

Prescrição e Controlo de Treino de Natação Pura Desportiva na Zona de Intensidade Limiar Anaeróbio

Autores

Rita Varandas^{1,2}; Hugo Sarmiento^{1,2}; Luís Rama^{1,2}

rita.jbv@gmail.com

Resumo

O objetivo deste estudo foi verificar a concordância da prescrição de tarefas para a zona de intensidade limiar anaeróbio em natação pura desportiva (NPD), através da comparação da velocidade e do comportamento de variáveis fisiológicas, biomecânicas, psicológicas e bioenergéticas estimadas através de um protocolo incremental (5x300m crol /intervalo 1'), com as prescritas pelo treinador para uma tarefa de treino típica (20x100m crol / intervalo 15''), a partir de 80% da melhor marca aos 400m crol. Participaram no estudo 7 atletas de nível nacional, 4 masculinos de 16,2±0,9 anos, estatura 176,9±5,7 cm e massa corporal 65,0±5,3 Kg e 3 femininos, de 16,3±0,9 anos, estatura 159,3±4,7 cm e massa corporal 52,8±8,4 Kg. Foram encontradas diferenças ($p<0.05$) na velocidade de nado, frequência cardíaca, frequência gestual, índice de nado e custo energético. Apesar de o valor médio da generalidade dos resultados seguirem o proposto na literatura para tarefas de treino nesta zona de intensidade, alguns atletas mostraram valores divergentes. Justifica-se precaução dos treinadores na prescrição da velocidade em treino, unicamente com base em valores percentuais da melhor marca.

Palavras-chave: lactato, consumo de oxigénio, RPE, custo energético

INTRODUÇÃO

Na natação pura desportiva (NPD) a zona de intensidade correspondente ao limiar anaeróbio promove adaptações fisiológicas importantes, nomeadamente na melhoria da utilização dos recursos energéticos, da remoção do lactato e do rendimento, em provas de média e longa distância [1]. A definição desta zona de intensidade e a sugestão de respetivas tarefas são conhecidas [1, 2, 3]. Contudo, são poucos os

¹ Centro de Investigação do Desporto e da Atividade Física

² Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

estudos que comparam com objetividade essas tarefas que habitualmente são prescritas pelos treinadores, sustentadas num valor percentual do desempenho máximo (velocidade em competição) ou da frequência cardíaca [4]. O objetivo principal deste estudo experimental foi: (1) Comparar a intensidade (velocidade) determinada através de um protocolo de nado incremental, com a prescrita pelo treinador para uma tarefa típica que se enquadre nesta zona de intensidade; (2) Comparar o comportamento de variáveis fisiológicas, biomecânicas, psicológica e bioenergética na situação protocolar, com o encontrado na tarefa prescrita pelo treinador.

METODOLOGIA

Amostra

A amostra deste estudo foi composta por 7 jovens nadadores de nível nacional, 3 do sexo feminino e 4 do sexo masculino, com idades compreendidas entre 15 e 19 anos e com 5 anos de experiência mínima de treino em NPD. As características da amostra estão detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra. Valores médios e desvio padrão (DP) das variáveis biográficas, morfológicas e de composição corporal e de valia técnica (dados FINA). Valor de significância (p) na comparação entre sexos.

Variável	Unidade de medida	Sexo	Média ± DP	p
Idade	anos	Mas	16,2±0,9	NS
		Fem	16,3±0,9	
Estatura	cm	Mas	176,9±5,7	0,008*
		Fem	159,3±4,7	
Massa Corporal	Kg	Mas	65,0±5,3	NS
		Fem	52,8±8,4	
Massa Gorda	%	Mas	10,5±1,7	0,001*
		Fem	18,4±0,9	
Massa Isenta de Gordura	%	Mas	89,6±1,7	0,001*
		Fem	81,6±0,9	
Água Corporal Total	L	Mas	42,6±3,9	0,032*
		Fem	31,5±4,8	
Pontos FINA		Mas	564±54	NS
		Fem	475±63	
Melhor marca aos 400m crol	min	Mas	04:27,03±0:08,36	0,006*
		Fem	05:03,56±0:13,16	

*Significativo para $p \leq 0,05$; Não significativo (NS).

