

Contributo dos factores antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos para a performance de nadadores de elite no pico de forma na época de verão

Anthropometrical, energetical and biomechanical contribution for the elite swimming performance during the peak form period during the summer season

M.J. Costa, J.A. Bragada, J.E. Mejias, H. Louro, T.M. Barbosa

RESUMO

O presente estudo procurou determinar o contributo dos factores antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos para a performance dos 200 m crol (Perf200m) no pico de forma na época de verão. Foram analisados oito nadadores portugueses num período coincidente a competições importantes (julho da época de 2010-2011). A avaliação antropométrica incluiu a determinação da massa corporal (MC), a estatura (Est) e envergadura (Env). Recorreu-se à aplicação de um teste incremental de 7 × 200 m crol de modo a determinar: i) velocidade de lactato estimado às 4 mmol.L⁻¹ (V4), máxima concentração de lactato após esforço (La_{-pico}), consumo máximo de oxigénio (VO₂máx), velocidade mínima de obtenção do VO₂máx (vVO₂máx), dispêndio energético total (E_{tot}) e custo energético (C), como parâmetros bioenergéticos e ii) frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN), e a eficiência propulsiva (η_p) como variáveis biomecânicas. A Perf200m associou-se significativamente com a V4 ($r = -.75, p = .03$), vVO₂máx ($r = -.83, p < .01$) e IN ($r = -.76, p = .03$). Foram indicados a Env ($R^2 = .24, p = .22$), a V4 ($R^2 = .75, p < .01$) e o IN ($R^2 = .52, p = .04$) como os melhores factores dentro de cada domínio para predição da Perf200m. O modelo de regressão múltipla determinou que os mesmos explicam 90% da Perf200m, na qual a V4 se assume como o parâmetro mais influente (83%).

Palavras-chave: predição, performance, nadadores de elite, regressão linear, época de verão

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the contribution of several anthropometrical, bioenergetical and biomechanical parameters for the 200 m front crawl performance (Perf200m) during the peak form of the summer season. Eight Portuguese male swimmers from international and national level were analyzed in a period coincident with important competitions (july of the 2010-2011 season). Anthropometrical assessment included the body mass (MC), height (Est) and arm span (Env). An incremental set of 7 × 200 m front crawl was applied to obtain: i) the velocity of the maximal lactate equilibrium estimated to the 4 mmol (V4), maximal blood lactate concentration (La_{-pico}), maximal oxygen consumption (VO₂máx), minimum velocity were the maximal oxygen consumption is reached (vVO₂máx) maximal metabolic power (E_{tot}) and energy cost (C), as energetical parameters and ii) stroke distance (DC), stroke frequency (FG), stroke index (IN) and propelling efficiency (η_p), as biomechanical indicators. The results demonstrated that the V4 ($r = -.75, p = .03$), vVO₂máx ($r = -.83, p < .01$) and the IN ($r = -.76, p = .03$) were the only variables with significant association with the Perf200m. The Env ($R^2 = .24, p = .22$), V4 ($R^2 = .75, p < .01$) and IN ($R^2 = .52, p = .04$) were identified as the best predictors in each domain. Multiple linear regression models indicated that those parameters explained 90% of the Perf200m being the V4 the most determinant one (83%).

Keywords: prediction, performance, elite swimmers, linear regression, summer season

Submetido: 15.07.2011 | Aceite: 10.09.2011

Mário J. Costa, José A. Bragada, Jean E. Mejias e Tiago M. Barbosa. Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano; Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

Hugo Louro. Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano; Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Rio Maior, Portugal.

Endereço para correspondência: Mário J. Costa, Departamento de Desporto, Instituto Politécnico de Bragança/CIDESD, Campus Sta. Apolónia ap. 1101-75, 5301-856 Bragança - Portugal.

E-mail: mario.costa@ipb.pt

Estudos recentes têm sugerido que a performance em natação parece ser determinada pela relação hierárquica estabelecida entre um conjunto de factores. Esta está fortemente associada aos pressupostos bioenergéticos, enquanto estes, são dependentes do comportamento biomecânico e das estratégias motoras adoptadas pelo nadador (Barbosa et al., 2010).

