

Contribuição energética e biomecânica para o rendimento em nadadores Masters

Autores

Maria Inês Ferreira^{1,2} Tiago M Barbosa^{2,3} Henrique P Neiva^{1,2} José Vilaça-Alves^{2,4}
Mário J Costa^{2,5} Mário C Marques^{1,2} Daniel A Marinho^{1,2}

mines_ferreira@sapo.pt

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a performance, os parâmetros fisiológicos e biomecânicos em nadadores masters, em três momentos distintos durante uma época desportiva: Dezembro (M1), Março (M2) e Junho (M3). Vinte e três nadadores masters: doze nadadores do sexo masculino (35.60 ± 7.5 anos; pontos FINA 2014: 315.0 ± 128.6) e onze nadadoras do sexo feminino (34.7 ± 7.3 anos; pontos FINA 2014: 254.3 ± 110.8) foram avaliados em três momentos (M1, M2, M3) distintos durante uma época desportiva. Foi realizado um teste incremental de 5x200 m livres, numa piscina de 25 m. Foram avaliadas as seguintes variáveis de rendimento, fisiológicas e biomecânicas: o tempo aos 200 m livres e a respetiva velocidade média de nado (v_{200}), a velocidade de nado correspondente às 4 mmol/l de concentração de lactato sanguíneo (v_4), a concentração máxima de lactato sanguíneo ([LA-]), o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), a frequência gestual (FG), a distância de ciclo (DC), o índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (η_p). A performance melhorou ao longo da época, com um aumento da v_{200} entre M1 e M2. A v_4 e VO_{2max} aumentaram ao longo da época, ao contrário da LA_{pico}, o qual permaneceu inalterado. A FG diminuiu, enquanto a DC, IN e η_p aumentaram do início para o final da época. Através destes resultados verificamos que os nadadores masters melhoraram a sua performance aos 200 m livres ao longo da época desportiva, numa primeira fase devido essencialmente a uma melhoria técnica (DC), e numa segunda fase influenciada também pela FG. Parece ainda que cada nadador utilizou uma estratégia individual na combinação da FG e DC para alcançar um melhor rendimento ao longo da época. Apesar dos fatores energéticos terem apresentado uma melhoria ao longo da época, parece que o rendimento neste escalão etário é mais dependente dos fatores técnicos do que dos energéticos.

Palavras-chave:

masters, nadadores, performance, perfil energético, perfil biomecânico

¹ Universidade da Beira Interior. Departamento de Ciências do Desporto. Covilhã, Portugal

² Centro de Investigação Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano. Covilhã, Portugal

³ National Institute of Education, Nanyang Technological University, Singapore

⁴ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Departamento de Ciências do Desporto, Exercício e Saúde. Vila Real, Portugal

⁵ Instituto Politécnico da Guarda. Guarda, Portugal

INTRODUÇÃO

Os estudos realizados com nadadores masters proporcionam uma importante fonte de dados para a determinação da taxa de declínio físico associado ao envelhecimento em homens e mulheres fisicamente aptas [1]. Apesar das limitações causadas pela idade, os atletas masters são um modelo de envelhecimento excepcionalmente bem-sucedido, e, por esta razão, tornam-se um objeto de interesse científico. Várias são as razões apontadas para estes nadadores estarem envolvidos na prática regular e competitiva, sendo que muitas das vezes trata-se de antigos nadadores de elevado nível cuja obtenção de uma melhor rendimento é um objetivo primordial [2]. Torna-se assim fundamental também em masters a identificação de fatores que podem prever com precisão o rendimento em natação.

Em nadadores jovens e de elite, o rendimento está fortemente ligado às variáveis energéticas, as quais, por sua vez, dependem do perfil e das estratégias motoras biomecânicas adotadas pelos nadadores [3]. O objetivo de um nadador é percorrer uma determinada distância no menor tempo possível, que poderá ser avaliado pela sua velocidade média de nado (v) [4]. Esta depende de duas variáveis: frequência gestual (FG) e distância de ciclo (DC). A habilidade técnica do nadador poderá depender desta relação [4] e ser avaliada através do índice de nado (IN) [5] da sua eficiência propulsiva (η_p) [6]. Ao contrário do que acontece noutros desportos, onde se encontram diferenças mínimas entre os atletas ao nível da eficiência, na natação a eficiência é profundamente influenciada pelo treino e pela habilidade técnica. Por esta razão, é de extrema importância tentar compreender as possíveis alterações ao nível dos parâmetros técnicos de natação durante o envelhecimento. Estudos anteriores relataram que, em nadadores de elite, o IN e a η_p melhoraram com o treino [7]. No entanto, esta análise ainda não foi realizada em nadadores masters.