Apesar das expectáveis diferenças entre sexos nas variáveis antropométricas, o valor da pontuação FINA relativa à melhor marca pessoal é similar.

O volume médio semanal de treino antes e aquando a realização do estudo foi 50360m distribuído pelas várias zonas de intensidade (figura 1). Constata-se que o treino aeróbio (zonas de intensidade limiar láctico e limiar anaeróbio) predominou, representando 68,8% do treino (figura 1).

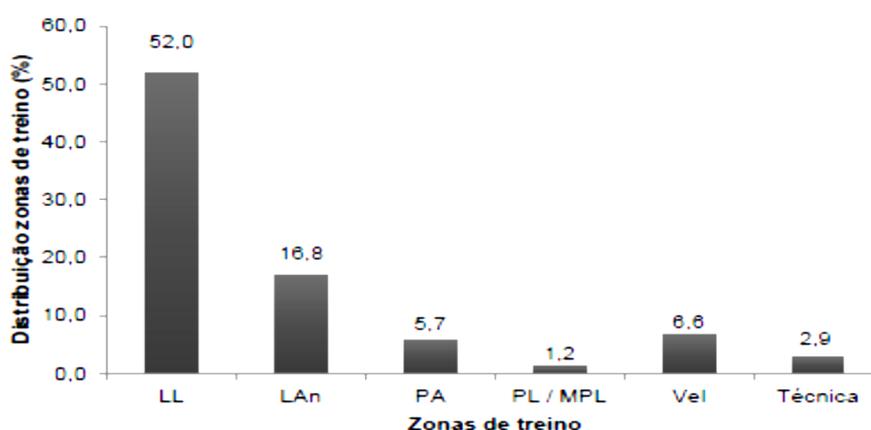


Figura 1. Distribuição percentual das zonas de treino limiar láctico (LL), limiar anaeróbio (LAn), potência aeróbia (PA), potência láctica / máxima produção de lactato (PL/MPL), velocidade (vel) e trabalho técnico.

Desenho do Estudo

A recolha de dados foi realizada no último macrociclo de inverno, no local de treino habitual, piscina longa (50m), temperatura da água 26.3º e humidade relativa 65%.

Inicialmente os atletas submeteram-se a um protocolo incremental de 5 repetições de 300m em crol com 1' recuperação passiva entre repetições (5x300m/ 1'). Num intervalo temporal de 48h, os atletas cumpriram uma tarefa prescrita para a zona de intensidade correspondente ao limiar anaeróbio de 20 repetições de 100 metros com 15seg de intervalo (20x100/15"). Os dois protocolos foram realizados, sensivelmente à mesma hora. Foi padronizado um aquecimento de 1500m em regime aeróbio ligeiro a moderado, definido pelo treinador com 10min de recuperação passiva antes de cada protocolo. Todas as repetições tiveram início com o nadador dentro de água. Os tempos realizados (velocidade) foram controlados manualmente por técnicos experimentados. Para determinação de parâmetros cinemáticos foram captadas imagens (câmara Sony *ActionCam* HDR-AZ1), ortogonalmente ao plano de água,

numa posição central permitindo um campo de visão no mínimo de 10m e evitando interferência das partidas, viragens e/ou chegadas.

O estudo foi aprovado pela Comissão de ética (CE/FCDEF-UC/00332018). A participação foi voluntária tendo sido dado consentimento escrito informado, em concordância com a Declaração de Helsínquia e a convenção de Oviedo.

Protocolo 5x300m

A intensidade do patamar inicial correspondeu a 70% do parcial de 300m da prova de 400m Livres e os subsequentes a 75%, 80%, 85% e 100%. A frequência cardíaca (FC) foi controlada diretamente por telemetria (Hosand GTa, Itália). O consumo de oxigénio (VO_2) em cada patamar foi obtido por retro extrapolação dos valores de VO_2 medidos nos primeiros 30seg após o término de cada patamar (K4b2-Cosmed, Itália) [5, 6]. A percepção de esforço (RPE) foi registada após cada repetição Borg CR-10 [7]. Foi colhida uma amostra de sangue capilar de um dos dedos da mão, no início, no final de cada repetição e 3, 5 e 7 min do final do protocolo para determinação da lactatemia (La) (Lactate Pro analyser, Inc).