Neste sentido importa determinar criteriosamente dentro de cada domínio (antropométrico, bioenergético e biomecânico) a magnitude de contribuição de cada variável para a performance em determinado evento. Este tipo de abordagem foi tentado em jovens nadadores (Latt et al., 2010; Saavedra, Escalante, & Rodríguez, 2010; Vitor & Bohme, 2010) e em nadadores adultos (Obert, Falgairette, Bedu, & Coudert, 1992; Ribeiro et al., 1990). Latt et al. (2010) observaram que o índice de nado e a frequência gestual explicaram 92.6% da performance nos 100 m crol em jovens nadadores. Ficou ainda demonstrado que o índice de nado, a envergadura e o diferencial de acumulação de lactato foram os melhores indicadores dentro de cada domínio analisado (Latt et al., 2010). Vitor e Bohme (2010) detectaram que 88% da performance nos 100 m livres deveu-se essencialmente à potência anaeróbia, índice de nado e velocidade crítica. Muito recentemente, Saavedra et al (2010) identificaram um conjunto de quatro variáveis (idade, altura sentado, capacidade aeróbia e índice de nado) com uma capacidade preditiva de 82.4% para a performance em nadadores jovens. Em nadadores adultos, Ribeiro et al. (1990) observaram que 79% da performance na prova de 400 m crol foi explicada pela velocidade a 85% do consumo máximo de oxigénio e pela velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4 mmol. Já Obert et al. (1992) apenas indicaram o VO_2 máx como o único parâmetro responsável pela variação da performance nos 200 e 400m crol.

No entanto, a maioria destes estudos não referem especificamente o momento da época

desportiva em que se efectuou a recolha dos dados. A performance é determinada pela interacção entre parâmetros bioenergéticos, biomecânicos, que por sua vez são constantemente modelados pelo processo de treino. Assim é de esperar uma maior/menor contribuição de cada variável na variação da performance consoante os diferentes momentos da época desportiva. Pelo menos um estudo indicou que a velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4 mmol (V4), o índice de nado (IN) e a envergadura (Env) explicaram 74% da performance nos 200m crol no pico de forma da época de Inverno (Costa, Bragada, Mejias, Morais et al., 2011). Mais ainda, a V4 foi apontada pelos autores como o parâmetro mais determinante ($R^2 = 59$) dentro dos incluídos no modelo de predição. Apesar desta intervenção isolada, parecem não existir semelhantes abordagens tendo em vista outro período determinante da época desportiva.

Foi objectivo do presente estudo determinar o contributo de vários factores com base no perfil antropométrico, bioenergético e biomecânico de nadadores de elite, para a performance nos 200 m (Perf200m) crol no pico de forma da época de Verão. Definiu-se como hipótese um elevado contributo de indicadores de capacidade aeróbia (V4), de indicadores de capacidade anaeróbia (La_{pico}) e das variáveis biomecânicas (IN) para a Perf200m nesta fase da época.

MÉTODOS

Amostra

Foram analisados 8 nadadores portugueses masculinos (21.75 ± 3.37 anos de idade), de nível nacional e internacional, com presença assídua na prova de 200 m crol em campeonatos nacionais e encontros internacionais nos últimos 2 anos.

Instrumentos e Procedimentos

Protocolo

Os parâmetros antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos foram obtidos num

período coincidente com competições importantes da época de verão (julho da época de 2010-2011) como sendo os Campeonatos Nacionais Absolutos de Verão (Federação Portuguesa de Natação). A avaliação antropométrica incluiu a determinação da estatura (Est, m), da massa corporal (MC, kg) e da envergadura (Env, m). Para determinação dos parâmetros bioenergéticos e biomecânicos recorreu-se à aplicação de um teste incremental de 7×200 m Crol em piscina de 50m, com aumentos de $.05 \text{ m.s}^{-1}$ entre patamares e 30 s de recuperação (Barbosa, Fernandes, Keskinen, & Vilas-Boas, 2008). A velocidade inicial foi determinada para aproximadamente $.3 \text{ m.s}^{-1}$ inferior à melhor performance do nadador na prova de 200 m crol. A velocidade correspondente a cada patamar foi mantida constante pela colocação de um sistema de luzes no fundo da piscina (GBK-Pacer, GBK Electronics, Aveiro, Portugal). Amostras de sangue capilar foram obtidas para determinar a concentração de lactato sanguíneo, através do dedo do nadador, em cada intervalo de 30 s correspondente ao repouso entre patamares, e ainda aos 3 min e 5 min durante o período de recuperação após esforço. A posterior análise foi efectuada através de um auto-analisador (YSI 1500 L, Yellow Springs, Ohio, USA). Durante a totalidade do intervalo de repouso entre patamares foram ainda obtidas amostras de consumo de oxigénio através de um analisador de gases (Cortex, Model MetaLyzer 3B, Leipzig, Germany). Os nadadores foram instruídos para conter a respiração nas últimas duas braçadas antes de tocarem na parede. No momento de chegada uma máscara foi colocada na face do nadador para a qual respirou consecutivamente durante todo o intervalo.

