

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

JUAREZ ARIGONY DE CASTRO LUCAS

ENERGÉTICA DO TESTE DE 400 METROS NADO CRAWL

Porto Alegre
2016

JUAREZ ARIGONY DE CASTRO LUCAS

ENERGÉTICA DO TESTE DE 400 METROS NADO CRAWL

Monografia apresentada à ESEFID como requisito parcial para obtenção de Grau de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro

Porto Alegre
2016

JUAREZ ARIGONY DE CASTRO LUCAS

ENERGÉTICA DO TESTE DE 400 METROS NADO CRAWL

Conceito final: A

Aprovado em 12 de dezembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Tartaruga

Orientador: Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

- Etot – energia total relativa ao T400 ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- l - litros
- Lae – concentração máxima de lactato sanguíneo pós-esforço (mmol.l^{-1})
- Lar – concentração sanguínea de lactato em repouso (mmol.l^{-1})
- LaVO₂ – taxa de concentração sanguínea líquida de lactato em termos de consumo de oxigênio ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- min – minutos
- mmol – milimol (10^{-3} mol)
- P [La] – pico de concentração sanguínea de lactato pós-teste (mmol.l^{-1})
- s - segundos
- TLal – taxa de concentração sanguínea de lactato líquida ($\text{mmol.l}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- T400 – teste de desempenho em 400 metros nado *Crawl* (s)
- VO₂ – consumo de oxigênio ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- VO_{2e} – consumo de oxigênio relativo ao esforço de 400 metros nado *Crawl* ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- VO_{2l} – consumo de oxigênio líquido ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- VO_{2p} – consumo de oxigênio de pico ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- VO_{2r} – consumo de oxigênio de repouso ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
- [La] – concentração sanguínea de lactato (mmol.l^{-1})
- [Lal] – concentração sanguínea de lactato líquida (mmol.l^{-1})
- %E_{AER} – Percentagem de energia proveniente do metabolismo aeróbio
- %E_{ANAER} – Percentagem de energia proveniente do metabolismo anaeróbio

AGRADECIMENTOS

Ao bom e maravilhoso Senhor do universo, grandioso Deus de toda a arte e de todo o conhecimento, que permitiu que, por cinco anos, eu pudesse aplicar o coração a adquirir um pouco de sabedoria na ciência do movimento humano.

Aos meus pais, pelo incentivo, amor, paciência e apoio em todas as empreitadas a que me dediquei durante os últimos 53 anos. Sem o seu suporte eu nada faria.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro, não só pela paciência, compreensão e ajuda a mim dispensadas na realização deste trabalho, mas, principalmente, por ter se tornado o exemplo de mestre que eu deseje ser.

Ao meu treinador e amigo, Prof. Daniel Rech, que me fez enxergar o valor e a importância da nossa profissão, e que me contagiou com o seu incomensurável amor pela Educação Física.

À mais querida bibliotecária do universo, Sr^a Ana Griebler, pelo apoio incontestado ao longo dos cinco anos de curso, e pela impecável e carinhosa formatação deste trabalho.

A todos os amigos da ESEFID (para mim, a eterna e querida “ESEF”), particularmente aos bravos da barra “2012/ 1”, pela acolhida, carinho e paciência que tiveram para com este aspirante a professor nascido muito fora de época.

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi motivado pela crescente necessidade de conhecimento a respeito das provas específicas da natação competitiva. Esse conhecimento envolve um vasto espectro de saberes que estão, por vezes, intimamente relacionados e, em outras ocasiões, quase não interagem ou o fazem de forma desprezível.

Dentre as provas da natação que despertam uma grande curiosidade sobre seus métodos de treinamento e resultados propriamente ditos, encontra-se, indubitavelmente, os árduos 400 metros nado livre, quase sempre nadados no estilo *crawl*. A dificuldade deste evento está ligada ao fato de que se torna necessário que o nadador saiba, e consiga, usar a máxima velocidade ao longo de todo o percurso, o que traz incontestes consequências no campo da resistência à velocidade.

Para que o atleta possa desempenhar a tarefa descrita no parágrafo anterior, faz-se necessário um treinamento que contemple, e o faça superar, as dificuldades inerentes ao esforço despedido para a obtenção do menor tempo possível na realização da distância. Para que isso possa ser feito, um dos primeiros problemas a ser resolvido consiste em solucionar a questão: qual metabolismo tem maior participação na obtenção de um bom resultado na já mencionada distância: o aeróbio ou o anaeróbio?