Tarefa 20x100m

Foi realizada uma tarefa intervalada de 20x100m com pausa de 15seg [1, 2], com intensidade calculada para corresponder a 80% da velocidade da melhor marca aos 400m [8]. Os procedimentos e equipamentos utilizados para o controlo da FC e da La foram idênticos aos utilizados no protocolo incremental. O La foi controlado, no início, na 10^a repetição, no final e após 3, 5' e 7'. A percepção de esforço foi registada na 10^a e 20^a repetição utilizando a escala de Borg CR-10.

Variáveis cinemáticas e bioenergéticas

As imagens captadas foram transferidas para o computador e analisadas no *software* Kinovea 0.8.15, para determinar as variáveis cinemáticas frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), velocidade média de nado (v), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (η_p). No protocolo incremental os valores foram determinados nos últimos 50m a cada 100m percorridos, assumindo-se 3 valores para cada repetição e calculando-se posteriormente o valor médio. Na tarefa 20x100m os valores foram determinados nos últimos 50m da 10^a e da 20^a repetição.

A FG foi obtida através da contabilização de 3 ciclos completos de braçada e tempo correspondente para a realização dos mesmos (ciclos.seg⁻¹). Iniciou-se a contagem aquando a entrada da mão direita na água e terminou-se quando esta entra pela quarta vez.

A DC, IN e η_p foram calculados de acordo com as equações matemáticas em anexo I [6, 9, 10].

Para avaliação bioenergética, determinou-se em primeira instância a energia total despendida (\dot{E}_{tot}) para cada patamar do protocolo incremental, considerando assim a contribuição aeróbia e anaeróbia (ver anexo I) [9, 10]. Posteriormente calculou-se o custo energético (C) (anexo I) [9]. Através de uma regressão polinomial derivada dos valores de C em função da v , foram estimados valores de C para as velocidades médias de nado da tarefa 20x100m bem como as velocidades previstas para LAn.

Cálculos de dados efetuados

As variáveis obtidas em cada repetição do protocolo incremental, nomeadamente os tempos realizados em cada repetição, v , FG, La, FC e a RPE foram introduzidos na macro Lactate-E: *Blood Lactate Endurance Marker Software* [11] desenhada para correr no *software Excel para Windows 7.0*®, determinando-se assim a velocidade à intensidade de LAn para cada atleta [12] e os valores correspondentes de DC, IN e η_p . O VO_{2peak} e os valores percentuais de VO_2 para intensidade LAn foram determinados por retro extrapolação, através da regressão polinomial derivada dos valores de VO_2 registados em função da v .

Análise estatística

Os dados recolhidos são apresentados através dos valores médios e desvio padrão. A análise comparativa das (1) variáveis da tarefa 20x100m, (2) velocidades e tempos prescritos e realizados e (3) variáveis do teste protocolar progressivo (5x300m) para LAn, foi feita através do teste não paramétrico de Wilcoxon e de Friedemann. A análise dos dados foi feita através do *software SPSS version 21* (IBM SPSS Statistics. NY).

RESULTADOS

Os resultados obtidos e determinados através do protocolo incremental (5x300m) referentes às variáveis fisiológicas (La , VO_2 e FC), RPE, variáveis cinemáticas (v , FG , DC , IN e η_p) e bioenergética (C) para LAN e valores máximos constam da tabela 2.

Por falha técnica do equipamento, foram eliminados os resultados de um atleta, pelo que os valores médios apresentados e referentes a VO_2 e C correspondem a 6 atletas.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis fisiológicas, concentração de lactato (La), consumo de oxigénio (VO_2) e frequência cardíaca (FC), percepção de esforço (RPE, Borg CR-10), das variáveis cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (η_p), e custo energético (C) obtidos no protocolo incremental (5 x 300m Crol/1') relativamente às intensidades de limiar anaeróbio (LAN) e máxima ($peak$ ou $máx$).

