade do teste contou com 30 minutos de esforço contínuo, o que consequentemente pode ter interferido na ausência de correlação entre V_{crit} e $F_{crit_{teste}}$ e $F_{crit_{re-teste}}$.

Em contrapartida, Almeida et al. (2004) submeteram um grupo de nadadores a 30 minutos de exercício em intensidades correspondentes a 90%, 100% e 110% da F_{crit} e verificaram que os valores de F_{crit} subestimaram os valores da MFEL. Não foi relatado nesse estudo se os nadadores tiveram adaptação prévia ao sistema de nado atado.

É importante salientar ainda que as concentrações de lactato sanguíneo obtidas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos dos testes de MFEL-L e MFEL-A não foram significativamente diferentes e os valores de estabilização encontrados na intensidade de MFEL estão de acordo com outros achados na literatura (Pereira et al., 2002).

Em conclusão, a capacidade aeróbia determinada por meio do protocolo de MFEL-A foi correlacionada com a MFEL-L e pode ser utilizada para avaliar e monitorar sessões de treinamento atado. Embora a V_{crit} não tenha apresentado

correlação tanto com a $F_{crit_{teste}}$ quanto com a $F_{crit_{re-teste}}$, o protocolo de F_{crit} foi reprodutivo e válido. Além disso, a V_{crit} apresentou elevada correlação com a MFEL-L de maneira que, ao menos no nível do grupo de nadadores avaliados (nacional e internacional), pode se usada com segurança nas sessões de treino. Tanto a $F_{crit_{teste}}$ e $F_{crit_{re-teste}}$ foram relacionadas com a MFEL-A, podendo ser usada como índice aeróbio em treinamentos atados.

AGRADECIMENTOS

Esse estudo foi financiado pela CAPES, pela Fundunesp (processo número 00408/07-DFP) e pelo CNPq (processo número 301601/2006-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.G.; CUNHA, F.A.P.; ROSA, M.R.R.; KOKUBUN, E. Força crítica em nado atado: relações com o lactato sangüíneo e o consumo de oxigênio. **Rev Bras Ciên Esporte**, v.24, p.47-59, 2004.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S.P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Med Sci Sports Exerc**, v.28(2), p.241-6, 1996.

BENEKE, R.; HUTLER, M.; VON DUVILLARD, S.P.; SELLENS, M.; LEITHAUSER, R.M. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. **Med Sci Sports Exerc**, v.35(9), p.1626-30, 2003.

BISHOP D, JENKINS DG, HOWARD A. The critical power function is dependent on the duration of predictive exercise tests chosen. **Int J Sports Med**, v.19, p.125-29, 1998.

BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C.A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p. 146– 51, 2002.

BROOKS, G.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med Sci Sports Exerc**, v. 17, p. 22-31, 1985.

DEKERLE, J.; SIDNEY, M.; HESPEL, M.J.; 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**, v.23, p. 93-98, 2002.

DEKERLE, J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHAR, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation Threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v.89, p. 281–8, 2003.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; CLIPET, B.; DEPRETZ, S.; LEFEVRE, T.; SIDNEY, M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **Int J Sports Med**, v. 26(7), p. 524–30, 2005.

di PRAMPERO, P.E.; DEKERLE, J.; CAPELLI, C.; ZAMPARO, P. The critical velocity in swimming. **Eur J Appl Physiol**, v.102, p.165–71, 2008.

ENGEL, R. C.; JONES, J.B. Causes and elimination of erratic blanks 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. **Anal Biochem**, v. 88, p. 475-484, 1978.

GIROLD, S.; CALMELS, P.; MAURIN, D.; MILHAU, N.; CHATARD, J.C. Assisted and resisted sprint training in swimming. **J Strength Cond Res**, v.20(3), p.547-54, 2006.

HECK, J.A.; MADER, A.; HESS, G.; MÜCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, H. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med**, v.6, p.117-30, 1985.

HILL, D.W. The critical power concept. **Sports Med**, v.16, p. 237–54, 1993.

HILL, D.W.; FERGUSON, C.S. A physiological description of critical velocity. **Eur J Appl Physiol**, v.79, p. 290–3, 1999.

IKUTA, Y.; WAKAYOSHI, K.; NOMURA, T. Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. **Biomech Med Swimming**, v.7, p.146-51, 1996.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur J Appl Physiol**, v.42,p. 25-34, 1979.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Rev Paul Educ Fís**, v.10, p. 5-20, 1996.

MAGLISCHO, E. **Swimming even faster**. Mountain View; 1993.

MANCHADO, F.B. **Protocolos invasivos e não invasivos para avaliação aeróbia e anaeróbia em ratos Wistar**. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade, 2007.

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

MATSUMOTO, I.; ARAKI, H.; TSUDA, K.; ODAJIMA, H.; NISCHIMA, S.; HIGAKI, Y.; TANAKA, H.; TANAKA, M.; SHINDO, M. Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial. **Thorax**, v.54, p.196-201, 1999.

MCLELLAN, T.M.; CHEUNG, K.S.Y. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v.24, p.543-550, 1992.

MONOD, H.; SCHERER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics** v.8, p.329-38, 1965.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.E.B.; CUNHA, S.A.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Rev Port Ciênc Desp**, v. 3, p.36-42, 2003.

PAPOTI, M.; CUNHA, S.A.; MARTINS, L.E.B.; ZAGATTO, A.M.; FREITAS, P.B.; GOBATTO, C.A. Determination of force and stroke rate in swimming tethered with data acquisition system. In: XI Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2005a.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A.; MENDES, O.; GOBATTO, C.A. Use of invasive and non-invasive protocol tests on aerobic and anaerobic performances prediction in Brazilian swimmers. **Port J Sports Sci**, v.5(1), p.7-14, 2005b.

PAPOTI, M. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e no treinamento de nadadores**. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade, 2007.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.E.B.; CUNHA, S.A.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. **J Strength Cond Res**, v.21, p. 538-42, 2007.

PERANDINI, L.A.B.; OKUNO, N.M.; KOKUBUN, E.; NAKAMURA, F.Y. Correlation between critical force and critical velocity and their respective stroke rates. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v.8(4), p.59-65, 2007.

PEREIRA, R.; PAPOTI, M.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Validation of two Protocols for Determination of Anaerobic Threshold in Swimming. **Motriz**, v.8(2), p. 57-61, 2002.

PRINGLE, J.S.M.; JONES, A.M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p. 214–26, 2002.

PYNE, D.B.; LEE, H.; SWANWICK, K.M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Med Sci Sports Exerc**, v.33(2), p. 291-7, 2001.

RIBEIRO, L.F.P.; BALDISSERA, V.; BALIKIAN, P.; SOARES, A.R. Anaerobic threshold in swimming: comparison between different protocols. **Rev Bras Educ Fís Esp**, v.18(2), p.201-12, 2004.

RODRIGUEZ, F.A.; MORENO, D.; KESKINEN, K.L. Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard JC (ed). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. Saint- Etienne: University of Saint Etienne, p. 385–90, 2003.

SANTHIAGO, V. **Influência das concentrações de marcadores bioquímicos de supertreinamento sobre as performances aeróbia e anaeróbia durante periodização em natação**. Tese de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Rio Claro, 2005.

SILVA, A.S.R.; SANTOS, F.N.C.; SANTHIAGO, V.; GOBATTO, C.A. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, p. 233-7, 2005.

TAYLOR, S.A. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes **Int J Sports Med**, v.21, p. 366–8, 2001.

TOUBEKIS, A.G.; TSAMI, A.P.; TOKMAKIDIS, S.P. Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. **Int J Sports Med**, v.27(2), p.117-23, 2006.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA,T.; UDO,M.; KASAI, T.; MORITANI,T.; MUTOH,Y. & MIYASHITA, M. The simple method for the determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **Int J Sports Med**, v.13, p.367-71, 1992.

WELLS, G.D.; SCHNEIDERMAN-WALKER, J.; PLYLEY, M. Normal Physiological Characteristics of Elite Swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v.17, p. 30-52, 2006.

WEST, S.A.; DRUMMOND, M.J.; VANNESS, J.M.; CICCOLELLA, M.E. Blood lactate and metabolic responses to controlled frequency breathing during graded swimming. **J Strength Cond Res**, v.19(4), p.772, 2005.

ESTUDO 4

**RESPOSTAS AGUDAS DAS CONCENTRAÇÕES DE CREATINA QUINASE,
CREATININA E URÉIA APÓS TESTES EXAUSTIVOS E NÃO EXAUSTIVOS
DE DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBIA DE NADADORES**

RESUMO

No esporte de alto nível, são realizadas constantemente avaliações aeróbias invasivas e não invasivas, exaustivas ou não. A escolha desses métodos incluem diferentes fatores, como infraestrutura, tempo de realização, validade e fidedignidade dos valores obtidos, os quais são importantes para a prescrição das sessões de treinamento. Entretanto, pouco se sabe a respeito das lesões ou da toxicidade causada pela escolha desses testes. Desse modo, o objetivo desse estudo foi verificar o comportamento das concentrações sanguíneas de creatina kinase, creatinina e uréia, obtidas após procedimentos de determinação de parâmetros aeróbios, por meio de protocolos exaustivos em nados livre (Vcrit) e atado (Fcrit) e não exaustivos de duplos esforços em nados livre (Vcrit_{CH}) e atado (Fcrit_{CH}). Para isso 10 nadadores ($21,3 \pm 0,75$) realizaram 4 testes, organizados da seguinte forma: 1º) Determinação da velocidade crítica (Vcrit) em nado livre, 2º) Determinação da força crítica (Fcrit) em nado atado; 3º) Determinação da velocidade crítica em nado livre (Vcrit_{CH}) calculada pelo método não exaustivo de duplos esforços proposto por Chassain (1986); 4º) Determinação da força crítica (Fcrit_{CH}) em nado atado calculada pelo método não exaustivo de duplos esforços proposto por Chassain (1986). Durante os testes de performance foram coletados 25µL de sangue do lóbulo da orelha posterior leitura das concentrações de lactato sanguíneo (mmol/L) por método enzimático. O teste ANOVA one-way foi utilizado para verificar as possíveis diferenças entre as concentrações séricas de creatina quinase, creatinina e uréia obtidas 18h após os testes de Vcrit, Fcrit, Vcrit_{CH} e Fcrit_{CH}. Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$. Os valores de creatina quinase (U/L) obtidos após os testes Vcrit ($71,10 \pm 8,97$) e Fcrit ($76,45 \pm 8,52$) foram significativamente maiores quando comparados com Vcrit_{CH} ($49,10 \pm 5,23$) e com Fcrit_{CH} ($41,32 \pm 5,99$). O mesmo comportamento foi observado para a creatinina (mg/dL), sendo os resultados observados em Vcrit ($1,58 \pm 0,19$) e de Fcrit ($1,70 \pm 0,13$) significativamente superiores aos de Vcrit_{CH} ($1,23 \pm 0,16$) e Fcrit_{CH} ($0,83 \pm 0,15$). Em conclusão, valores elevados de creatinina e uréia obtidos após testes exaustivos de Vcrit e Fcrit sugerem que esses testes são mais estressantes quando comparados com os protocolos não exaustivos de Vcrit e Fcrit determinados pelo modelo de duplos esforços.