Com o intuito de responder a questão acima, desenvolveu-se o trabalho ora em questão, que se caracteriza como um estudo de casos, na forma de um artigo científico.

RESUMO

A prova de 400 metros nado livre constitui-se num verdadeiro desafio para todos aqueles que estão envolvidos com a natação. Neste estudo de casos os objetivos foram identificar: (1) a energia total dispendida em um teste de 400 metros (T400); (2) a parcela de contribuição para a energia total dos metabolismos aeróbio e anaeróbio; e (3) a forma como se relacionam metabolismo aeróbio, metabolismo anaeróbio, energia total e desempenho em um T400. Participaram do estudo 4 nadadores do sexo masculino com idade variando de 17 a 20 anos, cujo melhor tempo na prova de 400 metros nado livre estava entre 236 e 283 segundos. Foram obtidas as variáveis antropométricas e o T400 foi realizado em piscina de 25 metros sob máxima intensidade. Antes do teste foram identificados os valores de repouso de consumo de oxigênio (VO_{2r}) e de concentração de lactato ($[Lar]$). No teste foi identificado o consumo de oxigênio de pico (VO_{2p}), e, pós-teste, o pico de concentração de lactato $P[La]$. Para identificar os valores de VO_2 , foi utilizado um analisador de gases portátil, e para os valores de $[La]$ um lactímetro portátil. Dos valores de VO_2 e $[La]$ foram calculados os valores líquidos dos mesmos (VO_{2l}) e $[Lal]$ e a energia total (E_{tot}) relativa aos 400 metros. O desempenho, no T400, dos nadadores avaliados variou de 275 a 372 segundos. Os valores do VO_{2l} , $[Lal]$ e E_{tot} variaram, respectivamente, de 47,63 a 60,61 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, de 5,21 a 8,76 $mmol \cdot l^{-1}$ e de 50,77 a 65,77 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. A contribuição aeróbia variou de 92,1 a 95,2%. Os nadadores com maior consumo energético anaeróbico apresentam melhor desempenho nos 400 metros nado livre.

Palavras-chave: natação; desempenho; energética; economia.

ABSTRACT

The 400 meters freestyle event is a challenge for all those involved in swimming. In this case study the objectives were to identify: (1) the total energy expended in a test of 400 meters (T400); (2) the contribution of total energy from aerobic and anaerobic metabolism; and (3) how they relate aerobic metabolism, anaerobic metabolism, total energy and performance in a T400. Four male swimmers, ranging in age from 17 to 20 years, whose best time in the 400-meter freestyle event was between 236 and 283 seconds participated in the study. The anthropometric variables were obtained and the T400 was performed in a 25-meter pool under maximum intensity. Before the test, the values of rest of oxygen consumption (VO_{2r}) and of lactate concentration ($[\text{La}_r]$) were identified. In the T400 we identified the peak oxygen consumption (VO_{2p}), and, post-test, the peak lactate concentration P $[\text{La}]$. To identify the VO_2 values, a portable gas analyzer was used, and for $[\text{La}]$ values a portable lactometer. From the values of VO_2 and $[\text{La}]$, the net values (VO_{2l}) and $[\text{La}_l]$ were calculated and the total energy (E_{tot}) relative to the 400 meters. The performance, in the T400, of the evaluated swimmers ranged from 275 to 372 seconds. The values of VO_{2l} , $[\text{La}_l]$ and E_{tot} ranged respectively from 47.63 to 60.61 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, from 5.21 to 8.76 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and from 50.77 to 65.77 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. The aerobic contribution ranged from 92.1 to 95.2%. The swimmers with the highest anaerobic energy consumption present better performance in the 400 meters freestyle.

Key Words: swimming; performance; energetic; economy.

1 INTRODUÇÃO

Na natação competitiva atual, exige-se conhecimento científico para compreender os mecanismos que estão envolvidos no desempenho dos atletas, com o intuito de permitir aos treinadores a proposição de estratégias de treinamento mais adequadas aos objetivos daqueles. De acordo com Correia (2015), o desempenho esportivo caracterizado por medidas de tempo e velocidade são influenciados por diversos parâmetros: antropométricos, biomecânicos, fisiológicos, psicológicos, genéticos e até mesmo ambientais (VILAS-BOAS et al., 2010). Na natação competitiva, os mais estudados são os biomecânicos e fisiológicos. Dentre os fisiológicos, destaca-se a capacidade do metabolismo energético em oferecer energia aos músculos, buscando reduzir os efeitos da instalação dos processos que originam a fadiga.

