

MODIFICAÇÕES NO PERFIL BIOENERGÉTICO E BIOMECÂNICO DE NADADORES ENTRE DOIS PERÍODOS “PRÉ-TAPER”

Mário J. Costa ^{1,5}, José A. Bragada ^{1,5}, Erik J. Mejias ^{1,5}, Daniel A. Marinho ^{3,5}, Hugo Louro ^{4,5},
António J. Silva ^{2,5}, Tiago M. Barbosa ^{1,5}

¹ Departamento de Ciências do Desporto, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal

² Departamento de Ciências do Desporto, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

³ Departamento de Ciências do Desporto, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

⁴ Escola Superior de Desporto de Rio-Maior, Rio-Maior, Portugal

⁵ Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, Vila Real, Portugal

PALAVRAS CHAVE: Longitudinal, nadadores de elite, frequência gestual, estabilidade.

RESUMO: O estudo teve como objectivo analisar as alterações ao nível do perfil bioenergético e biomecânico de nadadores de elite entre dois períodos “pré-taper”. Foram analisados 7 nadadores portugueses masculinos de elevado nível competitivo. Os parâmetros bioenergéticos e biomecânicos foram obtidos em dois momentos “pré-taper” (T_1 e T_2) antecedentes a competições importantes (Novembro e Março da época desportiva de 2009-2010). Foram obtidos: (i) velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4 mmol (V_4), como indicador bioenergético; (ii) distância de ciclo à V_4 ($DC@V_4$), frequência gestual à V_4 ($FG@V_4$), índice de nado à V_4 ($IN@V_4$) e a eficiência propulsiva à V_4 ($\eta_p@V_4$) como indicadores biomecânicos. A comparação entre os dois momentos de avaliação foi efectuada com recurso à estatística não paramétrica Teste de Wilcoxon. Foram verificados aumentos com significado estatístico na V_4 e na $FG@V_4$ de T_1 para T_2 . A $DC@V_4$ e $IN@V_4$ apresentaram-se estáveis sem variações significativas. Do ponto de vista da análise individual 4 dos 7 nadadores aumentaram o seu $IN@V_4$. A $\eta_p@V_4$ revelou uma diminuição, contudo sem diferenças estatisticamente significativas. Em síntese, existe uma tendência para o aumento da V_4 ao longo da época desportiva. As alterações na V_4 parecem ser decorrentes de modificações nos pressupostos biomecânicos, mais precisamente no aumento da $FG@V_4$.

1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm sido realizados no sentido de determinar os factores que mais predizem a performance em natação. Tem-se verificado que esta está associada quer a pressupostos bioenergéticos, quer a pressupostos biomecânicos [3;15]. Estudos recentes sugeriram a existência de uma relação hierárquica entre estes factores em nadadores jovens [5] e em nadadores de elite [4]. A performance está fortemente associada aos pressupostos bioenergéticos, enquanto estes, são dependentes do comportamento biomecânico e das estratégias motoras adoptadas pelo nadador [4]. Desta forma, o perfil bioenergético deve ser entendido como elemento mediador do comportamento biomecânico.

Um dos principais desafios da comunidade científica da natação é entender como estes dois domínios se relacionam, no sentido de maximizar a performance desportiva.

Contudo, a maioria dos estudos com esse fim são transversais, não tendo em vista as variações no perfil dos nadadores tomando em consideração o factor temporal. Com efeito, o delineamento longitudinal apresenta-se mais vantajoso por: (i) descrever e estimar a progressão e variabilidade do perfil de nadadores durante a época ou entre épocas desportivas ou; (ii) identificar pontos cronológicos determinantes onde o impacto de cada componente do perfil se evidencia na performance.

O número de estudos longitudinais que objectivam a compreensão de tais relações e o seu impacto na performance é bastante reduzido. Dois dos poucos estudos sobre o tema reportam para um período de dois anos consecutivos diferenças com significado estatístico nos pressupostos bioenergéticos e biomecânicos de nadadores [9] e nadadoras [10] jovens. Ainda assim, até ao momento não parece existir qualquer estudo analisando as questões de mudança e estabilidade ao nível do perfil bioenergético, biomecânico e respectivas relações em nadadores de elite.

Assim sendo, o estudo teve como objectivo analisar as alterações ao nível do perfil bioenergético e biomecânico de nadadores de elite entre dois períodos “pré-taper”.