Palavras-chave: duplos esforços, exaustivo, não exaustivo.

ABSTRACT

In high level sport, invasives and non invasives, exhausting or not aerobic evaluations are constantly accomplished. The choice of those methods includes different factors, as infrastructure, time of accomplishment and validity of the obtained values, which are important for the training sessions prescriptions. However, little it is known regarding the lesions or of the toxicity caused by the choice of those tests. This way, the aim of this study was to verify the creatine kinase, creatinin and urea blood concentrations behavior, obtained after aerobic determination procedures, by exhaustive protocols in free (V_{crit}) and tethered (F_{crit}) swimming, and non exhaustive double efforts protocol in free ($V_{crit_{CH}}$) and tethered ($F_{crit_{CH}}$) swimming. Ten swimmers (21.3 ± 0.75) accomplished 4 tests, organized in the following way: 1°) Critical swimming speed (V_{crit}) determination in free swimming, 2°) Critical swimming force (F_{crit}) determination in tethered swimming; 3°) Critical swimming speed in free swimming by non exhaustive double efforts method ($V_{crit_{CH}}$) proposed by Chassain (1986); and 4°) Critical swimming force determination in tethered swimming by non exhaustive double efforts method ($F_{crit_{CH}}$) proposed by Chassain (1986). During the performance tests blood samples were taken for blood lactate determination. ANOVA one-way test was used to verify the possible differences among the creatine kinase, creatinin and urea obtained 18h after the V_{crit} , F_{crit} , $V_{crit_{CH}}$ and $F_{crit_{CH}}$ tests. A significance level of 5% was chosen. The creatin kinase (U/L) values obtained after the V_{crit} (71.10 ± 8.97) and F_{crit} (76.45 ± 8.52) tests were significantly higher when compared with $V_{crit_{CH}}$ (49.10 ± 5.23) and with $F_{crit_{CH}}$ (41.32 ± 5.99). The same behavior was observed for the creatinin (mg / dL), being the results observed in V_{crit} (1.58 ± 0.19) and F_{crit} (1.70 ± 0.3) significantly higher when compared with $V_{crit_{CH}}$ (1.3 ± 0.16) and $F_{crit_{CH}}$ (0.83 ± 0.15). In conclusion, high values of creatinin and urea obtained after V_{crit} and F_{crit} exhausting tests, suggest that these tests are more stressful when compared with double efforts non exhaustive protocol.

Keywords: double efforts, exhaustive, non exhaustive.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um programa de treinamento precisamente controlado é de fundamental importância para que a máxima performance atlética seja obtida no momento certo do ciclo de treinamento, nesse caso, na competição (Maglisco, 1999).

Para que isso ocorra, sessões de treino de alta intensidade são comumente utilizadas por técnicos e pesquisadores durante programas de treinamento em diversas modalidades esportivas. No entanto, essas sessões podem acarretar momentaneamente em queda de performance e aparecimento de fadiga aguda (Halsen e Jeukendrup, 2004).

Nesse momento, é muito importante propiciar ao atleta um período adequado de recuperação, para que o mesmo possa ser beneficiado pela supercompensação e consequentemente pela melhora do desempenho físico (Silva et al., 2005). Entretanto, caso o treinador e/ou técnico da equipe entendam que essa queda momentânea de performance deva ser controlada com treinamento adicional, o atleta pode apresentar um desequilíbrio entre a demanda do exercício e o período destinado a sua recuperação, o que pode ocasionar no aparecimento da fadiga aguda ou *overreaching* (Halsen e Jeukendrup, 2004, Silva et al., 2008).

Vários estudos têm demonstrado que alterações no volume e intensidade do treinamento podem acarretar em alterações enzimáticas (creatina quinase) e metabólicas (creatinina e uréia) (Flynn et al., 1994; Lehmann et al., 1991, 1992; Bruin et al., 1994; Totsuka et al., 2002, Silva et al., 2008), sendo crescente o número de estudos preocupados em relacionar o comportamento desses parâmetros com as fases do treinamento e com a performance de atletas, na tentativa de identificar e evitar o aparecimento do *overreaching* ou *overtraining*, e, consequentemente deteriorações no

desempenho (Costill et al., 1991; Tanaka et al., 1993; Hooper et al., 1995; 1999; Halson et al., 2004).

Em natação, o uso de protocolos invasivos e não invasivos de avaliação aeróbia são amplamente utilizados como instrumentos de aplicabilidade prática capazes de avaliar e quantificar os estímulos de treino, que é de fundamental importância para o sucesso da periodização.

Dentre as ferramentas utilizadas por técnicos e pesquisadores na prescrição e controle das sessões de treinamento, destaca-se a determinação do limiar anaeróbio (Lan) por meio da mensuração das concentrações de lactato sanguíneo (Pelayo et al., 1996; Silva et al., 2005).

Das técnicas amplamente utilizadas para mensuração do Lan, destaca-se a determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL), parâmetro considerado *Gold Standard* na determinação do Lan (Hagberg & Coyle, 1983; Billat et al., 2003; Beneke, 2003), definido como a mais alta intensidade de exercício em que há máximo equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo (Hagberg & Coyle, 1983; Mader & Heck, 1986; Harnish et al., 2001; Silva et al., 2005).

Embora seja uma ferramenta eficaz na determinação e quantificação dos estímulos de treino, a realização desse protocolo exige a disponibilidade de equipamentos sofisticados, elevado custo operacional e duração de aplicação proibitiva para o esporte de alto rendimento, o que torna sua utilização limitada.

Como alternativa, o teste não invasivo de potência crítica (P_{crit}) proposto inicialmente por Monod e Scherrer (1965) e modificado na última década por Wakayoshi et al. (1992) para velocidade crítica (V_{crit}), tem sido amplamente utilizado na natação, e é definido como a máxima intensidade de exercício que teoricamente pode

ser mantida por um longo período de tempo sem fadiga. Desse modo, através de modelo matemático, os valores de distância e tempo são submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa da V_{crit} , pelo modelo linear distância-tempo.

Esse método de avaliação tem sido alvo de muitos estudos pela facilidade de aplicação, contudo, esse modelo acarreta na aplicação de 3 a 4 intensidades de nado exaustivas.

Chassain (1986) desenvolveu uma metodologia baseada na realização de duplos esforços na mesma intensidade de exercício para a determinação da P_{crit} . O método consiste em submeter o indivíduo a duas sessões de exercício de mesma intensidade, com duração de três minutos cada uma, separadas por um intervalo de recuperação de 1,5 minutos. Ao final do primeiro e do segundo esforço a frequência cardíaca (FC) é registrada, permitindo analisar a variação de FC entre o primeiro ($E1$) e o segundo ($E2$) exercício utilizando a equação: $\Delta FC = FC_{E2} - FC_{E1}$. Com os resultados obtidos, plota-se um gráfico (intensidade versus ΔFC) e por interpolação linear é verificado o valor da intensidade em que o $\Delta FC = 0$, no qual, ao menos teoricamente, ocorre a máxima fase estável de FC. Essa intensidade é entendida como P_{crit} .

Além da FC, podem ser utilizados os comportamentos das concentrações de lactato sanguíneo (LAC) e VO_2 em análises similares.

Embora ainda pouco utilizado no meio esportivo, esse método constitui grande importância por sua característica não exaustiva.

Portanto, é possível a realização, no esporte de alto nível, de avaliações aeróbias invasivas e não invasivas, exaustivas ou não. A escolha desses métodos incluem diferentes fatores, como infraestrutura, tempo de realização, validade e fidedignidade dos valores obtidos, os quais são importantes para a prescrição das sessões de

treinamento. Entretanto, pouco se sabe a respeito das lesões ou da toxicidade causada pela escolha desses testes, o que provavelmente deva ser fator preponderante na opção do melhor método a ser aplicado.

OBJETIVO

O objetivo desse estudo foi verificar o comportamento das concentrações sanguíneas de creatina kinase, creatinina e uréia, obtidas após procedimentos de determinação de parâmetros aeróbios, por meio de protocolos “exaustivos” em nados livre (V_{crit}) e atado (F_{crit}) e “não exaustivos” de duplos esforços em nados livre ($V_{crit_{CH}}$) e atado ($F_{crit_{CH}}$).

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Foram avaliados 10 nadadores com idade de $21,3 \pm 0,75$ do sexo masculino, atletas de nível nacional e internacional, filiados à Federação Aquática Paulista (FAP) e à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA). Os participantes foram informados de todos os procedimentos invasivos e não invasivos dos testes e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro (Protocolo 6941), autorizando a participação no estudo.