O conhecimento da real condição física, relacionada ao desempenho, é ferramenta fundamental para treinadores estabelecerem programas de treinamento para seus nadadores. Tal conhecimento é proveniente de análises fisiológicas adequadas aos nadadores e as suas especificidades. Já se sabe, por exemplo, que na prova de 400 metros nado livre, por meio da identificação do consumo de oxigênio (VO_2), a velocidade atingida seria similar àquela correspondente à velocidade de nado em que se atinge o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), podendo ser prescrita para outras distâncias (RODRIGUEZ, 2000). Ainda, para a duração média dessa prova, o nadador estaria na zona de potência máxima aeróbia, e segundo Gatin (2001) a contribuição energética aeróbia seria de, aproximadamente, 80% e a contribuição energética anaeróbia de, aproximadamente, 20% (variando conforme a duração dos 400 m).

A prova de 400 metros nado livre, devido as suas características metabólicas, oferece grandes desafios para todos aqueles – cientistas, treinadores e nadadores – que estão envolvidos com a prática deste esporte. Para que se possa realizar o balanço energético do nado devem ser considerados: 1) a energia gasta para nadar determinada distância; e 2) a eficiência com que esta energia é transformada em trabalho mecânico. Sendo assim, este trabalho apresenta como objetivos, em um teste de 400 metros nado crawl (T400): (1) mensurar o consumo de oxigênio e a respostas de lactato sanguíneo; (2) estimar as contribuições energéticas do metabolismo aeróbio e do metabolismo anaeróbio láctico; e (3) comparar as contribuições entre nadadores de diferentes níveis de desempenho.

O trabalho aqui apresentado justifica-se pelo fato de que as investigações do comportamento energético nos 400 metros permitem compreender as relações entre os determinantes do desempenho e colaboram para entender o rendimento nessa prova. Com essas

investigações, poder-se-á, ainda, obter várias respostas do comportamento e das relações desses parâmetros e, principalmente, poderão relacioná-los com o desempenho, desde o início até o fim de prova dos 400 metros nado livre (CORREIA, 2015).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram avaliados quatro nadadores competitivos com, no mínimo, 17 anos de idade e cinco anos de experiência na natação. Todos do sexo masculino e especialistas em provas de 200, 400 e 800 metros nado livre. A amostra foi composta apenas por nadadores federados (Federação Gaúcha de Desportos Aquáticos – FGDA). Esses nadadores tinham, no mínimo, carga horária de treinamento de 12 horas semanais. Além disso, os participantes não possuíam histórico de lesões nos seis meses anteriores à data da coleta de dados. Foi pedido aos participantes que não realizassem esforços físicos por um período de, no mínimo, doze (12) horas antes do teste para não interferir no desempenho durante a coleta.

Os nadadores foram informados sobre os procedimentos e riscos da pesquisa, e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido que foi apresentado antes do início dos testes. Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As variáveis analisadas neste estudo foram o desempenho em 400 metros nado *crawl*, realizado sob máxima intensidade, variáveis antropométricas, consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo e a energia total.

Os testes foram realizados no Centro Natatório da Universidade Federal Rio Grande do Sul. As avaliações aconteceram na piscina de 25 metros deste centro, com a temperatura da água entre 28 e 30° C. Antes da realização do T400, os participantes tiveram que entrar na piscina e ficar em repouso para a coleta dos dados (de repouso) para posterior análise. Após, foi realizado um aquecimento de 800 a 1000 metros, similar ao utilizado durante as competições e participação em provas. A coleta de dados foi realizada em uma única etapa, quando os participantes tiveram que realizar o T400 em ritmo de prova.