2 MÉTODOS

2.1 AMOSTRA

Foram analisados sete nadadores portugueses do sexo masculino ($19,86 \pm 3,58$ anos de idade; $1,77 \pm 0,05$ m de estatura; $71,77 \pm 7,55$ kg de massa corporal), de elevado nível competitivo, com presença assídua nos campeonatos nacionais nos últimos 2 anos.

2.2 RECOLHA DOS DADOS

Os parâmetros bioenergéticos e biomecânicos foram obtidos em dois momentos “pré-taper” antecedentes a competições importantes: Novembro (T_1) e Março (T_2) da época de 2009-2010. Para tal recorreu-se à aplicação de um teste incremental de 7 x 200-m Crol, em piscina de 50-m, com aumentos de $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ entre patamares e 30 s de recuperação [3]. A velocidade inicial foi determinada para aproximadamente $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 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 denominado *pacer* (*GBK-Pacer*, *GBK Electronics*, Aveiro, Portugal).

Foram analisados: (i) velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4 mmol (V4), como indicador bioenergético; (ii) distância de ciclo à V4 (DC@V4), frequência gestual à V4 (FG@V4), índice de nado à V4 (IN@V4) e a eficiência propulsiva à V4 (η_p @V4) como indicadores biomecânicos.

Foram efectuadas recolhas de sangue capilar para determinar a concentração de lactato sanguíneo ($[\text{La}^-]$), 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*). A V4 foi obtida pela interpolação da média do valor de lactato de $4 \text{ mml}\cdot\text{L}^{-1}$, com curva exponencial de lactato/velocidade referente a cada nadador.

Os parâmetros determinantes do ciclo gestual foram determinados em termos médios para todos os patamares, e estimados posteriormente para o valor da V4. A frequência gestual (FG, Hz) 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 FG@V4 foi obtida por interpolação do valor da FG na V4 através da curva FG-v. A DC@V4 foi calculada sabendo que [8]:

$$\text{DC@V4} = \frac{\text{V4}}{\text{FG@V4}}$$

onde DC@V4 representa a distância de ciclo à V4, V4 a velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4mmol, e FG representa a frequência gestual à V4. O

IN@V4 foi determinado segundo a equação [6]:

$$IN@V4 = V4 \cdot DC@V4$$

onde IN@V4 representa o índice de nado à V4, V4 representa a velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4 mmol e DC@V4 é a distância de ciclo à V4. Já a $\eta_p@V4$ foi determinada sabendo que [14]:

$$\eta_p@V4 = \left(\frac{V4 \cdot 0.9}{2\pi \cdot SF@V4 \cdot l} \right) \cdot \frac{2}{\pi}$$

onde $\eta@V4$ representa a eficiência propulsiva à V4, V4 representa a velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimado às 4mmol, (multiplicada por 0,9 tendo em conta que a contribuição dos membros superiores para a propulsão é sensivelmente 90%), FG@V4 representa a frequência de braçada à V4, 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 *et al.*, [15]. 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 [14]. Portanto, nesta circunstância, a eficiência propulsiva apresenta um valor próximo da eficiência de Froude.

2.3 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Foi realizada uma análise exploratória dos dados para detectar possíveis erros de entrada das informações, a presença de *outliers* e para verificar a normalidade das distribuições (teste Shapiro-Wilk).

A comparação entre os dois momentos de avaliação foi efectuada com recurso à estatística não paramétrica Teste de Wilcoxon.

O nível de significância foi determinado para $P \leq 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a comparação dos valores médios de V4 entre os dois momentos de avaliação. Verificou-se um aumento com significado estatístico na V4 de T1 para T2 ($V4_{T1} = 1,43 \pm 0,07$; $V4_{T2} = 1,45 \pm 0,06$).

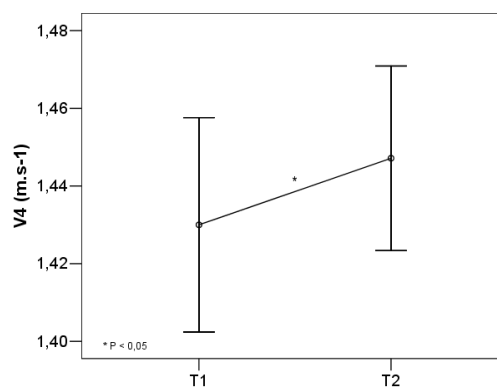


Fig. 1 Comparação dos valores médios da velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4mmol, entre os dois momentos de avaliação.