Procedimentos

O presente estudo foi realizado durante o período de polimento dos atletas e foi organizado de modo que os testes realizados fizessem parte das sessões do programa de treinamento dos nadadores, estabelecidos pelo técnico da equipe. Dessa forma, foi mínima a influência das avaliações ao ciclo de treinamento proposto e às competições. O estudo foi composto por um total de 4 experimentos, organizados da seguinte forma: 1º) Determinação da velocidade crítica (V_{crit}) em nado livre nas distâncias máximas de 200, 300, 400 e 500m em nado crawl por protocolo sugerido por Wakayoshi et al., (1992); 2º) Determinação da força crítica (F_{crit}) em nado atado; 3º) Determinação da velocidade crítica em nado livre ($V_{crit_{CH}}$) calculada pelo método não exaustivo de duplos esforços proposto por Chassain (1986); 4º) Determinação da força crítica ($F_{crit_{CH}}$) em nado atado calculada pelo método não exaustivo de duplos esforços proposto por Chassain (1986). Todos os testes acima citados foram compostos por 4 diferentes intensidades cada, os quais foram realizados de forma aleatória e randômica, evitando qualquer influência fisiológica e adaptativa ao método. Os nadadores realizaram apenas 2 cargas por dia e o tempo de intervalo entre a realização de 1 protocolo e outro foi de 10 a 15 dias. Todos os procedimentos foram realizados em piscina aberta de 25m da Universidade de Ribeirão Preto com temperatura da água mantida à 27°C. Previamente aos esforços os nadadores realizaram um aquecimento habitual de 800m utilizando somente o nado crawl com intensidade fácil à moderada (determinada subjetivamente pelos nadadores).

Avaliações aeróbias

1) Determinação da velocidade crítica (V_{crit})

Para determinação da V_{crit} , foram realizados 4 esforços randomicamente estabelecidos em estilo crawl nas distâncias de 200m, 300m, 400m e 500m em máxima velocidade. Os esforços foram realizados em dois dias consecutivos, sendo 1 no período da manhã e outro no período da tarde em intervalos de 6 horas. Os valores de distância e tempo foram submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa da V_{crit} , pelo modelo linear distância *versus* tempo. A velocidade crítica dos atletas foi determinada pelo coeficiente angular de cada uma das regressões individuais.

2) Determinação da força crítica (F_{crit}) em nado atado

Para a determinação da F_{crit} , foi utilizado um protocolo de nado atado padronizado por Papoti et al. (2005a), através da substituição do fio de aço por corda elástica (tubo cirúrgico comercial nº 204). Esse sistema contém célula de carga (*strain gages*) como elemento sensor primário com capacidade de 1000N. Desse modo, durante as avaliações, um dinamômetro (Lutron FG-100KG) esteve preso à barra de saída do nado costas e, em seu centro, foi conectada a corda elástica com 10 metros de comprimento, tendo em sua extremidade oposta um cinto de nylon, envolvendo a cintura do nadador.

Conectados ao sistema descrito anteriormente, os nadadores realizaram quatro esforços em diferentes intensidades até a exaustão. Os esforços foram realizados em dois dias consecutivos, sendo 1 no período da manhã e outro no período da tarde em intervalos de 6 horas. A diferença entre as cargas de cada esforço foi de 10N (Figura 4.1) e as intensidades de nado foram controladas por meio de cones dispostos

juntamente à borda da piscina, representando as intensidades de 70N, 80N, 90N, 100N, 110N e 120N. Os nadadores foram orientados a permanecerem com a cabeça próxima a esta marca durante a realização de cada esforço (Figura 4.1).

As intensidades foram duplamente controladas, sendo que um avaliador esteve o tempo todo do teste controlando a carga (pelo display digital do equipamento), enquanto o outro permaneceu junto ao cone referente à intensidade, observando o alinhamento da cabeça do nadador junto ao mesmo.

Os valores de força obtidos nos três segundos iniciais do início de cada estágio foram desconsiderados em função do ajuste do nadador para iniciar o teste.

A exaustão foi assumida como a incapacidade do nadador manter a intensidade de nado previamente definida por tempo igual ou superior a 10 segundos, ou quando voluntariamente os nadadores assumiam não mais conseguir continuar o exercício nas intensidades previamente determinadas. Nesses dois casos, os tempos de nados para cada esforço foram registrados e assumidos como tempo limite (T_{lim}). A F_{crit} correspondeu ao coeficiente linear dos pontos obtidos da relação linear F versus $1/T_{lim}$.

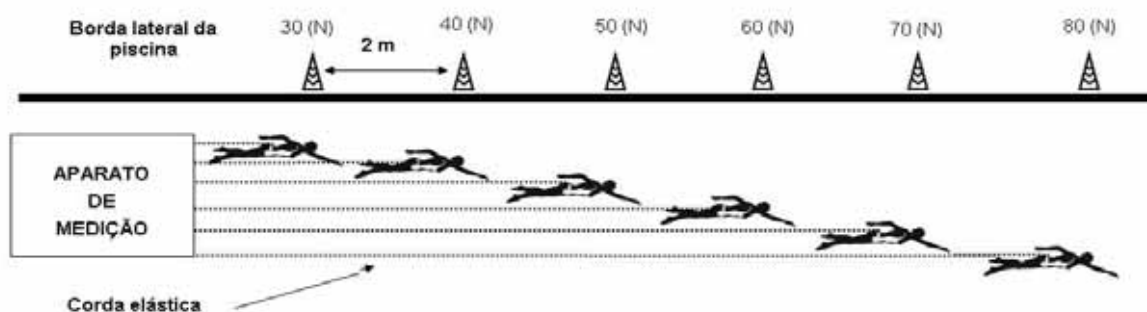


Figura 4.1 Representação esquemática da disposição dos cones na borda lateral da piscina que foram utilizados como referência para o nadador no protocolo de determinação da força crítica (F_{crit}) e da força crítica por meio de protocolo não exaustivo de duplos esforços ($V_{crit_{CH}}$) (Papoti et al., 2005).

3) Determinação da velocidade crítica (V_{crit}) pelo método proposto por Chassain (1986) - $V_{crit_{CH}}$

Para a determinação da $V_{crit_{CH}}$ por protocolo não-exaustivo (Chassain, 1986), os atletas foram submetidos a quatro intensidades de nado em estilo crawl. O protocolo proposto por Chassain (1986) é caracterizado por dois esforços de mesma intensidade, com duração de 3 minutos cada, separados por um intervalo passivo de 1,5 minuto. Desse modo, para cada uma das 4 intensidades de nado foram obtidos os valores de delta frequência cardíaca (ΔFC) ($V_{crit_{CH-\Delta FC}}$) e delta lactato ($V_{crit_{CH-\Delta LAC}}$), subtraindo os valores de FC e da lactacidemia obtida ao final do segundo esforço (FC_2 e LAC_2) dos valores de FC e da concentração de lactato obtidos ao final do primeiro esforço (FC_1 e LAC_1). Com os deltas frequência cardíaca e lactato verificados em cada intensidade de nado (s/100m), foram realizados os procedimentos de interpolação linear individual para cada um dos parâmetros, os quais forneceram as intensidades de nado correspondentes aos deltas “frequência cardíaca e lactato” zero. Tais intensidades foram assumidas como sendo as V_{crits} ($\Delta FC=0$ e $\Delta LAC=0$), calculadas pelo método Chassain (1986). Os esforços foram realizados em dois dias consecutivos, sendo 1 no período da manhã e outro no período da tarde em intervalos de 6 horas. A figura 4.2 mostra o protocolo experimental utilizado para o cálculo da V_{crit} baseada no método Chassain (1986).

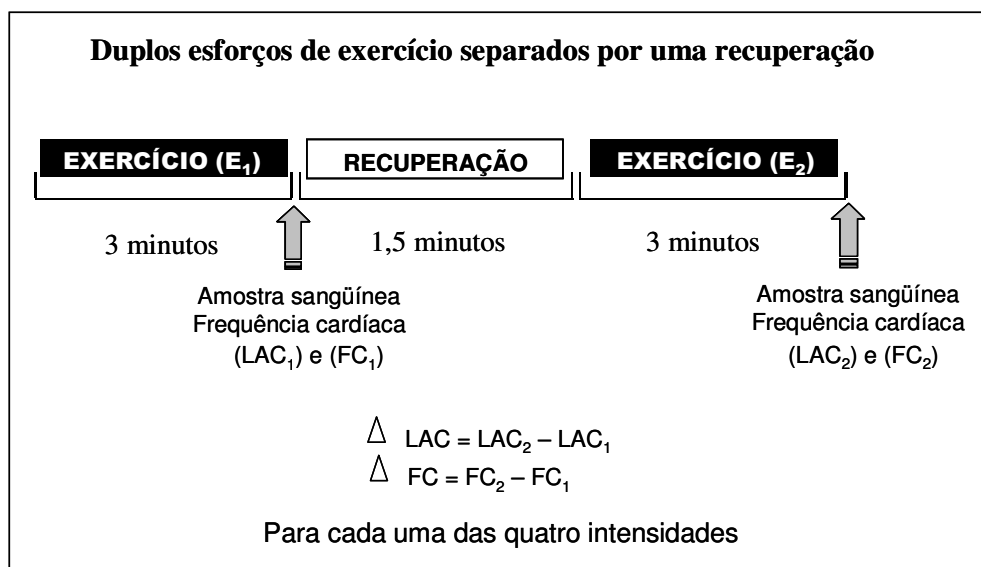


Figura 4.2. Protocolo experimental adaptado de Manchado et al. (2006) e utilizado no presente estudo para a determinação da velocidade crítica (Vcrit_{CH}) e força crítica (Fcrit_{CH}) baseada no método Chassain (1986).

4) Determinação da força crítica (Fcrit) pelo método proposto por Chassain (1986) - Fcrit_{CH}

Para a determinação da Fcrit_{CH} por protocolo não-exaustivo de duplos esforços proposto por (Chassain, 1986), conectados ao sistema de células de carga descritos no protocolo 2 (Figura 4.1), os atletas foram submetidos a quatro intensidades de nado em estilo crawl. Os esforços foram realizados em dois dias consecutivos, sendo 1 no período da manhã e outro no período da tarde em intervalos de 6 horas. Para cada uma das 4 intensidades de nado foram obtidos os valores de delta frequência cardíaca (ΔFC) (Fcrit_{CH-ΔFC}) e delta lactato (Fcrit_{CH-ΔLAC}), procedimento semelhante ao descrito no protocolo 3 (Figura 4.2). Com os deltas frequência cardíaca e lactato verificados em cada intensidade de nado (N), foram realizados os procedimentos de interpolação linear individual para cada um dos parâmetros, os quais forneceram as intensidades de nado correspondentes aos deltas “frequência cardíaca e lactato” zero. Tais intensidades foram

assumidas como sendo as Fcrits ($\Delta FC=0$ e $\Delta LAC=0$), calculadas pelo método Chassain (1986).