Os protocolos para obtenção e processamento das variáveis foram:

- a) Desempenho (T400): o desempenho total do nadador desde o início até o fim do teste;
- b) Variáveis antropométricas: foram mensuradas estatura, massa e envergadura. Para a determinação da estatura foi utilizado um estadiômetro (*FILIZOLA* com resolução de 0,01 m), e para a massa corporal uma balança (*FILIZOLA* resolução de 0,1 kg). Além disso, para medir a envergadura dos participantes foi utilizada uma fita métrica (*SANNY*), enquanto os

participantes permaneciam deitados em decúbito dorsal com abdução dos ombros a 90°. A envergadura foi considerada como a distância entre os pontos extremos distais dos dedos médios das duas mãos.

c) Variáveis fisiológicas: para a determinação das variáveis fisiológicas foram utilizadas:

- Álcool, papel-toalha, luvas cirúrgicas, seringas, tubos marca EDTA (capacidade para 5 ml);
- Centrífuga (*Centrifuge ALC modelo PK120R*) para microtubos marca *Eppendorf*, para a separação do plasma;
- *kit* imunoenzimático colorimétrico (LABTEST Diagnostica S.A., BRA) e equipamento para análise colorimétrica ELISA (*enzyme-linked immunosorbent assay*) para mensuração da [La];
- Ergoespirômetro portátil K5 (*Cosmed K5, Rome, Italy*) para mensuração da cinética do VO₂;
- Snorquel (*Aquatrainer, Cosmed, Rome, Italy*) para a expiração dos gases;

Para as medidas de [La] foi coletado o sangue na região antecubital do braço direito. Primeiramente, o sangue foi colocado em microtubos *Eppendorfs* para posterior centrifugação durante 10 minutos à velocidade de 1000 g e temperatura de 4° C para a separação do plasma. O plasma foi utilizado para a realização da técnica de mensuração de [La] através do método ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*), utilizando um kit de análise de lactato enzimático (ARTISS *et al.*, 2000). A coleta de 5 ml de sangue para verificação do [La] foi realizada após o aquecimento e ao término do T400.

O VO₂ foi determinado através da expiração do ar durante todo o T400 por meio do analisador de gases metabólicos com sistema de telemetria (*K5, Cosmed, Rome, Italy*). O analisador foi calibrado de acordo com as instruções do manual do fabricante sendo acoplado junto ao snorquel (*Aquatrainer, Cosmed, Rome, Italy*). Os atletas foram orientados a realizar o nado *crawl* durante todo o teste com o snorquel acoplado no analisador que foi deslocado junto com o nadador por um operador treinado. Durante todo o trajeto, os nadadores tiveram que realizar as viradas lateralmente, sempre para o mesmo lado relativamente à parede e sem imersão do corpo, após impulsionar os pés contra a parede da borda. Os dados *breath-by-breath* do T400 foram filtrados manualmente para remover ruídos do sistema de captação. Além disso, foi removida a influência da fase cardiodinâmica sobre a resposta subsequente no VO₂, durante os primeiros 20 segundos dos

dados em análise. Antes de todos os protocolos, os participantes foram devidamente familiarizados com o snorquel (mudanças nas viradas e saídas de borda).

O custo energético de locomoção, inclusive aquática, é o total de energia metabólica despendida para transportar a massa corporal de um indivíduo por unidade de distância, e é considerado o mais importante determinante fisiológico para o melhor desempenho. Esse determinante, em velocidades supramáximas, tem sido estimado para os quatro estilos da natação. Nessas velocidades, a contribuição anaeróbia deve ser considerada para o cálculo do balanço energético total. Para isso, devem ser considerados tanto o consumo de oxigênio, quanto a concentração de lactato, ambos líquidos, relacionados ao esforço para o qual se deseja mensurar o custo (CASTRO E MOTA, 2010).

Encontra-se o valor líquido do consumo de oxigênio pela aplicação da Equação 1:

Equação 1

$$VO_{2l} = VO_{2e} - VO_{2r}$$

VO_{2l} é o valor de consumo de oxigênio líquido, VO_{2e} o consumo de oxigênio relativo ao esforço de 400 metros e VO_{2r} o consumo de oxigênio de repouso.

A taxa de concentração líquida de lactato é calculada pela aplicação da Equação 2:

Equação 2

$$TLal = \frac{Lae - Lar}{t}$$

$TLal$ é a taxa da concentração sanguínea líquida de lactato, Lae a concentração máxima de lactato pós-esforço, Lar a concentração sanguínea de lactato de repouso e t é o tempo decorrido para a realização dos 400 metros em minutos.