As variáveis determinadas para posterior análise foram: i) velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4 mmol (V4, m.s^{-1}), máxima concentração de lactato ($\text{La}^-_{\text{pico}}$, mmol.L^{-1}), consumo máximo de oxigénio ($\text{VO}_2\text{máx}$, $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), velocidade mínima de obtenção do $\text{VO}_2\text{máx}$ ($v\text{VO}_2\text{máx}$, m.s^{-1}),

dispêndio energético total (E_{tot} , $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e custo energético (C, $\text{J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$), como indicadores bioenergéticos; e ii) distância de ciclo (DC, m), frequência gestual (FG, Hz), índice de nado (IN, $\text{m}^2.\text{c}^{-1}.\text{s}^{-1}$) e a eficiência propulsiva (η_p , %), como indicadores biomecânicos.

Recolha dos dados

A V4 foi obtida pela interpolação da média do valor de lactato de 4 mmol.L^{-1} , com curva exponencial de lactato/velocidade referente a cada nadador. A $\text{La}^-_{\text{pico}}$ foi considerada como o valor mais elevado de lactato visível após esforço. O $\text{VO}_2\text{máx}$ obtido em exercício foi determinado pelo método de retro-extrapolação (Laffite et al., 2004) pela consideração do valor médio de VO_2 nos seis segundos após a detecção do pico de consumo. Não foi considerada a primeira medida de VO_2 após a detecção do pico, o que corresponde à adaptação do aparelho a uma mudança súbita de ciclos respiratórios para análise de oxigénio. Esta adaptação nunca foi excedida em mais de dois segundos. A $v\text{VO}_2\text{máx}$ foi tida como a velocidade correspondente ao patamar onde se verificou o valor de $\text{VO}_2\text{máx}$.

O E_{tot} foi obtido sabendo que (di Prampero, Pendergast, Wilson, & Rennie, 1978):

$$\dot{E}_{\text{tot}} = \text{VO}_2\text{net} + 2.7 [\text{La}^-]_{\text{net}} \quad (1)$$

onde VO_2net representa diferença entre o valor medido no final do patamar e o valor de repouso, o $[\text{La}^-]_{\text{net}}$ é a diferença entre o valor de lactato medido entre dois patamares consecutivos com posterior transformação em equivalentes de O_2 através da constante $2.7 \text{ mmolO}_2^{-1}\text{Kg}^{-1}\text{mmol}$.

O C foi determinado segundo a fórmula (Barbosa et al., 2008):

$$C = \frac{\dot{E}_{\text{tot}}}{v} \quad (2)$$

onde E_{tot} representa a máxima potência metabólica e v é a velocidade média de nado.

Posteriormente o C foi convertido em unidades SI de acordo com a sugestão de Minetti (1998) onde 1ml O₂ equivale a 20.1 J.

Os parâmetros determinantes do ciclo gestual foram determinados em termos médios para todos os patamares, e estimados para o valor da performance. A FG foi medida com um cronofrequencímetro de base 3 (Golfinho Sports MC 815, Aveiro, Portugal), pela avaliação de 3 ciclos consecutivos dos membros superiores nos 15 m intermédios da distância total da piscina. A DC foi calculada sabendo que (Craig, Skehan, Pawelczyk, & Boomer, 1985):

$$DC = \frac{v}{FG} \quad (3)$$

onde DC representa a distância de ciclo, v a velocidade de nado, e FG representa a frequência gestual. O IN foi determinado segundo a equação (Costil, Kovaleski, Porter, Fielding, & King, 1985):

$$IN = v \cdot DC \quad (4)$$

onde IN representa o índice de nado, v representa a velocidade de nado e DC é a distância de ciclo. Já a η_p foi determinada sabendo que (Zamparo, Pendergast, Mollendorf, Termin, & Minetti, 2005):

$$\eta_p = \left(\frac{v \cdot 0.9}{2\pi \cdot FG \cdot l} \right) \cdot \frac{2}{\pi} \quad (5)$$

onde η_p representa a eficiência propulsiva, v representa a velocidade de nado, (multiplicada por .9 tendo em conta que a contribuição dos membros superiores para a propulsão é sensivelmente 90 %), FG representa a frequência gestual, e l representa a distância do segmento ombro-mão. O valor de l foi obtido trigonometricamente através da medição do comprimento do braço, tendo em conta os valores médios dos ângulos obtidos durante a acção lateral interior aquando a fase propulsiva da braçada, como sugerido por Zamparo