Coletas de sangue e análises sanguíneas

Soro

Após 12 horas da realização dos protocolos de Vcrit, Vcrit_{CH}, Fcrit e Fcrit_{CH}, estando os atletas em repouso desde então, foram coletados 20 ml de sangue da veia antecubital direita, para a determinação das concentrações séricas de creatina quinase, creatinina e uréia. O sangue coletado foi imediatamente centrifugado durante 5 minutos a velocidade de 1500rpm, sendo o soro separado em tubos heparinizados, que foram congelados em freezer a -10°C para posterior análise por meio de método enzimático. As análises sanguíneas foram realizadas com o auxílio de kits bioquímicos.

Lactato Sanguíneo

Durante os testes de avaliação aeróbia pelo protocolo de Chassain, ao final de cada esforço, foram coletados 25µL de sangue do lóbulo da orelha em capilares heparinizados e calibrados, os quais foram imediatamente transferidos para tubos *eppendorf* contendo 400µL de ácido tricloroacético (TCA) 0,3%, para a desproteinização do sangue e posterior leitura das concentrações de lactato através do método enzimático descrito por Engel e Jones (1978).

Análise estatística

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk's e Levene's, os valores apresentaram normalidade e homogeneidade. O teste ANOVA one-way, seguido do post-hoc de

Newman Keuls (quando necessário) foi utilizado por meio do software *STATISTICA*[®] 6.0 para verificar diferenças entre as intensidades de V_{crit} , $V_{crit_{CH-\Delta FC}}$, $V_{crit_{CH-\Delta LAC}}$, e entre F_{crit} , $F_{crit_{CH-\Delta FC}}$ e $F_{crit_{CH-\Delta LAC}}$, bem como para as concentrações séricas de creatina quinase, creatinina e uréia obtidas 18h após os testes de V_{crit} , F_{crit} , $V_{crit_{CH}}$ e $F_{crit_{CH}}$. Análise de correlação de Pearson foi aplicada aos parâmetros sorológicos determinados após os diferentes protocolos de avaliação. Os resultados estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média (EPM). Em todos os casos foi prefixado significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Performance Aeróbia

Através dos resultados obtidos nesse estudo foi possível observar que intensidade referente à V_{crit} apresentou valores semelhantes aos verificados em $V_{crit_{CH-\Delta FC}}$ e $V_{crit_{CH-\Delta LAC}}$. Já a intensidade de F_{crit} foi significativamente maior das obtidas por meio do protocolo de $F_{crit_{CH-\Delta FC}}$ e $F_{crit_{CH-\Delta LAC}}$ (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 Valores médios $\pm$ erro padrão da média (EPM) das intensidades (s/100m) correspondentes à velocidade crítica (Vcrit) e velocidade crítica obtida por meio dos deltas (Δ) frequência cardíaca (FC) e lactato (LAC) em protocolo não exaustivo de duplos esforços (Vcrit_{CH- Δ FC} e Vcrit_{CH- Δ LAC}), e das intensidades (Newton – N) correspondente à força crítica (Fcrit) e força crítica obtida por meio dos deltas (Δ) frequência cardíaca (FC) e lactato (LAC) em protocolo não exaustivo de duplos esforços (Fcrit_{CH- Δ FC} e Fcrit_{CH- Δ LAC}).

Avaliações aeróbias em nado livre (s/100m)		
Vcrit	Vcrit _{CH-ΔFC}	Vcrit _{CH-ΔLAC}
74,59 $\pm$ 1,24	75,16 $\pm$ 0,90	75,04 $\pm$ 0,98
Avaliações aeróbias em nado atado (N)		
Fcrit	Fcrit _{CH-ΔFC}	Fcrit _{CH-ΔLAC}
74,76 $\pm$ 2,49	69,00 $\pm$ 2,16*	69,19 $\pm$ 2,14*

* Diferença significativa ($p \leq 0,05$) comparada à intensidade correspondente a Fcrit.

CK, creatinina e uréia em soro.

Os valores de creatina quinase (U/L) obtidos após os testes Vcrit (71,10 $\pm$ 8,97) e Fcrit (76,45 $\pm$ 8,52) foram significativamente maiores quando comparados com Vcrit_{CH} (49,10 $\pm$ 5,23) e com Fcrit_{CH} (41,32 $\pm$ 5,99) (Figura 4.3a). O mesmo comportamento pode ser observado na figura 4.3b para a creatinina (mg/dL), sendo os resultados observados em Vcrit (1,58 $\pm$ 0,19) e de Fcrit (1,70 $\pm$ 0,13) significativamente superiores aos de Vcrit_{CH} (1,23 $\pm$ 0,16) e Fcrit_{CH} (0,83 $\pm$ 0,15).

Na figura 4.3c podemos verificar que não houve diferenças significativas nos valores de uréia observados após protocolos exaustivos (Vcrit = 33,33 $\pm$ 1,84 e Fcrit = 37,49 $\pm$ 2,42) e não exaustivos (Vcrit_{CH} = 35,67 $\pm$ 1,76 e Fcrit_{CH} = 34,57 $\pm$ 2,07).

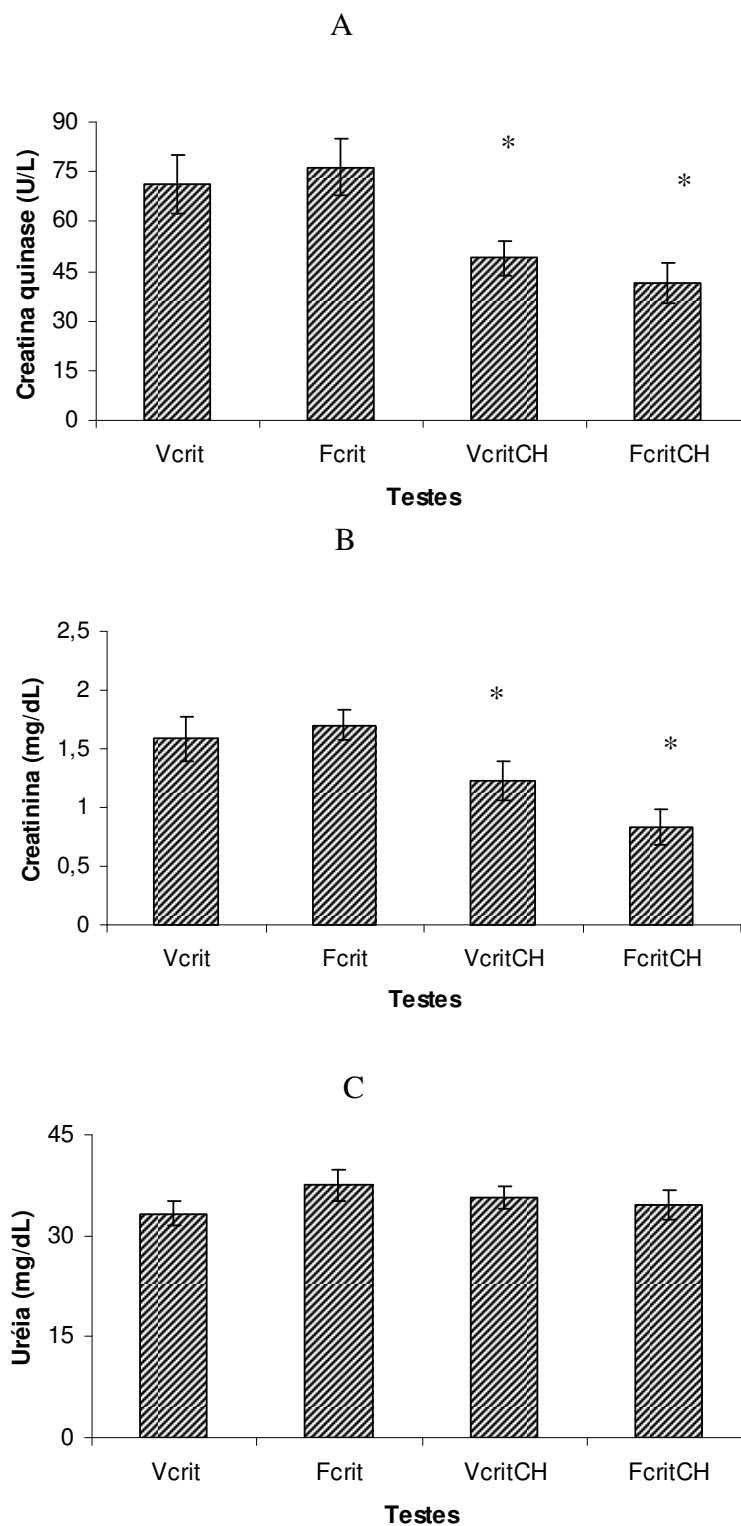


Figura 4.3. Valores de: A) Creatina quinase (U/L), B) Creatinina (mg/dL), e, C) Uréia (mg/dL) 24h após teste de velocidade crítica em nado livre (Vcrit), força crítica em nado atado (Fcrit), velocidade crítica obtida por meio do protocolo proposto por Chassain (1986) em nado livre (Vcrit_{CH}), e, força crítica obtida por meio do protocolo proposto por Chassain (1986) em nado atado (Fcrit_{CH}).

A tabela 4.2 mostra as relações encontradas entre os parâmetros sorológicos e de performance analisados nesse estudo.

Tabela 4.2 Correlações significativas verificadas entre os parâmetros sorológicos analisados nesse estudo.