A energia total (E_{tot}) é obtida a partir do valor líquido de consumo de oxigênio e da taxa de concentração líquida de lactato. Assim, a concentração líquida de lactato deve ser transformada em valores de consumo de oxigênio pela utilização da Equação 3:

Equação 3

$$LaVO_2 = 2,7 \times TLal$$

$LaVO_2$ é a taxa de concentração líquida de lactato em termos de consumo de oxigênio,

2,7 é o equivalente em $\text{mlO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{mmol}^{-1}$ da taxa de acúmulo de lactato e $TLal$ a taxa da concentração líquida de lactato. A energia total é obtida pela equação 4:

Equação 4

$$Etot = VO_2l + LaVO_2$$

$Etot$ é a energia total dispendida no T400, VO_2l é o consumo de oxigênio representativo da energia aeróbia e $LaVO_2$ a concentração líquida de lactato expressa em termos de consumo de oxigênio, representativa da energia anaeróbia.

Após a identificação das contribuições aeróbia e anaeróbia, estas foram transformadas em percentuais. Os dados são apresentados com valores individuais.

3 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características físicas e os valores dos resultados dos testes (T400) dos participantes do estudo.

Tabela 1. Características físicas dos participantes e resultados dos testes

Variável/Nadador	ALFA	BRAVO	CHARLIE	DELTA
Idade (anos)	19	20	17	17
Estatura (cm)	179	183	170	171
Envergadura (cm)	187	187	187	180
Massa corporal total (kg)	68,10	77,50	61,00	64,10
VO_{2r} ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	11,23	16,04	13,20	12,59
VO_{2p} ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	69,23	63,67	62,30	73,20
T400 (s)	280	372	348	275

A Tabela 2 apresenta os dados energéticos. São usadas as seguintes unidades: L_{ar} e L_{ap} em mmol.l^{-1} ; VO_{2l} em ml.kg.min^{-1} ; TL_{al} em $\text{mmol.l}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $LaVO_2$ em $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; e E_{total} em $\text{ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

Tabela 2 - Medidas de Lactato, VO_2 e Energia

Nadador	L_{ar}	L_{ap}	VO_{2l}	TL_{al}	$LaVO_2$	E_{total}	% E_{total} Aer.	% E_{total} Anaer.
ALFA	1,82	9,14	58,00	1,57	4,24	62,24	93,19	6,81
BRAVO	1,76	8,98	47,63	1,16	3,14	50,77	93,81	6,19
CHARLIE	1,96	7,17	49,10	0,90	2,43	51,53	95,29	4,71
DELTA	1,54	10,30	60,61	1,91	5,16	65,77	92,15	7,85

4 DISCUSSÃO

Os objetivos deste estudo foram: (1) mensurar o consumo de oxigênio e as respostas de lactato sanguíneo; (2) estimar as contribuições energéticas do metabolismo aeróbio e do metabolismo anaeróbio láctico; e (3) comparar as contribuições entre nadadores de diferentes níveis de desempenho.

Consumo máximo de oxigênio é uma variável fisiológica relacionada à máxima capacidade de captação, transporte e utilização de oxigênio pelo corpo, o que, de certa forma, representa a capacidade aeróbia de um indivíduo. Entre atletas de alto nível, de similares características, o valor de consumo máximo de oxigênio não tem sido utilizado a fim de distinguir aqueles nadadores mais e menos aptos ao desempenho, mas sim, o custo energético parece ser a variável que melhor consegue fazer essa distinção (CASTRO e MOTA, 2010). O presente estudo mensurou o consumo de oxigênio de pico e buscou identificar o consumo relacionado à necessidade de energia aeróbia para a realização dos 400 metros em máxima intensidade. Buscou, também, identificar a contribuição energética para o mesmo evento, do sistema anaeróbio láctico, por meio do pico de concentração de lactato líquido encontrado após o T400. Por procedimentos já explicados, esses valores foram igualados nas suas unidades, possibilitando a identificação da energia total dispendida nos 400 metros.

Pode-se verificar que, a despeito dos variados métodos utilizados para a identificação dos valores de consumo de oxigênio encontrados na literatura (SILVA et al, 2006; DENADAI, 1995), os valores do presente estudo são, de modo geral, um pouco mais elevados do que aqueles. De modo mais específico, Silva et al. (2006) realizaram estudo que utilizou valores da recuperação, por 30 segundos, em equipamento que permitia medidas de VO_2 *breath-by-breath*, após nado máximo de 400 metros ($57,4 \pm 7,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e comparou os valores obtidos de dois distintos grupos de nadadores contra valores de VO_2 obtidos de testes progressivos em esteira e em ciclo-ergômetro. Nenhuma diferença, nos valores, na comparação entre os métodos, foi encontrada. O estudo citado buscou mensurar o consumo máximo de oxigênio, assumindo, ou não, os picos de valores de consumo de oxigênio como o consumo máximo.