Variável	Unidade de medida	Amplitude		Média \pm DP
		Mínimo	Máximo	
La_{LAN}	mmol.L ⁻¹	1,8	4,3	2,8 \pm 0,9
La_{peak}	mmol.L ⁻¹	5,0	13,2	8,0 \pm 3,0
$VO_2_{LAN}^*$	ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹	44,20	59,87	53,02 \pm 6,03
% VO_2_{peak} no LAN^*	%	64,3	91,9	81,0 \pm 13,0
$VO_2_{peak}^*$	ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹	49,61	80,68	66,23 \pm 11,41
FC_{LAN}	bpm	146	176	163 \pm 11
$FC_{máx}$	bpm	175	197	187 \pm 8
RPE LAN		5	8	6 \pm 1
RPE $V_{máx}$		9	10	9 \pm 1
vel_{LAN}	m.s ⁻¹	1,11	1,33	1,21 \pm 0,08
$vel_{máx}$	m.s ⁻¹	1,24	1,44	1,36 \pm 0,09
FG_{LAN}	Hz	0,470	0,570	0,514 \pm 0,040
$FG_{máx}$	Hz	0,529	0,642	0,589 \pm 0,041
DC_{LAN}	m.ciclos ⁻¹	2,0	2,7	2,4 \pm 0,2
$DC_{máx}$	m.ciclos ⁻¹	1,9	2,5	2,3 \pm 0,2
IN_{LAN}	m ² /c/s	2,2	3,4	2,9 \pm 0,4
$IN_{máx}$	m ² /c/s	2,4	3,4	3,1 \pm 0,4
η_p_{LAN}	%	38,0	45,0	41,9 \pm 2,4
$\eta_p_{máx}$	%	37,6	44,6	40,1 \pm 2,3
C_{LAN}^*	J.Kg ⁻¹ .m ⁻¹	11,59	15,03	13,37 \pm 1,53
$C_{máx}^*$	J.Kg ⁻¹ .m ⁻¹	14,75	25,71	18,42 \pm 3,96

*n=6

Os resultados das variáveis controladas na tarefa 20x100, respetivamente na 10ª repetição, na 20ª repetição e os valores médios globais da tarefa, constam da tabela

3 onde é possível verificar que comparando as duas séries só foram encontradas diferenças na RPE ($p=0,010$).

Nos tempos médios estimados para a intensidade de LAn, tendo por base o critério 80% da velocidade da melhor marca aos 400m livres (tabela 4), constata-se a existência de diferenças entre o prescrito e o realizado tendo o último revelado valores superiores ($p=0,018$).

Quando comparados os valores médios das variáveis consideradas na tarefa com os preditos pelo teste incremental (tabela 5), é possível verificar que os últimos foram tendencialmente superiores em quase todos os parâmetros, registando-se diferenças nas velocidades ($p=0,011$), FC ($p=0,012$), FG ($p=0,012$), IN ($p=0,028$) e no C ($p=0,018$).

Não se verificaram diferenças entre a velocidade estimada para LAn pelo protocolo incremental e a velocidade determinada a partir de 80% da melhor marca aos 400m crol.

Tabela 5. Valores médios e desvio-padrão (DP) das variáveis cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (η_p), fisiológicas, concentração de lactato (La) e frequência cardíaca (FC), e RPE estimados para limiar anaeróbio (LAn) através do protocolo 5x300 e realizados na tarefa 20x100. Valor de significância (p) entre os valores estimados e realizados.

Variáveis	Unidades de medida	LAn	Tarefa 20x100	P
		Média \pm DP	Média \pm DP	
Vel	m.s ⁻¹	1,21 \pm 0,08	1,32 \pm 0,09	0,018 *
La	mmol.L ⁻¹	2,8 \pm 0,9	3,2 \pm 0,9	NS
FC	bpm	163 \pm 11	177 \pm 8	0,018 *
RPE		6 \pm 1	6 \pm 2	NS
FG	Hz	0,514 \pm 0,040	0,564 \pm 0,038	0,018 *
DC	m.ciclos ⁻¹	2,4 \pm 0,3	2,3 \pm 0,3	NS
IN	m ² /c/s	2,9 \pm 0,4	3,1 \pm 0,5	0,028*
η_p	%	41,8 \pm 2,4	41,3 \pm 2,3	NS
C**	J.Kg ⁻¹ .m ⁻¹	13,37 \pm 1,53	16,48 \pm 1,09	0,028 *

*Significativo para $p \leq 0,05$; Não significativo (NS).