(2006). A equação adoptada consiste na estimação da eficiência de Froude. A diferença entre a eficiência de Froude e a eficiência propulsiva decorre da primeira não tomar em consideração o efeito do trabalho mecânico interno para o trabalho mecânico total produzido. Contudo, dada a amplitude de velocidades obtidas por este tipo de nadadores, o trabalho mecânico interno pode ser considerado como negligenciável (Zamparo et al., 2005). Portanto, nesta circunstância, a eficiência propulsiva apresenta um valor próximo da eficiência de Froude.

A Perf200m em piscina de 50 m foi obtida com base nos tempos alcançados em competições oficiais não distantes do momento de avaliação em mais de duas semanas.

Análise Estatística

Foi realizada uma análise exploratória dos dados para detectar a possível presença de outliers e para verificar a normalidade das distribuições (teste Shapiro-Wilk). Para a estatística descritiva foram calculados a média, o desvio padrão, valor máximo e mínimo. O grau de associação entre cada variável e a Perf200m foi determinado com base no coeficiente de correlação de Spearman. Foram adoptados modelos de regressão linear simples na identificação dos melhores preditores da performance dentro de cada domínio analisado. Adicionalmente, foi desenvolvido um modelo de RLM para verificar a contribuição de cada um desses parâmetros na variação da Perf200m. O nível de significância foi determinado para $p \leq .05$.

RESULTADOS

O valor médio de Perf200m foi de 117.02 ± 3.41 s. A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para as variáveis antropométricas, bioenergéticas e biomecânicas analisadas e a sua associação com a Perf200m. A análise correlacional demonstrou que a Perf200m neste momento específico da época se associou com a V4 ($r = -.75$, $p = .03$), $vVO_{2\text{máx}}$ ($r = -.83$, $p < .01$) e com o IN ($r = -.76$, $p = .03$).

Tabela 1

Valores descritivos dos parâmetros antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos e sua relação com a Perf200m

| Variável | $M \pm DP$ | Máximo | Mínimo | Correlação com a Perf200m |
|---|------------------|--------|--------|---------------------------|
| Est (m) | 1.80 \pm .07 | 1.91 | 1.71 | -.52 ($p = .18$) |
| MC (kg) | 74.8 \pm 6.44 | 83.7 | 66.3 | -.24 ($p = .57$) |
| Env (m) | 1.87 \pm .07 | 2.00 | 1.80 | -.64 ($p = .08$) |
| V4 (m.s ⁻¹) | 1.45 \pm .05 | 1.50 | 1.37 | -.75 ($p = .03$) |
| La _{pico} ⁻ (mmol.L ⁻¹) | 12.71 \pm 2.92 | 18.55 | 9.14 | .10 ($p = .82$) |
| VO ₂ máx (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 76.05 \pm 6.47 | 86.93 | 67.36 | -.18 ($p = .69$) |
| vVO ₂ máx (m.s ⁻¹) | 1.58 \pm .05 | 1.64 | 1.53 | -.83 ($p < .01$) |
| E _{tot} (ml/kg/min) | 91.73 \pm 8.93 | 101.74 | 76.72 | -.29 ($p = .49$) |
| C (J.kg ⁻¹ .m ⁻¹) | 18.07 \pm 1.64 | 20.02 | 16.01 | -.19 ($p = .65$) |
| FG (Hz) | .67 \pm .04 | .72 | .62 | .05 ($p = .91$) |
| DC (m) | 2.56 \pm .15 | 2.84 | 2.36 | -.55 ($p = .16$) |
| IN (m ² .c ⁻¹ .s ⁻¹) | 4.37 \pm .34 | 4.97 | 3.98 | -.76 ($p = .03$) |
| η_p (%) | 40.05 \pm 2.57 | 44.71 | 37.04 | -.43 ($p = .29$) |