Segundo Denadai (1995), nadadores com idades entre 15 e 25 anos apresentam $VO_{2\text{max}}$ variando entre 50 e 70 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Os valores de consumo de oxigênio de pico, do presente estudo, variaram entre 62 e 73 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, muito próximos daqueles indicados como valores máximos por Denadai (1995). Ao passo que o T400 não é um teste progressivo, não se pode afirmar que os valores encontrados de pico de consumo de oxigênio sejam máximos, porém são muito próximos e estudos apontam como similares (RODRIGUEZ, 2000, ZACCA et al, 2016).

Em estudo recente, Zacca et al. (2016) mediram o $VO_{2\text{max}}$ ao final de um teste T400. Diferentemente deste estudo, os autores citados avaliaram o $VO_{2\text{max}}$ por retroextrapolação, utilizando uma curva de regressão linear. Em seu estudo, Zacca et al. (2016) consideraram que o $VO_{2\text{max}}$ foi atingido de acordo com os seguintes critérios fisiológicos secundários: valores elevados de frequência cardíaca ($\geq 90\%$), $[La] \geq 8 \text{ mmol}^{-1}$, e percepção de esforço ≥ 18 pontos, visualmente controlada. Os valores encontrados por Zacca et al. (2016) foram $64,5 \pm 8,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, bastante semelhantes aos que obtivemos em nosso estudo.

Ainda, Almed (2012), após um período de oito semanas de treinamento, observou uma elevação no $VO_{2\text{max}}$ em um grupo de oito nadadores jovens especialistas em 400 metros nado livre de 56.59 ± 0.57 para $57.24 \pm 0.68 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Valores abaixo dos encontrados no presente estudo, mas também máximos, diferentemente dos valores de pico aqui relatados.

O valor de pico mais baixo encontrado neste estudo de caso foi de $62,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Quando bem condicionados aerobicamente, dois fenômenos paralelos devem ocorrer ao mesmo tempo após esforço máximo: uma concentração reduzida de lactato e uma taxa elevada de remoção do mesmo durante a recuperação. Os valores de pico de concentração da lactato sanguíneo, encontrados no presente estudo de caso, apresentaram valores mais baixos do que

os descritos na literatura. No presente estudo foi encontrado um pico máximo de concentração de lactato sanguíneo de $10,30 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ no nadador DELTA (Tabela 2). Castro e Mota (2010) relatam que após a prova de 200 metros nado livre, em competição, foram encontrados, previamente, independentemente do tempo após a realização do esforço, picos de concentração de lactato de $12,79 \pm 1,27 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de sangue, para um grupo de nadadores de $21,6 \pm 2,4$ anos de idade e de $11,57 \pm 2,12 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de sangue para um grupo de nadadores de $16,7 \pm 0,5$ anos de idade. Estes resultados são coerentes com o estudo realizado por Zacca et al. (2016), no qual os valores da concentração de lactato sanguíneo diminuem com o aumento das distâncias.

Zacca et al. (2014) realizaram estudo com o objetivo de comparar o pico de lactato em esforços máximos nas distâncias de 50, 100, 200, 400, 800 e 1500 metros em nadadores de *crawl* jovens. O protocolo envolveu o desempenho das distâncias citadas em uma ordem aleatória em esforço total com intervalo de 24 horas. As amostras de sangue capilar (25 ml) utilizadas para medir a concentração de lactato sanguíneo [La] foram coletadas após 10 minutos de repouso, após o aquecimento e durante o período de recuperação (1, 3, 5 e 7 minutos). A mais alta [La] foi observada nos 100 e 200 metros, indicando a alta contribuição glicolítica nessas distâncias. No estudo citado, os pesquisadores encontraram, para os 400 metros, $10,78 \pm 2,03 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, resultado bastante semelhante ao do nosso estudo.