** n=6

Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis tempo, cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (Π_p), fisiológicas, concentração de lactato (La) e frequência cardíaca (FC), e RPE obtidos na tarefa prescrita (20 x 100m Crol). Valor de significância (p) entre a 10ª repetição, 20ª repetição e valores médios.

Variáveis	Unidades de medida	10ª Repetição				20ª Repetição				P	
		Amplitude		Média ± DP	Amplitude		Média ± DP	Amplitude			
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo		
Tempo	min	01:09:33	01:27:10	01:16:55±00:0581	01:10:67	01:25:20	01:16:60±00:05.10	01:10:60	01:25:50	01:16:21±00:05.14	NS
Vel	m.s ⁻¹	1,16	1,44	1,31±0,09	1,17	1,42	1,33±0,09	1,17	1,43	1,33±0,09	NS
La	mmol.L ⁻¹	1,8	5,3	3,3±1,3	2,1	4,1	3,1±0,8	2,2	5,7	3,5±1,2	NS
FC	bpm	163	197	176±10	169	194	179±8	166	198	180±10	NS
RPE		3	7	5±1	4	10	7±2	4	9	6±2	0,016*
FG	Hz	0,503	0,667	0,574±0,056	0,545	0,637	0,567±0,034	0,530	0,638	0,564±0,038	NS
DC	m.ciclos	2,0	2,8	2,4±0,3	2,0	2,6	2,3±0,2	2,0	2,7	2,3±0,3	NS
IN	m ² /c/s	2,2	4,0	3,1±0,6	2,3	3,7	3,1±0,5	2,3	3,8	3,1±0,5	NS
Π_p	%	37,5	45,6	41,6±3,2	38,5	43,0	41,0±1,7	38,2	43,3	41,3±2,3	NS

* Significativo para ps0,05; Não significativo (NS).

Tabela 4. Estatística descritiva da velocidade (vel) e tempo estimado para a tarefa de limiar anaeróbio, 80% da melhor marca aos 400m livres (MM400L). Valor de significância (p) com os valores obtidos na tarefa.

Variáveis	Unidades de medida	80% MM400L		Tarefa 20x100m		P
		Amplitude		Amplitude		
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Tempo	Min	01:16:90	01:38:50	01:26:57±00:08.81	01:15:67±00:04.00	0,018*
Vel	m.s ⁻¹	1,02	1,30	1,17±0,12	1,33±0,09	

* Significativo para ps0,05; Não significativo (NS).

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelaram a existência de diferenças na velocidade estimada a partir da percentagem da melhor marca e os efetivamente realizados na tarefa 20x100m. O mesmo aconteceu nas variáveis FC, FG, IN e, conseqüentemente, no C.

Os valores de L_a correspondentes ao LAn, determinados através do teste incremental (5x300m), são inferiores ao valor fixo de referência de 4 mmol.L^{-1} bem como o sugerido na literatura para esta zona de intensidade [13]. O mesmo se verificou noutros estudos [13, 14]. Os valores de L_a *peak* também foram inferiores aos encontrados noutro estudo, possivelmente porque a amostra deste, ao contrário do nosso, era constituída unicamente por atletas do sexo masculino, com idades e nível de treino superiores [15].

Os valores percentuais de VO_2 máximo podem ser utilizados para prescrição de zonas de intensidade de treino individualizadas [1]. Neste estudo, para intensidade de LAn, os resultados apontam para $81,0 \pm 13,0\%$ do $\text{VO}_{2\text{peak}}$ (tabela 2). Verifica-se que alguns atletas não se enquadram no intervalo referenciado para esta zona, que se situa entre 85% a 90% do VO_2 máximo [1]. Noutra pesquisa [16] também foram encontrados valores percentuais inferiores, nomeadamente $74.3 \pm 4.0 \%$ do VO_2 máximo. Estas diferenças parecem ser reflexo de distintas faixas etárias e do nível de competitivo das amostras utilizadas.

Relativamente à FC, a maioria da amostra apresenta valores que efetivamente integram os intervalos propostos para intensidade LAn que é de 10 a 20 bpm abaixo da FC máxima [1] e entre 150 a 165 pulsações por minuto [3]. Por sua vez, os valores médios de FC máxima enquadram-se no intervalo indicado 175 a 220 bpm [1].