	CK Vcrit	Creatinina Fcrit	CK Vcrit _{CH}
Creatinina Vcrit	-	r= 0,92	-
CK Vcrit _{CH}	r= 0,84	-	-
CK Fcrit _{CH}	-	-	r= 0,76

DISCUSSÃO

O principal resultado desse estudo foi que, para nadadores competitivos de alto nível, os valores referentes às respostas agudas de creatina quinase (CK) e creatinina após os protocolos não exaustivos de duplos esforços em nados livre (Vcrit_{CH}) e atado (Fcrit_{CH}), foram significativamente menores quando comparados aos protocolos exaustivos em nados livre (Vcrit) e atado (Fcrit) utilizados tradicionalmente em natação. O modelo de determinação da potência crítica proposto por Chassain (1986), é um método de duplos esforços que consiste em submeter o indivíduo a duas sessões de exercício de mesma intensidade, com duração de três minutos cada uma, separadas por um intervalo de recuperação de 1,5 minutos. No presente estudo, tal protocolo foi adaptado para a natação, em condições de nado livre e atado.

Embora as concentrações de uréia não tenham apresentado diferenças após a realização de 4 diferentes protocolos em nados livre e atado, as alterações verificadas para CK e creatinina indicam que a utilização dos testes de Vcrit e Fcrit em nados livre e atado são mais estressantes.

Durante o exercício, a continuidade temporal de contração e relaxamento muscular requer o fornecimento de energia proveniente dos substratos energéticos presentes no próprio tecido muscular, bem como os circulantes. Quando a intensidade do exercício é compatível com o fornecimento desses substratos disponíveis, levando em consideração a velocidade de geração de energia oriunda dos carboidratos, gorduras e proteínas, o tecido muscular é exercitado sem causar alterações na permeabilidade da membrana. Entretanto, quando a intensidade de exercício é superior a essa extensão permissível, a permeabilidade da membrana muda temporariamente ou é lesionada permanentemente, resultando numa maior liberação de CK pelo músculo.

Desse modo, a mensuração da CK é comumente utilizada como um indicador de lesão muscular em vários tipos de exercícios (Hartmann e Mester, 2000; Silva et al., 2008) e em atletas com sintomas crônicos de *overreaching* (Halsen et al., 2003). Além disso, alguns autores ainda verificaram aumento nas concentrações de CK após aumento do volume de exercício em períodos distintos de treinamento (Lehmann et al., 1991; 1997, Flynn et al., 1994). Silva et al. (2008) não verificaram alterações desses parâmetros ao longo de um ciclo completo de treinamento em futebolistas profissionais. Os autores desse estudo utilizaram 12h de descanso para a coleta sanguínea e sugeriram que esse tempo foi suficiente, considerando as sessões de treinamento desse esporte, para a recuperação muscular.

Por outro lado, Kingsley et al. (2005) observaram aumento na concentração circulante de CK 24h após a realização de um protocolo exaustivo e intermitente em futebolistas. Após um período de 4 semanas de polimento em nadadoras do sexo feminino, Santhiago (2005) verificou diminuição das concentrações séricas de CK.

O conjunto de estudos acima citados sustenta a idéia de que as alterações dos sinalizadores sanguíneos de estresse físico devem refletir variações das relações volume-intensidade nas sessões de treinamento, portanto, condições distintas dentro de uma periodização do treinamento esportivo. Uma provável causa dessa suposição é a elevação tecidual de ácido láctico produzida pelo aumentado fluxo glicolítico em exercícios mais intensos, resultando no aumento da liberação de CK (Totsuka et al., 2002).

A Vcrit tem sido objetivo de vários estudos por ser um teste não invasivo e de custo reduzido. Entretanto, embora seja um teste rápido e de fácil execução, é um procedimento exaustivo, que de acordo com os resultados das concentrações de CK e creatinina verificados em nosso estudo, pode acarretar em influências negativas para o período de treino.

Nossos dados mostraram que o modelo não exaustivo promoveu menor presença circulante de CK em relação ao modelo exaustivo, apesar da significativa correlação positiva observada entre as concentrações de CK obtidas após o teste de Vcrit com as obtidas após o teste de Vcrit_{CH} ($r=0,84$, $P=0,002$).

Testes em nado atado não são comumente utilizados para a avaliação da força de nadadores, devido à dificuldade de aplicação do mesmo e ao elevado custo operacional necessário à aquisição dos dados. Alguns técnicos e pesquisadores acreditam ainda que embora alguns exercícios com cordas elásticas sejam utilizados nas sessões de treinamento, testes em nado atado alteram a mecânica de nado e podem, se utilizados em algumas etapas do treinamento, prejudicar a performance de nado do atleta. Entretanto, variáveis anaeróbias como força e potência são aspectos importantes a

serem considerados na análise de evolução do nadador, bem como sua performance em competições (Smith et al., 2002, Papoti, 2007).

As concentrações de séricas de creatinina, assim como com a CK, foram significativamente maiores após os testes de Vcrit e Fcrit, comparados a Vcrit_{CH} e a Fcrit_{CH}, respectivamente. Além disso, nosso estudo verificou que as concentrações de CK obtidas após o protocolo não exaustivo de Vcrit_{CH} foram significativamente correlacionadas com as obtidas após o protocolo de Fcrit_{CH} ($r=0,76$, $P=0,01$), também não exaustivo. É importante salientar ainda que embora as concentrações de CK e creatinina tenham apresentado valores mais elevados após os testes de Vcrit e Fcrit, esses valores estão dentro dos níveis de normalidade do parâmetro.

Desse modo, podemos sugerir que os testes exaustivos do modelo de Vcrit e Fcrit foram mais estressantes para os nadadores quando comparado com o modelo de duplos esforços proposto por Chassain (1986), adaptados por nós em natação livre e atada (Vcrit_{CH} e Fcrit_{CH}).

Lehmann et al. (1997) não observaram alterações nas concentrações de creatinina após aumento de 103% na distância de treino de corredores em 4 semanas. Santhiago (2005) não verificou alteração ao longo de um ciclo de treinamento de 14 semanas para nadadores do sexo masculino e feminino. Já Silva et al., (2008) observaram aumento nas concentrações de creatinina em um grupo de futebolistas profissionais ao final de um ciclo de 12 semanas de treinamento, comparado com o início do mesmo. Embora, essas concentrações não foram correlacionadas com nenhum parâmetro de performance avaliado pelos autores, esse aumento ocorreu no exato momento em que houve a pior performance da equipe e a diminuição do vigor dos atletas mensurado pelo questionário de avaliação de estados de humor (*Profile of Mood State* - POMS).

Durante o exercício físico ocorre aumento nas concentrações circulantes de amônia no sangue. Porém esse produto extremamente tóxico ao organismo é convertido pelo fígado em uma substância menos nociva, a uréia. Atletas que realizam séries demasiadas de treinamento, frequentemente apresentam níveis de uréia elevados e, pelo fato da uréia ser produzida pela degradação protéica, esse marcador indica um aumento do catabolismo protéico. No presente estudo, as concentrações de uréia não apresentaram diferenças significativas após a realização de nenhum dos protocolos aplicados, bem como também não apresentaram correlação com nenhum dos testes de performance realizados nesse estudo. Rowbottom et al. (1995) não verificaram alterações nesse substrato ao longo de um período de treinamento de 9 meses em triatletas. Halson et al. (2002) não verificaram alterações nas concentrações séricas de uréia em ciclistas. Silva et al. (2008) também não reportaram alterações nas concentrações de uréia ao longo de 12 semanas de treinamento em futebolistas profissionais. Contudo, Santhiago (2005) verificou aumento nas concentrações séricas de uréia ao final do período preparatório básico de 2 semanas na natação em atletas do sexo masculino e feminino. É importante ressaltar que no estudo acima citado, os nadadores iniciaram esse ciclo após 2 semanas de completa inatividade física, o que pode ter resultado no aumento dessas concentrações.

O conjunto de resultados apresentados permite concluirmos que os maiores valores de CK e creatinina encontrados após a aplicação de protocolos exaustivos para determinação de parâmetro aeróbio (Monod e Scherrer, 1965), adaptados à natação livre e atada (V_{crit} e F_{crit}), se comparados com métodos não-exaustivos (protocolo de Chassain, 1986) adaptados às mesmas condições livre e atada ($V_{crit_{CH}}$ e $F_{crit_{CH}}$),

revelam ser métodos exaustivos mais estressantes para nadadores de elevado rendimento.

AGRADECIMENTOS

Esse estudo foi financiado pela CAPES, pela Fundunesp (processo número 00408/07-DFP) e pelo CNPq (processo número 301601/2006-2).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. **Eur J Appl Physiol**, v.89, p. 95-9, 2003.

BILLAT, L.; SIVERENT, P.; PY, G.; KORALLSZTEIN, J-P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v.33(6), p.407-26, 2003.

BRUIN, G. H.; KUIPERS, H. A.; KREISER, G. J. Adaptation and overtraining in horses subjected to increasing training loads. **J Appl Phys**, v. 76, p. 1908-1913, 1994.

CHASSAIN, A. P. Méthode d'appréciation objective de la tolérance de l'organisme á l'effort: application á la mesure des puissances de la frequence cardiaque et de la lactatémie. **Science & Sports**. v.1, p.41-48, 1986.

COSTILL, D. L.; THOMAS, R.; ROBERGS, R. A.; PASCOE, D.; LAMBERT, C.; BARR, S.; FINK, W. J. Adaptations to swimming training: influence of training volume. **Med Sci Sports Exerc**, v. 23, p. 371-377, 1991.

ENGEL, R.C.; JONES, J.B. Causes and elimination of erratic blanks 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. **Anal. Biochem**, v. 88, p. 475-484, 1978.

FLYNN, M.G.; PIZZA, F.X.; BOONE, J.R.; ABDRES, F.F.; MICHAUD, T.A.; RODRIGUES-ZAYAS, J.R. Indices of training Stress During Competitive Running and Swimming Seasons. **Int J Sports Med**, v. 15, p. 21-6, 1994.

HAGBERG, J.M.; COYLE, E.F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 15, p. 287-9, 1983.

HALSON, S.L.; JEUKENDRUP, A.E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. **Sports Med**, v. 34, p. 967-81, 2004.