Capelli et al. (1998) realizaram estudo que buscou compreender a participação percentual de cada rota metabólica em esforços máximos de 50, 100 e 200 jardas, nos quatro estilos competitivos, e encontraram, entre oito nadadores ($19 \pm 1,22$ anos de idade) valores de $11,4 \pm 1,6 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de sangue após esforço máximo de 200 jardas (182,9 m). Castro e Mota (2010) também relatam que a realização do aquecimento em baixa intensidade (800/1000 metros) como um dos fatores capazes de reduzir de modo significativo a concentração de lactato sanguíneo do repouso (tabela 2), que, neste estudo de caso, apresentou valores, respectivamente pós-aquecimento, de 1,54 a $1,96 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Esta redução, provavelmente, está relacionada à capacidade aeróbia dos indivíduos, facilitando os processos de remoção de lactato residual. Capelli et al. (1998), em seu citado estudo, cujos objetivos eram semelhantes aos do presente, em relação à prova de 400 metros nado livre, entre nadadores pré-púberes e púberes, encontraram coeficiente de correlação significativo e negativo entre o tempo nos 400 metros e o pico de consumo de oxigênio identificado no esforço máximo da distância. Ou seja, para a maioria dos nadadores avaliados, quanto maior o valor do consumo de oxigênio de pico durante o esforço, melhor o desempenho nos 400 metros. Para este resultado há que se avaliar a duração

do esforço avaliado ($378,3 \pm 53,5$ s) e as características do grupo estudado (pré-púberes e púberes). Para esforços acima de 240 s, a participação do metabolismo aeróbio para o fornecimento de energia é estimada acima de 71% (GASTIN, 2001), assim, para o esforço de 400 metros avaliado, há uma grande necessidade de capacidade aeróbia desenvolvida. Como os nadadores eram meninos no máximo púberes, é de se esperar um grande desenvolvimento do metabolismo aeróbio, já que maturação do metabolismo anaeróbio deve ocorrer paralelamente à maturação sexual (KACZOR et al., 2005).

Durante os 400 metros, o nadador estaria na zona de potência máxima aeróbia, e segundo Gastin (2001) a contribuição energética aeróbia seria de, aproximadamente, 80% e a contribuição energética anaeróbia de, aproximadamente, 20% (variando conforme a duração dos 400 metros). Rodriguez & Mader (2002), por meio de um modelo de simulação computacional, baseado em um sistema de equações, simularam a contribuição de liberação dos sistemas energéticos durante as provas de 400 metros em nadadores jovens competidores. O consumo de oxigênio foi medido pelo método *breath-by-breath* durante as parciais nas duas distâncias. Para a prova de 400 metros, a energia aeróbia gasta durante o desempenho foi entre 83,2 e 85,5%, valores diferentes daqueles propostos por Gastin (2001), mas abaixo daqueles encontrados no presente estudo. Com esse resultado, foi demonstrado que, para as provas de meia distância, há relativamente alto consumo aeróbio, sendo a fonte oxidativa a de maior contribuição energética.

Neste estudo de casos, os tempos de realização do teste variaram de 275 a 372 segundos, e o percentual energético fornecido pelo metabolismo aeróbio, apresentado na Tabela 2, está bem acima dos 71% e dos 80% citados por Gastin (2001) e por Rodriguez & Mader (2002).

Porém, alguns estudos revelam que a contribuição anaeróbia pode contribuir para a melhora do desempenho dos nadadores especialistas em provas de meia distância. Sousa et al (2011) analisaram a cinética do VO_2 durante o desempenho dos 200 metros livre. Por meio do método *breath-by-breath*, o pico do VO_2 foi atingido rapidamente durante as primeiras fases e não apresentou componente lento durante o esforço. Apesar dessa prova apresentar grande contribuição aeróbia, os autores apontam a necessidade de mais investigações a respeito da contribuição anaeróbia ao longo das provas consideradas de meia distância.

Resumindo, é interessante notar que (1) a maior parte da energia gasta pelos nadadores do presente estudo foi de ordem aeróbia e que (2) os participantes deste estudo apresentam um nível alto de consumo de oxigênio (Tabela 2). Assim, além do desempenho nesta prova estar

relacionado às questões de economia, parece que o desenvolvimento da capacidade aeróbia é uma peça fundamental para o rendimento nos 400 metros nado livre. O melhor desempenho na prova avaliada parece estar relacionado, então à economia, principalmente relativa ao fornecimento aeróbio de energia. Desse modo, este estudo de caso revelou que todos os nadadores avaliados tiveram consumo energético aeróbio acima de 92% (bastante elevado). Dentre estes, o que obteve o melhor tempo (DELTA) foi o nadador que teve o maior consumo energético anaeróbio (Tabela 2).