A combinação da RPE com parâmetros fisiológicos na avaliação de atletas constitui um indicador global do stresse, sentido pelo nadador e pertinente para a prescrição de tarefas [17]. Neste estudo os valores encontrados de RPE para zona de intensidade LAn não apresentam diferenças o que se pode explicar pela familiarização com a escala.

Os parâmetros cinemáticos utilizados são indicadores da qualidade técnica e influenciam o C [17]. Assim, foi possível corroborar que o aumento do C está

relacionado com o aumento do IN e da FG e diminuição da DC em função do aumento da velocidade [10]. Para valores máximos de C, verifica-se uma diminuição da η_p . Importa ainda referir que os valores de DC permaneceram quase inalteráveis na zona submáxima LAn. Estes resultados são concordantes com outros autores que encontraram variação da DC acompanhada pelo aumento da La, diminuindo apenas em intensidades acima do LAn [18].

A velocidade predita através de 80% da velocidade da melhor marca aos 400m crol foi significativamente diferente do observado na tarefa de treino realizada (tabela 4). Está reportado que a gestão do esforço durante um exercício faz-se em função da duração do mesmo, tendo em conta a experiência dos atletas [19]. Parece comprovar-se que os atletas em distâncias menores (ex.100m), tendem a nadar a velocidades superiores para a mesma zona de intensidade [1]. Neste estudo a velocidade prescrita foi calculada a partir da velocidade de 400m o que parece resultar numa subestimação do apropriado para esta tarefa. Por sua vez, os valores médios de velocidade associados a LAn e determinados a partir do protocolo incremental, também se apresentaram diferentes da velocidade empregue na tarefa (tabela 5), não diferindo, contudo, da velocidade prevista a partir da melhor marca de 400m.

Na tarefa (20x100m), nem toda a amostra mostrou valores de lactatemia no intervalo sugerido para a zona de intensidade LAn, 3 a 5 mmol.L⁻¹ [1,3]. Contudo, não apresentam diferenças em relação aos estimados através do protocolo 5x300 (tabela 5), reforçando a importância da determinação individualizada de limiares metabólicos para prescrição correta de zonas de intensidade [20]. Os valores de FC na tarefa foram superiores aos estimados no protocolo, em consequência da maior velocidade adotada, sendo também superiores aos valores recomendados para esta zona de intensidade [2, 3].

A RPE foi a única variável cujos valores médios apresentam diferenças no decorrer da tarefa, como expectável em função da fadiga acumulada. No entanto, ao considerarmos o valor médio observado na tarefa, não se verificam diferenças significativas com o valor estimado.

A comparação do comportamento das variáveis cinemáticas na tarefa com o predito pelo teste incremental, permite verificar que os valores de FG e IN diferem, o que pode ser atribuído à diferença da velocidade empregue. A η_p foi inferior quando comparada com o estimado, devido ao aumento proporcional da velocidade e FG.

O C estimado para a tarefa foi significativamente inferior ao observado. O aumento da FG resulta num maior C e o aumento da DC promove a diminuição do C [9].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram encontradas diferenças entre a velocidade estimada para a zona de intensidade LAn a partir da percentagem da melhor marca de 400m e a efetivamente realizada na tarefa de treino. Quando confrontados os resultados da tarefa com os preditos pelo protocolo incremental de avaliação encontram-se diferenças na velocidade, FC, FG, IN e, conseqüentemente, no C.

A prescrição da velocidade de treino unicamente com base em valores percentuais da melhor marca deve merecer cautela por parte dos treinadores na escolha da distância de referência a utilizar e dada a variabilidade na resposta.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

Esta abordagem teve um impacto direto na otimização do processo de treino da amostra, promovendo a individualização da prescrição sustentada em procedimentos científicos.