Tabela 2

Sumário do modelo incluído na regressão linear passo-a-passo (backward), para os preditores da Perf200m dentro dos 3 domínios analisados

| Domínio | Variável | R ² | R ² ajust. | t | p | Beta | F | p |
|----------------|----------------------|----------------|-----------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|
| Antropométrico | Est | .16 | .02 | 4.44 | < .01 | -.401 | (1,6) = 1.15 | .33 |
| | MC | .05 | .02 | 7.33 | < .01 | -.048 | (1,6) = .01 | .91 |
| | Env | .49 | .24 | 4.84 | < .01 | -.490 | (1,6) = 1.90 | .22 |
| Bioenergético | V4 | .92 | .84 | 13.02 | < .01 | -.915 | (1,6) = 30.9 | < .01 |
| | La-pico | .33 | .11 | 19.11 | < .01 | .325 | (1,6) = .71 | .43 |
| | VO ₂ máx | .22 | .05 | 7.87 | < .01 | -.220 | (1,6) = .32 | .59 |
| | vVO ₂ máx | .84 | .71 | 8.36 | < .01 | -.841 | (1,6) = 14.4 | < .01 |
| | E _{tot} | .26 | .07 | 9.11 | < .01 | -.263 | (1,6) = .44 | .53 |
| | C | .22 | .05 | 8.30 | < .01 | -.215 | (1,6) = .29 | .61 |
| Biomecânico | FG | .05 | .00 | 4.59 | < .01 | -.052 | (1,6) = .02 | .90 |
| | DC | .45 | .21 | 6.84 | < .01 | -.453 | (1,6) = 1.55 | .26 |
| | IN | .72 | .52 | 11.92 | < .01 | -.720 | (1,6) = 6.46 | .04 |
| | η_p | .25 | .06 | 6.20 | < .01 | -.254 | (1,6) = .41 | .54 |
| 3 Domínios | Env-V4-IN | .90 | .83 | 9.33 | < .01 | -.099 | (3,4) = 12.0 | .02 |
| | V4-IN | .896 | .85 | 14.48 | < .01 | -.75 | (2,5) = 21.4 | < .01 |

A Tabela 2 apresenta as potenciais relações das variáveis analisadas com base nos modelos de regressão. A regressão linear simples indicou a Env ($R^2 = .24$, $p = .22$), a V4 ($R^2 = .75$; $p < .01$) e o IN ($R^2 = .52$; $p = .04$) como os melhores preditores dentro de cada domínio

analisado. A introdução destes parâmetros no modelo de regressão linear múltipla indicou que os mesmos explicam 90% da variação da Perf200m, onde a V4 se assume como o parâmetro mais determinante (83.7%), seguido do IN (5.9%) e da envergadura (.4%).

DISCUSSÃO

O objectivo do presente estudo foi determinar o contributo de factores antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos para a performance de nadadores de elite no pico de forma da época de Verão. Constatou-se que a V4 se assume como a variável com maior capacidade preditiva da Perf200m neste momento específico da época. Adicionalmente o contributo de outros regimes energéticos traduzidos pela vVO_2 máx e dos factores biomecânicos, mais precisamente do IN, não é de negligenciar.

Os resultados demonstraram que nenhum dos parâmetros antropométricos analisados apresentou uma relação significativa com a Perf200m. Sendo a amostra composta por nadadores de elite em estado adulto, é natural que desde cedo tenha ocorrido, ainda que indirectamente, um processo de identificação e selecção de talentos, onde estas características são tomadas em consideração. Como tal, é de esperar uma certa homogenia antropométrica no grupo de nadadores de elite estudados, retirando alguma importância a este domínio na variação da Perf200m numa perspectiva inter-individual, qualquer que seja o momento da época em questão.

Relativamente aos parâmetros bioenergéticos a V4 e a vVO_2 máx associaram-se significativamente com a Perf200m. Semelhante resultado já tinha sido observado para a V4 durante o pico de forma na época Inverno (Costa, Bragada, Mejias, Morais et al., 2011). Contudo, nesse estudo não foi incluída a vVO_2 máx como variável. Uma forte associação foi anteriormente reportada para a vVO_2 máx em provas de semelhante exigência energética como sejam os 400 m crol (Ribeiro et al., 1990). A literatura tem sugerido que esforços entre os 30 s e os 4 min requerem a contribuição da capacidade aeróbia e anaeróbia do nadador (Troup, 1991). Um estudo recente atribuiu 66% e 34% de contributo aeróbio e anaeróbio, respectivamente, para a prova de 200m crol (Figueiredo, Zamparo, Sousa, Vilas-Boas, & Fernandes, 2011). Dado que a V4 e a