Assim como Souza et al. (2011), recomenda-se, aqui, maiores investigações e estudos a respeito da contribuição anaeróbia em provas de meia distância. Uma vez que o nadador CHARLIE obteve o terceiro melhor resultado no T400 com 4,71% de contribuição anaeróbica, qual seria o mínimo necessário desta fonte energética para garantir um bom desempenho nos 400 metros?

Podem ser levantadas três questões relacionadas às diferenças encontradas entre os resultados do presente estudo e a literatura: (1) a época da temporada de treinamento quando foram realizadas as avaliações do presente estudo. Os nadadores do presente estudo estavam em um período de treinamento cujas características eram mais extensivas, com grande percentual de séries de características aeróbias, que tendem a elevar a participação do metabolismo aeróbio na liberação de energia total e reduzir as capacidades anaeróbias, o que pode reduzir as concentrações de lactato para esforços máximos. (2) Outra questão que pode estar relacionada às diferenças encontradas é a não identificação do total de energia provinda do metabolismo anaeróbio alático neste estudo.

De acordo com os resultados do presente estudo de caso, os dois nadadores de melhor desempenho no T400 (DELTA e ALFA) são aqueles de maior contribuição anaeróbia. Este resultado pode estar relacionado a diversos fatores, dentre eles: menor tempo para realização do T400 leva à menor contribuição aeróbia. Ao nadar o T400 em menor tempo, atingem maior velocidade de nado, o que exige maior esforço e contribuição do metabolismo anaeróbio. Assim, a maior liberação de energia anaeróbia pode estar relacionada à melhor prontidão para o desempenho.

REFERÊNCIAS

- ARTISS et al.** A liquid-stable reagent for lactic acid levels – Application to the Hitachi 911 and Beckman CX7. **American Journal Clinical of Pathology**. v.114, p.139-143, 2000.
- ALMED, K.E.E.** Effect of Basic Endurance Training on the Level of Maximum Oxygen Consumption and the Recorded Achievement for Junior Swimmers 400 m Freestyle Stroke. **World Journal of Sport Sciences** 6 (1): 21-25, 2012.
- CAPELLI, C., PENDERGAST D., TERMIN B.** Energetics of swimming at maximal speed in humans. **Eur J App Physiol** 1998; 78: 385 – 393.
- CASTRO, Flávio Antônio de Souza; MOTA, Carlos B.** Energética e desempenho em 200 m nado crawl realizado sob máxima intensidade. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Porto Alegre, v. 2, n. 18, p.67-75, 25 mar. 2010.
- CORREIA, Ricardo de Assis.** **Correlações entre Parâmetros de Desempenho da Prova de 400m Nado Livre**. 2015. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- DENADAI, B.S.** Consumo máximo de oxigênio: fatores determinantes e limitantes. **Revista Brasileira de Atividade e Saúde**. P. 85-94, 1995.
- GASTIN, P.B.** Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. **Sports Medicine**. v. 31(10), p.725 – 741, 2001.
- KACZOR J. J. et al.** Anaerobics and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. **Ped Res** 2005; 57 (3): 331 – 335.
- RODRIGUEZ, F.A.** Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running tests in competitive swimmers. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v.40, p.87-95, 2000.
- RODRIGUEZ F.A., MADER, A.** Energy metabolism during 400 and 100-m crawl swimming: computer simulation based on free swimming measurement. In: Chatard J.C. (ed.), **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**, Saint-Étienne: Publications de l'Université de Saint-Étienne, pp. 373-378, 2002.
- SILVA A. J. et al.** Economia de nado: factores determinantes e avaliação. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, 2006; 8 (3): 93 – 99.
- SOUZA A. C. et al.** VO₂ Kinetics in 200-m Race-Pace front crawl swimming. **International Journal Sports Medicine**; 32, p. 765 – 770, 2011.
- VILAS-BOAS, J.P; BARBOSA, TM; FERNADES, R.J.** **Speed fluctuation, swimming economy, performance and training in swimming**. World Book of Swimming: Science to Performance. New York: Nova science Publishers, p. 119-134, 2010.

ZACCA, Rodrigo et al. Swimming Training Assessment: The Critical Velocity and the 400m Test for Age-Group Swimmers. **The Journal Of Strength And Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 30, n. 5, p.1365-1372, maio, 2016. Mensal.

ZACCA, Rodrigo et al. "Lactate Peak in Youth Swimmers: Quantity and Time Interval for Measurement After 50-1500 Maximal Efforts in Front Crawl." *XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming 2014*: 536-541.