Os processos de treino e periodização em nadadores de elite são cuidadosamente desenhados com o intuito de atingir a melhor performance nas competições mais importantes [p.e. 2]. Poderemos apontar a sujeição constante ao processo de treino, como contributo fundamental para este aumento significativo na V4. Mais ainda, a necessidade de os nadadores estarem perto do seu pico de forma no período

compreendido entre os dois momentos de avaliação, dada a presença em competições importantes (p.e. Campeonatos Nacionais de Clubes), terá tido importância no planeamento do processo de treino culminando com este aumento da V4. De igual forma, os poucos estudos na literatura sobre esta matéria reportaram resultados semelhantes [12; 13].

A Figura 2 apresenta a comparação dos parâmetros do ciclo gestual entre os dois momentos de avaliação. Não se verificaram diferenças significativas em qualquer variável dependente, com a excepção da FG@V4, onde se verificou um aumento com significado estatístico ($FG@V4_{T1} = 32,71 \pm 3,09$; $FG@V4_{T2} = 34,14 \pm 3,67$). A DC@V4 e o IN@V4 apresentaram-se estáveis sem variações significativas ($DC@V4_{T1} = 2,64 \pm 0,19$; $DC@V4_{T2} = 2,56 \pm 0,22$; $IN@V4_{T1} = 3,77 \pm 0,33$; $IN@V4_{T2} = 3,70 \pm 0,34$). A $\eta p@V4$ revelou uma diminuição ($\eta p@V4_{T1} = 41,83 \pm 4,05$; $\eta p@V4_{T2} = 40,66 \pm 4,49$), mas também sem significado estatístico.

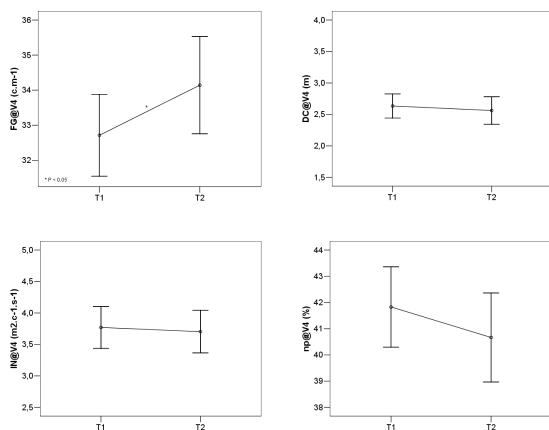


Fig. 2 Comparação dos parâmetros determinantes da braçada entre os dois momentos de avaliação.

Poderemos especular que este aumento significativo da FG@V4 e a estagnação na DC@V4 se devam a questões de comportamento motor. Em determinado momento da carreira desportiva prevê-se, por parte dos nadadores de elite, a obtenção

de um padrão técnico maximal, onde posteriores aumentos de performance só sejam possíveis pela adopção de novas estratégias motoras (p.e diferentes conjugações entre FG e DC). Mais ainda, sendo a maioria da amostra composta por nadadores em estado adulto, nos quais não se observam modificações nos parâmetros antropométricos, é natural que a DC@V4 se apresente estável, e o aumento observado na V4 tenha sido à custa da FG@V4.

Semelhante estabilização foi observada para o IN@V4. O IN@V4 pode ser obtido com diferentes combinações de DC@V4 ou V4. Como tal seria de esperar que o aumento significativo da V4 conjuntamente com uma estagnação da DC@V4, pudesse levar a um aumento do IN@V4. Contudo, dado que a análise se centrou em valores médios e não do ponto de vista individual, é susceptível esta ideia de estagnação. Mesmo assim, tomando como referência a análise individual, quatro dos sete nadadores aumentaram o IN@V4.

A diminuição, contudo ligeira da $\eta p@V4$ pode ser explicada pelo incremento significativo da FG@V4.

Semelhantes resultados de estabilização ao nível dos pressupostos biomecânicos após o treino constante foram observados por Minghelli e Castro [7] em nadadores jovens.