BIBLIOGRAFIA

1. Maglischo E. Swimming fastest. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.
2. Sweetenham B, Atkinson J. Championship swim training. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.
3. Raposo A. Planeamento do Treino Desportivo. Lisboa: Visão & Contextos; 2017.
4. Skorski S, Faude O, Urhausen A, Kindermann W, Meyer T. Intensity control in swim training by means of the Individual Anaerobic Threshold. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(12):3304-11.
5. Montpetit R, Léger L, Lavoie J, Cazorla, G. VO₂ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O₂ recovery curve. *European Journal of Applied Physiology*. 1981; 47, 385-391.
6. Zamparo P, Bonifazi M, Faina M, Milan A, Sardella F, Schena F, et al. Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. *European Journal of Applied Physiology*. 2005;94(5-6):697-704.
7. Wallace L, Slattery K, Coutts A. The ecological validity and application of the Session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009;23(1):33-8.
8. Valdieso F, Feal A. Planificación y control del entrenamiento de natación. Madrid: Editorial Gymnos; 2001.
9. Barbosa T, Fernandes R, Keskinen K, Vilas-Boas J. The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*. 2008;103(2):139-49.
10. Komar J, Leprêtre P, Alberty M, Vantorre J, Fernandes R, Hellard P, et al. Effect of increasing energy cost on arm coordination in elite sprint swimmers. *Human Movement Science*. 2012;31(3):620-9.
11. Newell J, Higgins D, Madden N, Cruickshank J, Einbeck J, McMillan K, et al. Software for calculating blood lactate endurance markers. *Journal of Sports Sciences*. 2007;25(12):1403-9.
12. Cheng B, Kuipers H, Snyder A, Keizer H, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*. 1992;13(7):518-22.
13. Fernandes R, Sousa M, Machado L, Vilas-Boas J. Step Length and Individual Anaerobic Threshold Assessment in Swimming. *International Journal of Sports Medicine*. 2011;32(12):940-6.

14. Ribeiro J, Figueiredo P, Sousa M, De Jesus K, Keskinen K, Vilas-Boas J, et al. Metabolic and ventilatory thresholds assessment in front crawl swimming. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2015;55(7-8):701-7.
15. Costa M, Bragada J, Mejias J, Louro H, Marinho D, Silva A, et al. Effects of Swim Training on Energetics and Performance. *International Journal of Sports Medicine*. 2013;34(6):507-13.
16. Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *European Journal of Applied Physiology*. 2003;89(3-4):281-8.
17. Schnitzler C, Seifert L, Chollet D. Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009;8(2):203-10.
18. Dekerle J, Nesi X, Lefevre T, Depretz S, Sidney M, Marchand F, et al. Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *International Journal of Sports Medicine*. 2005;26(1):53-8.
19. Scruton A, Baker J, Roberts J, Basevitch I, Merzbach V, Gordon D. Pacing accuracy during an incremental step test in adolescent swimmers. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2015;6:249-57.
20. Greco C, Oliveira M, Caputo F, Denadai B, Dekerle J. How narrow is the spectrum of submaximal speeds in swimming? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(5):1450-4.

ANEXOS

ANEXO I

VARIÁVEIS CINEMÁTICAS E BIOENERGÉTICAS – EQUAÇÕES

Distância de ciclo (DC) em m.ciclos⁻¹

$$DC = v / FG$$

onde a v em m.s⁻¹ e a FG em Hertz (ciclos.seg⁻¹).

Índice de nado (IN) em m²/c/s

$$IN = v \cdot DC$$

onde a v em m.s⁻¹ e DC em m/ciclos.

Eficiência propulsiva (η_p) em %

$$\eta_p = \left(\frac{v \cdot 0.9}{2\pi \cdot FG \cdot l} \right) \cdot \frac{2}{\pi} \cdot 100$$

na qual v em m.s⁻¹, FG em Hertz (Hz) e l corresponde ao comprimento do MS em cm.

Energia total despendida (\dot{E}_{tot})

$$\dot{E}_{tot} = VO_{2net} + 2.7 [La]_{net}$$

onde VO_{2net} em mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹ é a diferença entre o VO_2 obtido em cada patamar e o VO_2 de repouso assumindo o valor de 5 mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹, 2.7 mlO₂.kg⁻¹.mmol⁻¹ é a constante equivalente de VO_2 aplicada ao valor de lactato acumulado, $[La]_{net}$ em mmol.l⁻¹ é a diferença entre a concentração de lactato obtida entre cada patamar.

Custo energético (C) em J.Kg⁻¹.m⁻¹

$$C = \dot{E} \cdot v^{-1}$$

convertendo o resultado para unidade do sistema internacional no qual 1 mlO₂ equivale a 20,1 J.