HALSON, S.L.; LANCASTER, G.I.; JEUKENDRUP, A.E.; GLEESON, M. Immunological responses to overreaching in cyclists. **Med Sports Exerc**, v.35, p. 854-61, 2003.

HARNISH, C.R.; SWENSEN, T.C.; PATE, R.P. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p. 1052-55, 2001.

HARTMANN, U.; MESTER, J. Training and overtraining markers in selected sport events. **Med Sci Sports Exerc**, v.32, p.209-15, 2000.

HOOPER, S,L.; MACKINNON, L,T.; HOWARD, A.; GORDON, D,R.; BACHMANN, A,W. Markes for monitoring overtraining and recovery. **Med Sci Sports Exer**, v. 27, p. 106-12, 1995.

HOOPER, S,L.; MACKINNON, L,T.; HOWARD, A. Physiological and psychometric variables for monitoring recovery during tapering for major competition. **Med Sci Sports Exer**, v. 31, p. 1205-10, 1999.

KINGSLEY, M,I.; WADSWORTH, D.; KILDUFF, L,P.; MCENENY, J.; BENTON, D. Effects of phosphatidylserine on oxidative stress following intermittent running. **Med Sci Sports Exerc**, v.37, 1300-6, 2005.

LEHMANN, M.; DICKHUTH, H. H.; GENDRISCH, G.; LAZAR, W.; THUM, M.; KAMINSKY, R.; ARAMEND, J. F.; PETERKE, E.; WIELAND, W.; KEUL, J. Training-overtraining: a prospective, experimental study with experienced middle and long distance runners. **Inter J Sports Med**, v. 12, p. 444-452, 1991.

LEHMANN, M.; BAUMGARTL, P.; WEISENACK, C.; SEIDEL, A.; BAUMANN, H.; FISCHER, S.; SPÖRI, U.; GENDRISCH, G.; KAMINSKI, R.; KEUL, J. Training-overtraining: influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamine and some metabolic parameters in experienced middle- and long-distance runners. **Eur J Appl Physiol**, v. 64, p. 169-177, 1992.

LEHMANN, M.; WIELAND, H.; GASTMANN, U. Influence of an unaccustomed increase in training volume *vs* intensity on performance, hematological and blood-chemical parameters in distance runners. **J Sports Med and Phys Fit**, v. 37, p. 110-116, 1997.

MADER A, HECK H. A theory of metabolic origin of the anaerobic threshold. **Int J Sports Med**, v. 7, p.45-65, 1986.

MAGLISCHO, E. **Swimming even faster**. Mountain View; 1993.

MANCHADO, F.B.; GOBATTO, C.A.; VOLTARELLI, F.A.; MELLO, M.A.R. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 31, p. 731-6, 2006.

MONOD, H.; SCHERER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics** v.8, p.329-38, 1965.

PAPOTI, M.; CUNHA, S.A.; MARTINS, L.E.B.; ZAGATTO, A.M.; FREITAS, P.B.; GOBATTO, C.A. Determination of force and stroke rate in swimming tethered with data acquisition system. **In: XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, 2005.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.E.B.; CUNHA, S.A.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. **J Strength Cond Res**, v.21, p. 538-42, 2007.

PAPOTI, M. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e no treinamento de nadadores.** Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade, 2007.

PELAYO, P., MUJICA, I., SIDNEY, M., CHATARD, J. Blood lactate recovery measurements, training, and performance during a 23-week period of competitive swimming. **Eur J Appl Physiol**, v. 74, 107-113, 1996.

PYNE, B.D.; LEE, H.; SWANWICK, K.M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p.291-297, 2001.

ROWBOTTOM, D. G.; KEAST, D.; GOODMAN, C.; MORTON, A. R. The hematological, biochemical and immunological profile of athletes suffering from the overtraining syndrome. **Eur J Appl Physiol**, v. 70, p. 502-509, 1995.

SANTHIAGO, V. **Influência das concentrações de marcadores bioquímicos de supertreinamento sobre as performances aeróbia e anaeróbia durante periodização em natação.** Tese de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Rio Claro, 2005.

SILVA, A,S,R.; SANTOS, F,N,C.; SANTIAGO, V.; GOBATTO, C,A. Comparação entre método invasivos e não invasivos de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, p. 233-7, 2005.

SILVA, A,S,R.; SANTIAGO, V.; PAPOTI, M.; GOBATTO, C,A. Psychological, biochemical and physiological response of Brazilian soccer players during a training program. **Science & Sports**, v. 23, p. 66-72, 2008.

SMITH, D,J.; NORRIS, S,R.; HOGG, J,M. Performance Evalution of Swimmers: Scientific Tools. **Sports Med**, v.32, p.539-554, 2002.

TANAKA, H.; COSTILL, D,L.; THOMAS, R.; FINK, W,J.; WIDRICK, J,J. Dray-land resistance training for competitive swimming. **Med Sci Sports Exer**, v. 25, p. 952-9, 1993.

TOTSUKA, M.; NAKAJI, S.; SUZUKI, K.; SUGAWARA, K.; SATO, K. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. **J Appl Physiol**, v. 93, p. 1280-1286, 2002.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA,T.; UDO,M.; KASAI, T.; MORITANI,T.; MUTOH,Y. & MIYASHITA, M. The simple method for the determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **Int J Sports Med**, v.13, p.367-71, 1992.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo esteve empenhado em padronizar e comparar protocolos invasivos e não invasivos de avaliação aeróbia em nadadores, e verificar as associações encontradas entre as respostas obtidas por meio de avaliações em nados livre e atado, fornecendo assim, diferentes métodos de prescrição de intensidades adequadas de treinamento, capazes de avaliar e quantificar a capacidade aeróbia de nadadores.

O protocolo de determinação da MFEL é considerado como o protocolo “*Gold Standard*” na determinação da capacidade aeróbia em várias modalidades esportivas, e é definido como a mais alta intensidade de exercício em que há equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo. Por esse motivo, a MFEL foi utilizada na presente investigação como o parâmetro de comparação e validação dos demais protocolos aqui utilizados.

Para a determinação da MFEL são necessárias a realização de exercícios contínuos com intensidades aleatórias e constantes durante aproximadamente 30 minutos, com coletas de amostras sanguíneas (25µl) a cada 5 minutos. O avaliado realiza de 4 a 6 sessões em diferentes intensidades com intervalos mínimos de 24h, sendo plotada a curva lactacidêmica pelo tempo de exercício após cada sessão. A máxima intensidade na qual a concentração de lactato sanguíneo não apresenta aumento

igual ou superior a 1,0 mmol/L do décimo ao trigésimo minuto de exercício (Heck et al., 1985; Carter et al., 1999; Beneke, 2003) é considerada MFEL.

Embora seja um protocolo classicamente utilizado em avaliações aeróbias, observamos durante a realização desse protocolo que, para os nadadores avaliados, o tempo necessário para a realização das coletas sanguíneas, aproximadamente 30 segundos a cada 5 minutos de nado, foi suficiente para provocar certa recuperação no atleta. Segundo relato dos atletas, os nadadores encararam a execução desse protocolo como uma série de 6 x 400m em intensidades pré determinadas.

A partir desses relatos e de conversas com o técnico da equipe, nos surgiu uma nova indagação, se realmente houvesse uma recuperação dos nadadores no período de coleta sanguínea, o resultado obtido por meio desse protocolo provavelmente iria superestimar a intensidade de nado. Essa idéia ficou ainda mais evidente quando o técnico da equipe analisou as intensidades encontradas e garantiu que os nadadores não eram capazes de manter tais intensidades de nado ($74,00 \pm 1,20$ s/100m) durante 30 minutos em exercício constante.

Desse modo, até por muita insistência do técnico da equipe, decidimos realizar um novo protocolo de determinação da MFEL com apenas 2 pausas para coletas sanguíneas, aos 10 e 30 minutos de esforço, embora ainda assim nossa hipótese era de que se a MFEL é um protocolo padrão ouro de determinação da capacidade aeróbia de atletas, não haveria diferença na intensidade de MFEL quando manipulados os tempos para a coleta de lactato sanguíneo.

Contrariando nossa hipótese, baseada em pressupostos teóricos, pudemos verificar na etapa inicial da nossa pesquisa que a intensidade de nado foi significativamente maior quando aplicado no protocolo tradicional $74,00 \pm 1,20$ s/100m, quando

comparada com o protocolo que utilizou apenas duas coletas sanguíneas para a determinação da MFEL ($77,33 \pm 1,06$ s/100m). Contudo, as concentrações de lactato de estabilização não foram significativamente diferentes entre os protocolos, resultando em valores similares no 10º e 30º minutos de esforço. É possível que essa concentração de lactato não tenha sido alterada devido aos tempos totais de duração dos testes serem os mesmos.

Em natação, as rotinas de treinamento realizadas durante as diferentes fases da periodização não se resumem apenas à realização de esforços em nado livre e em intensidades constantes, mas sim em um conjunto de estímulos em intensidades acima, abaixo e na intensidade de MFEL (Maglisho, 1993; Papoti, 2007). Além disso, os nadadores do presente estudo são atletas caracteristicamente velocistas que, durante os ciclos de treinamento impostos na periodização completa, não realizam séries de treinamento de 30 minutos de duração com cargas constantes. Desse modo, o período necessário para realizar uma coleta sanguínea (aproximadamente 30 segundos) a cada 5 minutos de um protocolo constante pareceu promover uma rápida recuperação do atleta, superestimando assim a intensidade de nado obtida.

Assim sendo, entendemos que este é o primeiro estudo preocupado em verificar se a quantidade de pausas para coletas sanguíneas durante um protocolo contínuo de 30 minutos na natação pode interferir na identificação da intensidade de MFEL, embora mais estudos com nadadores que apresentem diferentes características sejam necessários para elucidar com maior clareza esse parâmetro.

Por esse motivo, e pelas demais comparações que seriam necessárias entre nados livre e atado por meio da utilização desse parâmetro, optamos em utilizar a intensidade de nado obtida por meio da MFEL determinada classicamente nos demais estudos.