vVO_2 máx tem sido apontadas como indicadores de capacidade aeróbia (Ribeiro et al., 1990; Zoeller et al., 2000) e potência aeróbia respectivamente, é expectável que ambos possuam uma forte associação com a Perf200m ao longo de toda a época desportiva. Esperava-se adicionalmente que existisse alguma associação por parte de outros indicadores que traduzem a capacidade anaeróbia do nadador (e.g., La_{pico}^-). Melhorias na Perf200m de nadadores de elite na fase terminal da época competitiva deveram-se, em parte, ao incremento no volume de treino sobre regimes de incidência anaeróbia (Costa, Bragada, Mejias, Louro et al., 2011). Contudo, a associação esperada entre Perf200m e indicadores anaeróbios não se veio a constatar no presente estudo. Isto poderá dever-se às características particulares destes nadadores em “requererem” um maior contributo da capacidade aeróbia para a Perf200m. Este facto poderá estar relacionado com as metodologias de treino adoptadas ao longo da época em estudo.

No que toca aos parâmetros biomecânicos, apenas o IN se correlacionou significativamente com a Perf200m. Numa abordagem semelhante mas num período distinto da época, apenas valores próximos do valor de corte para a definição de significância estatística foram observados para este parâmetro (Costa, Bragada, Mejias, Morais et al., 2011). Nos meses iniciais da época desportiva a periodização privilegia essencialmente elevados volumes com o intuito de promover incrementos na capacidade aeróbia do nadador (Costill et al., 1991). Focados nesse aspecto geralmente os treinadores ficam aquém do trabalho técnico. Desta forma o aperfeiçoamento do nado é conseguido muito lentamente, atingindo o seu padrão técnico maximal na fase terminal da época. Um estudo recente observou que melhorias na Perf200m de nadadores de elite desde a fase intermédia até ao final da época foram obtidas, em parte, pelo incremento na capacidade técnica dos nadadores, mais precisamente no IN (Costa,

Bragada, Mejias, Louro et al., 2011). No mesmo estudo o IN apresentou-se como um indicador apropriado na distinção de níveis competitivos e na monitorização da variação da performance ao longo da época (Costa, Bragada, Mejias, Louro et al., 2011). Neste sentido é de esperar que a “qualidade” técnica do nadador, expressa quantitativamente pelo IN, assuma uma maior importância à medida que a época desportiva caminha para o seu final.

Os modelos de regressão linear simples determinaram a Env, a V4 e o IN como os melhores preditores de cada domínio. Estas mesmas variáveis foram as que revelaram maior importância durante o pico de forma da época de Inverno (Costa, Bragada, Mejias, Morais et al., 2011). Este facto parece sugerir alguma consistência em termos das variáveis que mais e melhor contribuem para a prestação de nadadores de elite nos 200 m crol. Costa, Bragada, Mejias, Louro et al. (2011) observaram uma elevada estabilidade ao nível da V4 e do IN de nadadores de elite ao longo de uma época. A obtenção de um limite pré-determinado geneticamente e de um padrão técnico maximal na fase adiantada da carreira dos nadadores deste calibre, poderá estar na base da impossibilidade de promover melhorias abruptas nos diferentes parâmetros durante os vários meses de treino.

A regressão linear múltipla indicou que as mesmas três variáveis explicam 90% da Perf200m neste momento específico da época. Os mesmos indicadores tiveram um contributo preditivo mais reduzido, de 75%, para Perf200 no pico de forma da época de Inverno (Costa, Bragada, Mejias, Morais et al., 2011). Este aumento percentual revela a necessidade dos especialistas de 200 m crol demonstrarem constantemente valores elevados de capacidade aeróbia ao longo da época. Esta necessidade decorre de, por um lado ser importante esta base de resistência aeróbia no contributo para o dispêndio energético total na prova de 200 m, e por outro, auxiliar no processo de recuperação activa quer em condições de

treino, quer de competição. Simultaneamente, o modelo de regressão múltipla reforça a importância acrescida dos parâmetros técnicos no contributo para uma melhor prestação na fase de Verão. O presente estudo demonstra que alguns parâmetros que evidenciam elevada estabilidade ao longo da época podem ser usados como ferramentas de diagnóstico para a melhoria na prestação de nadadores de elite nesta prova específica.