Importa também referir que escasseiam informações acerca da influência dos fatores fisiológicos no rendimento de nadadores masters. A redução progressiva do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) parece ser o principal mecanismo associado à diminuição da resistência com a idade, seguido por uma redução no limiar aeróbio [8]. A partir dos 25-30 anos, o VO_{2max} diminui aproximadamente 10% por década, em ambos os géneros, sedentários e saudáveis [9]. Além destes, a força e a potência muscular também parecem diminuir com a idade [10].

Para além da escassez de estudo das variáveis supracitadas e que podem ser determinantes no rendimento em praticantes destas idades, o estudo longitudinal destas determinantes são limitados. Existem de facto estudos transversais que nos relatam respostas fisiológicas e biomecânicas agudas dos nadadores masters [11]. No entanto, é pertinente perceber as adaptações energéticas e biomecânicas ao longo do tempo nestes nadadores e desta forma melhor perceber o fenómeno do treino neste escalão. Assim sendo, com este estudo pretendemos avaliar o rendimento, os parâmetros fisiológicos e biomecânicos em nadadores masters ao longo de uma temporada, em três momentos distintos.

MÉTODOS

Sujeitos

Vinte e três nadadores masters voluntariaram-se para participar neste estudo, entre os quais 12 masculinos (idade: 35.0 ± 7.5 anos; altura: 1.75 ± 0.06 m; massa corporal: 74.8 ± 7.7 kg; melhor tempo 200 m: 170.42 ± 27.77 s; Pontos 2014 FINA: 315.0 ± 128.6) e 11 femininos (idade: 34.7 ± 7.3 anos; altura: 1.63 ± 0.05 m; massa corporal: 58.5 ± 5.4 kg; melhor tempo 200 m: 200.72 ± 25.02 s; Pontos 2014 FINA: 254.3 ± 110.8). Foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão: i) idades compreendidas entre os 25-50 anos; ii) experiência anterior em competições em natação pura desportiva a nível nacional; iii) comprometimento com um programa de treino; e os seguintes critérios de exclusão: i) ser portador de deficiências físicas; ii) lesões musculares e/ou patologias; iii) grávidas; iv) mais do que três semanas de ausência durante o período de férias. Todos os sujeitos deram a sua permissão por escrito para participarem no estudo. Este estudo foi aprovado pelo Comité de ética local e de acordo com a Declaração de Helsínquia.

Procedimentos

Estudo longitudinal com os nadadores a serem avaliados em três momentos distintos da época: Dezembro (M1), Março (M2) e Junho (M3). O treino consistiu em três sessões/semana, englobando tarefas aeróbias, tarefas de velocidade e exercícios técnicos, numa média de 9.0 ± 1.7 km/semana (Figura 1).

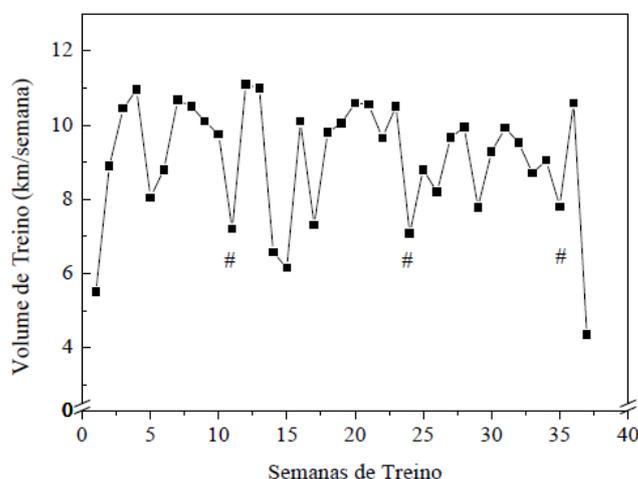


Figura1 - Volume total de treino por semana ao longo da época. # Indica os momentos do teste.