É sabido que a determinação da MFEL exige a disponibilidade de equipamentos sofisticados, o uso de procedimentos invasivos, além do elevado custo operacional por atleta, tornando sua utilização limitada. Infelizmente, nem todas as equipes dispõem de suporte financeiro necessário para a aquisição de equipamentos específicos para a realização de avaliações constantes utilizando a lactacidemia. Além disso, o tempo necessário para a realização desse procedimento, entre aplicação do protocolo, coletas e análise dos dados é muito extenso, se tornando um fator limitante para a sua realização em alguns períodos de treinamento.

Desse modo, alguns protocolos não invasivos são constantemente utilizados por técnicos e pesquisadores como ferramenta capaz de identificar a capacidade aeróbia dos atletas.

Um exemplo desses protocolos, o teste de potência crítica (Pcrit), proposto inicialmente por Monod e Scherrer (1965) e modificado por Wakayoshi et al. (1992) para velocidade crítica (Vcrit) na última década, tem sido amplamente utilizado na natação e é definido como a máxima intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo, sem a ocorrência de exaustão. Embora seja um teste reprodutivo e válido para a determinação da intensidade referente à Vcrit, são necessários a realização de 3 a 6 esforços em máxima velocidade, não sendo viável muitas vezes em função do período de treinamento em que os atletas se encontram.

Em 1986, Chassain desenvolveu uma metodologia baseada na realização de duplos esforços em mesma intensidade de exercício, visando à determinação da Pcrit. O método consiste em submeter o indivíduo a dois esforços de exercício de mesma intensidade, com duração de três minutos cada uma, separados por um intervalo de recuperação passiva de 1,5 minutos. Ao final do primeiro e do segundo esforços, a

frequência cardíaca (FC) é registrada, permitindo analisar a variação de FC entre o primeiro (E1) e o segundo (E2) esforço utilizando a equação: $\Delta FC = FC_{E2} - FC_{E1}$. Com os resultados obtidos em diferentes intensidades, plota-se um gráfico “intensidade versus ΔFC ” e, por ajuste linear, a P_{crit} é determinada como sendo o coeficiente linear da reta de regressão.

Além da FC, podem ser utilizados os comportamentos de lactato e consumo de oxigênio (VO_2) para a mesma análise. A grande importância dessa metodologia está na possibilidade de determinação da P_{crit} , ou V_{crit} no caso da natação, a partir de cargas preditivas não-exaustivas.

Embora seja uma metodologia bastante atrativa, poucos estudos se empenharam na utilização do protocolo sugerido por Chassain (1986). Assim, achamos de fundamental importância realizar uma tentativa de padronização do teste em nados livre e atado para a determinação da V_{crit} e F_{crit} , e verificar se existe relação entre essa intensidade e a de MFEL em ambas condições (livre e atado). Além disso, almejamos também verificar a reprodutibilidade e validade do método Chassain para natação. O teste em nado atado foi utilizado no presente estudo por ser extremamente utilizado em treinamentos contra resistência na natação.

Em nosso estudo, optamos por determinar a V_{crit} e F_{crit} por meio da FC ($V_{crit_{\Delta FC}}$ e $F_{crit_{\Delta FC}}$) e das concentrações de lactato sanguíneo ($V_{crit_{\Delta LAC}}$ e $F_{crit_{\Delta LAC}}$), e pudemos verificar que as intensidades de nado obtidas por meio dos deltas FC e LAC teste e re-teste não foram significativamente diferentes da intensidade de MFEL tanto para o nado livre quanto para o nado atado. As intensidades dos deltas FC e LAC teste e re-teste não foram significativamente diferentes tanto quando comparadas teste e re-teste (no protocolo de duplos esforços), como quando comparadas à MFEL em nados livre e

atado, sendo, portanto reprodutivas. O protocolo de V_{crit} e F_{crit} determinado pelo método Chassain (1986) revelou ainda elevadas correlações entre teste e re-teste, para os deltas FC e LAC respectivamente. Além disso, os parâmetros supracitados apresentaram elevadas correlações com a MFEL, mostrando a validade do parâmetro para nados livre e atado.

De maneira ainda complementar e extremamente interessante, significativas correlações foram encontradas entre os parâmetros analisados em nados livre e atado.

Esses resultados nos permitem afirmar que ambos os exercícios propostos (livre ou atado) podem ser utilizados para avaliação aeróbia de nadadores de alto rendimento com segurança, a partir das análises dos protocolos de duplos esforços, tendo como parâmetros a FC e a LAC. Além disso, os nadadores relataram que a execução desse protocolo é mais prazerosa e menos estressante que os demais experimentados por eles, nesse e em outros experimentos.

O treinamento em nado atado por meio da utilização de cordas elásticas é um dos procedimentos amplamente utilizados em sessões de treinamento na natação. Esse tipo de treino objetiva o desenvolvimento de parâmetros como a força e potência durante esforços anaeróbios, que são de fundamental importância para o desenvolvimento do nadador.

Embora a mecânica de nado esteja pouco modificada na situação do nado atado, Papoti et al. (2005) demonstraram ser possível determinar a capacidade aeróbia de nadadores nessa situação por meio de protocolos invasivos em exercícios incrementais, por meio da utilização de cordas elásticas comerciais conectadas a um sistema de células de carga. Papoti (2007) também demonstrou ser possível determinar a

capacidade aeróbia de nadadores de modo não invasivo por meio da adaptação do modelo de potência crítica para o nado atado.

O presente estudo utilizou o mesmo sistema descrito por Papoti e colaboradores (2005a, 2007) e verificou que além de ser possível determinar a F_{crit} pelo modelo proposto por Chassain (1986), tanto a F_{crit} obtida por meio do delta FC quanto por meio do delta LAC foram reprodutivas e válidas.

Assim sendo, acreditamos que seria necessário testar a reprodutibilidade e validade do modelo de F_{crit} determinado por protocolo exaustivo proposto por Monod e Scherrer (1965). Nossos resultados indicaram que tanto a intensidade referente à F_{crit} teste quanto à F_{crit} re-teste subestimaram a intensidade correspondente à MFEL em nado atado. Entretanto, não houve diferença entre as intensidades observadas nos momentos F_{crit} teste e re-teste, e ambas intensidades foram significativamente relacionadas entre si, mostrando a reprodutibilidade e validade do parâmetro.

O conjunto de resultados do presente estudo mostra a possibilidade de realização de vários métodos de avaliações aeróbias invasivas e não invasivas, exaustivas ou não, na natação. A escolha desses métodos incluem diferentes fatores, como infraestrutura, tempo de realização, validade e fidedignidade dos valores obtidos, os quais são importantes para a prescrição das sessões de treinamento. Entretanto, pouco se sabe a respeito das lesões ou da toxicidade causada pela escolha desses testes, o que provavelmente deva ser fator preponderante na opção do melhor método a ser aplicado.

Desse modo, com o objetivo de verificar o comportamento das concentrações sanguíneas de creatina kinase, creatinina e uréia, obtidas após procedimentos de determinação de parâmetros aeróbios, por meio de protocolos “exaustivos” em nados livre (V_{crit}) e atado (F_{crit}) e “não exaustivos” de duplos esforços em nados livre (V_{crit} -

CH) e atado (Fcrit-CH), pudemos verificar elevados valores de CK e creatinina após os protocolos de Vcrit e Fcrit. Esses resultados sugerem que esses testes foram mais estressantes quando comparados com os protocolos não exaustivos.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Em resposta as questões que motivaram a realização da presente investigação, podemos concluir que:

A determinação da MFEL na natação com pausas a cada 5 minutos para a coleta de amostras sanguíneas superestimou a intensidade de MFEL obtida com pausas para coletas apenas no 10° e 30° minutos de teste, sugerindo que o método “*Gold Standard*” de determinação da capacidade aeróbia parece ser protocolo-dependente.

O protocolo não exaustivo de duplos esforços adaptado à natação é uma metodologia simples, reprodutiva e válida para a determinação da capacidade aeróbia de nadadores, tanto para o nado livre, quanto para o nado atado.

A capacidade aeróbia determinada por meio do protocolo de MFEL em nado atado foi correlacionada com a MFEL em nado livre e pode ser utilizada para avaliar e monitorar sessões de treinamento atado.

A Fcrit é um parâmetro reprodutivo e válido, podendo ser usado como índice aeróbio em treinamentos atados.

Valores elevados de creatinina e uréia obtidos após testes exaustivos de Vcrit e Fcrit sugerem que esses testes são mais estressantes quando comparados com os protocolos não exaustivos de Vcrit e Fcrit determinados pelo modelo de duplos esforços. Sugerindo serem esses últimos mais indicados em distintos períodos em um

ciclo de treinamento. Apesar das manifestações dos atletas terem sido subjetivas, elas confirmam esses achados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA TESE

ALMEIDA, A.G.; CUNHA, F.A.P.; ROSA, M.R.R.; KOKUBUN, E. Força crítica em nado atado: relações com o lactato sanguíneo e o consumo de oxigênio. **Rev Bras Ciên Esporte**, v.24, p.47-59, 2004.

BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as a predictir of maximal lactate steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v.32, p.1798-802, 2000.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. **Eur J Appl Physiol**, v.89, p.95-9, 2003.

BILLAT, L.; SIVERENT, P.; PY, G.; KORALLSZTEIN, J-P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v.33(6), p.407-26, 2003.

BISHOP, D.; JENKINS, D.G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of predictive exercise tests chosen. **Int J Sports Med**, v.19, p.125-129, 1998.

BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C.A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p. 146– 51, 2002.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Med Sci Sports Exerc**, v.31, p.837-45, 1999.

CAVALHERI, R.; GOBATTO, C.A. **Correlação entre limiar anaeróbio e potência crítica. Trabalho de conclusão de curso.** Universidade Estadual Paulista de Bauru, 1997.

COSTILL, D.L.; KINGS, D.S.; THOMAS, R.; HARGREAVES, M. Effects of reduced training on muscular power in swimmers. **Phys Sports Med**, v. 13, p. 94-101, 1985.

COSTILL, D.L.; THOMAS, R.; ROBERGS, R.A.; PASCOE, D.; LAMBERT, C.; BARR, S.; FINK, W.J. Adaptations to swimming training: influence of training volume. **Med Science Sports Exer**, v.23, p. 371-77, 1991.