CONCLUSÕES

Os parâmetros bioenergéticos, mais precisamente a V4, caracterizaram mais eficazmente a Perf200m neste período específico da época, seguido dos parâmetros biomecânicos e dos antropométricos. Os treinadores deverão assegurar a manutenção em níveis elevados da capacidade aeróbia dos seus nadadores, quando incidirem sobre intensidades mais específicas, como é o caso da potência aeróbia e a tolerância ao lactato. Simultaneamente deverão potencializar a capacidade técnica dada a importância acrescida que estes parâmetros assumem nesta fase determinante da época desportiva.

Agradecimentos:

Aos nadadores e treinadores pela disponibilidade em participar na recolha dos dados. De Mário J. Costa à Fundação para a Ciência e Tecnologia pela Bolsa Individual de Doutoramento (SFRH/BD/62005/2009).

REFERÊNCIAS

- Barbosa, T. M., Fernandes, R. J., Keskinen, K. L., & Vilas-Boas, J. P. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 103, 139-149.
- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 13, 262-269.
- Costa, M. J., Bragada, J. A., Mejias, J. E., Morais, J. E., Marinho, D. A., Louro, H., ... Barbosa, T.

- M. (2011). Preditores antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos dos 200 m crol no pico de forma da época de inverno. In H. Louro, D. Cobra, P. Silva & A. Costa (Eds.), *Resumos do 34º Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação*. Ílhavo: APTN.
- Costa, M. J., Bragada, J. A., Mejias, J. E., Louro, H., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2011). Tracking the performance, energetics and biomechanics of International versus National level swimmers during a competitive season. *European Journal of Applied Physiology*, (Epub ahead of print). doi: 10.1007/s00421-011-2037-6.
- Costill, D., Kovaleski, J., Porter, D., Fielding, R., & King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 266-270.
- Costill, D. L., Thomas, R., Robergs, R. A., Pascoe, D., Lambert, C., Barr, S., & Fink, W. J. (1991). Adaptations to swimming training: Influence of training volume. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23, 371-377.
- Craig, A., Skehan, P., Pawelczyk, J., & Boomer, W. (1985). Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17, 625-634.
- di Prampero, P. E., Pendergast, D., Wilson, D., & Rennie, D. W. (1978). Blood lactic acid concentrations in high velocity swimming. In B. Eriksson & B. Furberg (Eds.), *Swimming Medicine IV* (pp. 249-261). Baltimore: University Park Press.
- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2010). An energy balance of the 200 m front crawl race. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 767-777.
- Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R., & Billat, V. (2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(Suppl.), S17-S31.
- Latt, E., Jurimae, J., Maestu, J., Purge, P., Ramson, R., Haljast, K., ... Jurimae, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 398-404.
- Minetti, A. (1998). The biomechanics of skipping gaits: A third locomotion paradigm? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 265, 1227-1235.
- Obert, P., Falgairette, G., Bedu, M., & Coudert, J. (1992). Bioenergetic characteristics of swimmers determined during an arm-ergometer test and during swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 298-303.
- Ribeiro, J. P., Cadavid, E., Baena, J., Monsalvete, E., Barna, A., & De Rose, E. H. (1990). Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, 24, 196-200.
- Saavedra, J., Escalante, Y., & Rodríguez, F. (2010). A multivariate analysis of performance in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 22, 135-151.
- Troup, J. (1991) Aerobic characteristics of the four competitive strokes. In J. Troups (Ed.), *Center for Aquatic Research Annual: Studies by the International Center for Aquatic Research* (pp. 3-7). Colorado Spring: US Swimming Press.
- Vitor, M., & Böhme, M. T. (2010). Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatric Exercise Science*, 22, 278-287.
- Zamparo, P., Pendergast, D., Mollendorf, J., Termin, A., & Minetti, A. (2005). An energy balance of front crawl. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 134-144.
- Zamparo, P. (2006). Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *European Journal of Applied Physiology*, 97, 52-58.
- Zoeller, R., Nagle, E., Robertson, R., Moyna, N., MLephart, S., & Goss, F. (2000). Peak blood lactate and accumulated oxygen deficit as indices of freestyle swimming performance in trained adult female swimmers. *Journal of Swimming Research*, 14, 18-25.