A velocidade de nado apresenta-se como um dos parâmetros mais determinantes da performance em natação [11]. Mais ainda, os pressupostos bioenergéticos, como é o caso da V4, são dependentes do comportamento biomecânico e das estratégias motoras adoptadas pelo nadador [4]. Assim sendo, poderemos apontar o aumento significativo na FG@V4 como a principal variável biomecânica responsável pelo aumento da V4. Analisando os estudos efectuados até então dentro desta temática, o IN e a DC foram apontados como os indicadores biomecânicos que melhor se

correlacionaram com a performance em jovens nadadores [9; 10]. No entanto, num estudo muito semelhante, Anderson *et al.* [1], verificaram que a FG@V4 foi o indicador biomecânico que melhor detectou as mudanças na performance entre períodos de “taper” de duas épocas distintas. Este facto pode ser suportado pela ideia de que cada nadador possui uma capacidade individual óptima na tentativa de combinar estes “elementos biomecânicos chave”, no sentido de melhorar a sua performance. Tem sido sugerido a necessidade de despende mais atenção no entendimento das adaptações individuais baseadas na interacção de constrangimentos diversos (p.e., bionenrgéticos, biomecânciso, controlo motor) e as suas repercussões na performance [4].

CONCLUSÕES

Em síntese, existe uma tendência para o aumento da V4 entre dois momentos “pré-taper”. As alterações na V4 parecem ser decorrentes de modificações nos pressupostos biomecânicos, mais precisamente no aumento da FG@V4.

REFERÊNCIAS

- [1] Anderson M, Hopkins W, Roberts A, Pyne D. (2008) Ability of test measures to predict competitive performance in elite swimmers. *J Sports Sci.* 26(2):123-130.
- [2] Aspenes, S., Kjendlie, P.L., Hoff, J., Helgerud, J. (2009) Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sport Science and Medicine* 8, 357-365
- [3] Barbosa, T.M., Fernandes, R.J., Morouço, P., Vilas-Boas, J.P. (2008) Predicting the intracyclic variation of the velocity of the centre of mass from segmental velocities in butterfly stroke: a pilot study. *Journal of Sport Science and Medicine* 7, 201-209.
- [4] Barbosa TM, Bragada JA, Reis VM, Marinho DA, Carvalho C, Silva AJ (2010) Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *J Sci Med Sports.*
- [5] Barbosa TM, Costa MJ, Marinho DA, Coelho J, Moreira M, Silva AJ (in press). Modeling the links between age-group swimming performance, energetic and biomechanic variables. *Pediatric Exercise Science.*
- [6] Costill, D., J. Kovaleski, D. Porter, R. Fielding, and D. King. (1985) Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int. J. Sports Med.* 6:266-270.
- [7] Craig, A.B., and D. Pendergast. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11:278-283, 1979
- [8] Craig, A., Skehan, P., Pawelczyk, J., Boomer, W. (1985) Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science in Sports Exercise* 17, 625-634.
- [9] Latt, E., Jurimae, J., Haljaste, K., T. (2009a) Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual and Motor Skills* 108, 297-307.
- [10] Latt, E., Jurimae, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., Jurimae, T. (2009b) Physical development and swimming performance during biological maturation in young female swimmers. *Collegium Antropologicum* 33, 117-122.
- [11] Minghelli F, Castro F (2006) Kinematics parameters of front crawl stroke sprinting trough a training season. *Portuguese Journal of Sports Sciences* 6 (Supl. 1): 102.
- [12] Pyne DB, Lee H, Swanwick KM. (2001) Monitoring the lactate threshold in world ranked swimmers. *Med Sci Sports Exerc*; 33:291-297
- [13] Reis J, Alves F. (2006) Training induced changes in critical velocity and V4 in age group swimmers. *Portuguese Journal of Sports Sciences* 6 (Supl. 1): 55.
- [14] Zamparo, P., D. Pendergast, J. Mollendorf, A. Termin, and A. Minetti. (2005) An energy balance of front crawl. *Eur. J. Appl. Physiol.* 94:134-144.
- [15] Zamparo P (2006). Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *Eur J Appl Physiol* 97:52-58

AGRADECIMENTOS

De Mário J. Costa e Erik J. Mejias à Fundação para a Ciência e Tecnologia pela Bolsa Individual de Doutoramento (SFRH/BD/62005/2009) e pela Bolsa de Integração na Investigação (BII – CIDESD/UTAD) respectivamente.