DAVIES, C.T.M.; KIBBS, A.V. The training stimulus. The effects of intensity, duration and frequency of effort on maximum aerobic power output. **Int Z Angew Physiol**, v. 29, p. 299-305, 1971.

DEKERLE, J.; SIDNEY, M.; HESPEL, M.J.; 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**, v.23, p. 93-98, 2002.

ENGEL, R.C.; JONES, J.B. Causes and elimination of erratic blanks 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. **Anal. Biochem**, v. 88, p. 475-484, 1978.

FLYNN, M.G.; PIZZA, F.X.; BOONE, J.R.; ABDRES, F.F.; MICHAUD, T.A.; RODRIGUES-ZAYAS, J.R. Indices of training Stress During Competitive Running and Swimming Seasons. **Int J Sports Med**, v. 15, p. 21-6, 1994.

GIBALA, M.J.; MACDOUGALL, J.D.; SALE, D.G. The effects of tapering on strength performance in trained athletes. **Int J Sports Med**, v. 15, p. 492-97, 1994.

HAGBERG, J.M.; COYLE, E.F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 15, p. 287-9, 1983.

HALSON, S.L.; JEUKENDRUP, A.E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. **Sports Med**, v. 34, p. 967-81, 2004.

HARNISH, C.R.; SWENSEN, T.C.; PATE, R.P. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p.1052-5, 2001.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4 mmol/L lactate threshold. **Int J Sports Med**, v. 6, p. 117-30, 1985.

HILL, D.W. The critical power concept. **Sports Med**, v.16, p. 237-54, 1993.

HILL, D.W.; FERGUSON, C.S. A physiological description of critical velocity. **Eur J Appl Physiol**, v.79, p. 290–3, 1999.

HOOPER, S,L.; MACKINNON, L,T.; HOWARD, A. Physiological and psychometric variables for monitoring recovery during tapering for major competition. **Med Sci Sports Exer**, v. 31, p. 1205-10, 1999.

HOOPER, S,L.;, MACKINNON, L,T.; HOWARD, A.; GORDON, D,R.; BACHMANN, A,W. Markes for monitoring overtraining and recovery. **Med Sci Sports Exer**, v. 27, p. 106-12, 1995.

HOUMARD, J,A. Impact of reduced training on performance in endurance athletes. **Sports Med**, v.12, p. 380-93, 1991.

IKUTA, Y.; WAKAYOSHI, K.; NOMURA, T. Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. **Biomech Med Swimming**, v.7, p.146-51, 1996.

JENKINS, D,G.; KRETEK, K.; BISHOP, D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. **J Sci Sports Med**, v.1, p.213-218, 1998.

JOHNS, R,A.; HOUMARD, J,A.; KOBE, R,W.; HORTOBAGYI, T.; BRUNO, N,J.; WELLS, J,N.; SHINEBARGER, M,H. Effects of taper on swim power, stroke distance and performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 24, p.1141-6, 1992.

KIRWAN, J.P.; COSTILL, D.L.; FLYNN, M.G.; MITCHELL, J.B.; FINK, W.J.; NEUFER, P.D.; HOUMARD, J.A. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 20, p. 255-59, 1988.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Rev Paul Educ Fís**, v.10, p.5-20, 1996.

MADER, A.; HECK, H. A theory of metabolic origin of the anaerobic threshold. **Int J Sports Med**, v. 7, p.45-65, 1986.

MAGLISCHO, E.W. **Nadando Ainda Mais Rápido**. São Paulo: Manole, 1999.

MANCHADO, F.B.; GOBATTO, C.A.; VOLTARELLI, F.A.; MELLO, M,AR. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. **Appl Physio Nutr. Metab**, v. 31, p. 731-6, 2006.

MANCHADO, F.B. **Protocolos invasivos e não invasivos para avaliação aeróbia e anaeróbia em ratos Wistar**. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade, 2007.

MATSUMOTO, I.; ARAKI, H.; TSUDA, K.; ODAJIMA, H.; NISCHIMA, S.; HIGAKI, Y.; TANAKA, H.; TANAKA, M.; SHINDO, M. Effects of swimming

training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial. **Thorax**, v.54, p.196-201, 1999.

MCLELLAN, T.M.; CHEUNG, K,S,Y. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v.24, p.543-550, 1992.

MONOD, H.; SCHERER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics** v.8, p.329-38, 1965.

MUJICA, I. The influence of training Characteristics and Tapering on the Adaptation in Higly Trained individuals: A Review. **Int J Sports Med**, v. 19, p. 439-46, 1998.

MUJICA, I.; BUSO, T.; LACOSTRE, L.; BARALE, F.; GEYSSANT, A.; CHATARD, J. Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. **Med Sci Sports Exer**, v. 28, p. 251-8, 1996a.

MUJICA, I.; CHATARD, C,J.; PADILHA, S; GUEZENEC, C,Y.; GEYSSANT, A. Hormonal responses to training and its tapering off in competitive suimmers: relationships with performance. **Eur J Appl Physiol**, v.74, p. 361-6, 1996b.

MUJICA, I.; CHATARD, J,C.; BUSO, T.; GEYSSANT, A.; BARALE, F.; LACOSTE, L. Effects of Trainig on Performance in Competitive Swimming. **Can J Appl Physiol**, v. 20, p. 395-406, 1995.

MUJICA, I.; GOYA, A.; RUIZ, E.; GRIJALBA, A.; SANTISTEBAN, J.; PADILLA, S. Physiological and performance responses to a 6 taper in middle-distance runners: influence of training frequency. **Int J Sports Med**, v. 23, p. 367-73, 2002.

MUJICA, I.; PADILHA, S.; PYNE, D.; BUSSO, T. Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. **Sports Med**, v. 34, p. 891-927, 2004.

NEUFER, P.D. The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training. **Sports Med**, v. 8, p. 302-21, 1989.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.E.B.; CUNHA, S.A.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Rev Port Ciênc Desp**, v. 3, p.36-42, 2003.

PAPOTI, M.; CUNHA, S.A.; MARTINS, L.E.B.; ZAGATTO, A.M.; FREITAS, P.B.; GOBATTO, C.A. Determination of force and stroke rate in swimming tethered with data acquisition system. In: XI Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2005a.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A.; MENDES, O.; GOBATTO, C.A. Use of invasive and non-invasive protocol tests on aerobic and anaerobic performances prediction in Brazilian swimmers. **Port J Sports Sci**, v.5(1), p.7-14, 2005b.

PAPOTI, M. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e no treinamento de nadadores.** Tese apresentada ao Instituto

de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade, 2007.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.E.B.; CUNHA, S.A.; ZAGATTO, A.M.; GOBATTO, C.A. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. **J Strength Cond Res**, v.21, p. 538-42, 2007.

PELAYO, P.; MUJICA, I.; SIDNEY, M.; CHATARD, J. Blood lactate recovery measurements, training, and performance during a 23-week period of competitive swimming. **Eur J Appl Physiol**, v. 74, p. 107-113, 1996.

PERANDINI, L.A.B.; OKUNO, N.M.; KOKUBUN, E.; NAKAMURA, F.Y. Correlation between critical force and critical velocity and their respective stroke rates. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v.8(4), p.59-65, 2007.

PRINGLE, J.S.M.; JONES, A.M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p.214-226, 2002.

PYNE, B.D.; LEE, H.; SWANWICK, K. M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Med Sci Sports Exer**, v.33, p.291-297, 2001.

SANTHIAGO, V. **Influência das concentrações de marcadores bioquímicos de supertreinamento sobre as performances aeróbia e anaeróbia durante periodização em natação.** Tese de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Rio Claro, 2005.

SCHUETZ, W.; TRAEGER, K.; ANHAEUPL, T.; SCHAND, S.; RAGER, C.; VOGT, J. Adjustment of metabolism, catecholamines and β -adrenoceptors to 90 min of cycle ergometry. **Eur J Appl Physiol**, v. 70, p. 81-7, 1995.

SHEPLEY, B.; MACDOUGALL, J.D.; CIPRIANO, N.; SUTTON, J.R.; TARNOPOLSKY, M.A.; COATES, G. Physiological effects of tapering in highly trained athletes. **J Appl Physiol**, v. 72, p.706-11, 1992.

SILVA, A,S,R.; SANTOS, F,N,C.; SANTHIAGO, V.; GOBATTO, CA. Comparação entre método invasivos e não invasivos de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, p. 233-7, 2005.

SMITH, D,J.; NORRIS, S,R.; HOGG, J,M. Performance Evalution of Swimmers: Scientific Tools. **Sports Med**, v.32, p.539-554, 2002.

TANAKA, H.; COSTILL, D,L.; THOMAS, R.; FINK, W,J.; WIDRICK, J,J. Dray-land resistance training for competitive swimming. **Med Sci Sports Exer**, v. 25, p. 952-9, 1993.

THOMAS, L.; BUSSO, T. A theoretical study of taper characteristics to optimize performance. **Med Sci Sports Exer**, v.37, p. 1615-21, 2005.

TRAPPE, S.; COSTILL, D.; THOMAS, R. Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. **Med Sci Sports Exer**, v. 33, p. 48-56, 2001.

URHAUSEN, A.; GABRIE, L.H.; KINDERMANN, W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. **Sports Med**, v. 20, p. 251-76, 1995.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. The simple method for the determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **Int J Sports Med**, v. 13, p. 367-71, 1992.

WELLS, G.D.; SCHNEIDERMAN-WALKER, J.; PLYLEY, M. Normal Physiological Characteristics of Elite Swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v.17, p. 30-52, 2006.

WEST, S.A.; DRUMMOND, M.J.; VANNESS, J.M.; CICCOLELLA, M.E. Blood lactate and metabolic responses to controlled frequency breathing during graded swimming. **J Strength Cond Res**, v.19(4), p.772, 2005.

YAMAMOTO, Y.; MUTHO, Y.; MIYASHITA, M. Hematological and biochemical indices during the tapering period of competitive swimmers. **Swimming Sci**, v. 5, p. 243-9, 1988.