Ao longo da época, o treino dos nadadores apresentou uma componente de intensidade correspondente à capacidade aeróbia (M1: 92.81%; M2: 90.35%; M3: 91.36%) e anaeróbia (MP1: 7.19%; M2: 9.65%; M3: 8.64%). A distinção entre carga aeróbia e anaeróbia foi realizada tendo em conta as considerações de Maglisco [12] e utilizando o mesmo procedimento de estudos anteriores [7, 13].

Avaliação do rendimento. Os tempos aos 200 m livres foram obtidos em competições oficiais, local, regional ou nacional, sendo que estas nunca excederam as duas semanas de diferença para o teste incremental (M1, M2 e M3).

Recolha dos dados energéticos e biomecânicos. Foi realizado um teste incremental, numa piscina de 25 m, para avaliar as adaptações energéticas dos nadadores [14]. A velocidade inicial foi fixada em aproximadamente 0,3 m/s menor do que a melhor performance do nadador [15]. O incremento entre cada série foi de 0.05 m/s, de modo a assegurar que na última série foi realizada à máxima velocidade. O período de descanso entre as séries foi o suficiente para permitir a recuperação, de modo a que a intensidade incremental aumente da primeira para a última série. Foram utilizadas luzes (GBK-Pacer, GBK Electronics, Aveiro, Portugal) para controlar a velocidade de nado e ajudar os nadadores a manter o mesmo ritmo ao longo de cada percurso Além disso, o tempo necessário para percorrer cada série foi medido com o recurso a um cronómetro (SEIKO S141).

O consumo de oxigénio (VO_2) foi medido imediatamente após o final de cada patamar (Kb42, Cosmed, Rome, Italy). Os nadadores foram instruídos para não respirar durante o último ciclo de braçada antes de tocar na parede. O valor do VO_2 obtido em cada patamar do protocolo foi estimado utilizando uma retroextrapolação da curva de recuperação do oxigénio. O VO_{2max} foi considerado ser o valor médio dos 6 s após a deteção do VO_2 durante o período de recuperação [15]. Mais detalhes sobre estes procedimentos em Costa et al. [16].

Procedeu-se à avaliação da concentração sanguínea de lactato ($[La^-]$) antes dos 200 m, no final e 3, 5 e 7 min após o final (Accusport, Boheringger Mannheim, Germany). Foi considerado o valor mais elevado de $[La^-]$ após o exercício [17]. O valor da v_4 foi obtido através da interpolação dos valores médios de lactato (4 mmol/l) sobre a curva exponencial de relação de lactato/velocidade.

A FG foi registada manualmente, em cada patamar, a partir da observação de três ciclos de braçada consecutivos no meio do percurso, utilizando um cronofrequencímetro (Golfinho Sports MC 815, Aveiro, Portugal). A DC foi estimada como sendo a razão entre a v e a FG [4]. O índice de nado foi calculado como o produto entre a v e a DC [5]. A η_p também foi estimada utilizando os cálculos determinados por Zamparo et al. [18].

Análise estatística. A normalidade de todas as distribuições foi verificada utilizando o teste de Shapiro-Wilks. Foram calculados os valores médios e o respetivo desvio padrão para cada momento de avaliação. A percentagem de alteração entre cada momento de avaliação foi também calculada. A variação dos dados foi avaliada utilizando o teste ANOVA de medidas repetidas, seguido do teste de Bonferroni, bem como o teste de Wilcoxon, para avaliar as diferenças entre os três momentos de avaliação (M1-M2; M1-M3; M2-M3). O nível de significância foi de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

O rendimento melhorou ao longo da época, com uma diminuição do tempo necessário para realizar os 200 m entre M1 e M3 (M1-M2: -1.9%, $p=0.03$; M2-M3: -2.2%, $p=0.01$ e M1-M3: -4.1%, $p<0.001$), como podemos observar na Figura 2a.

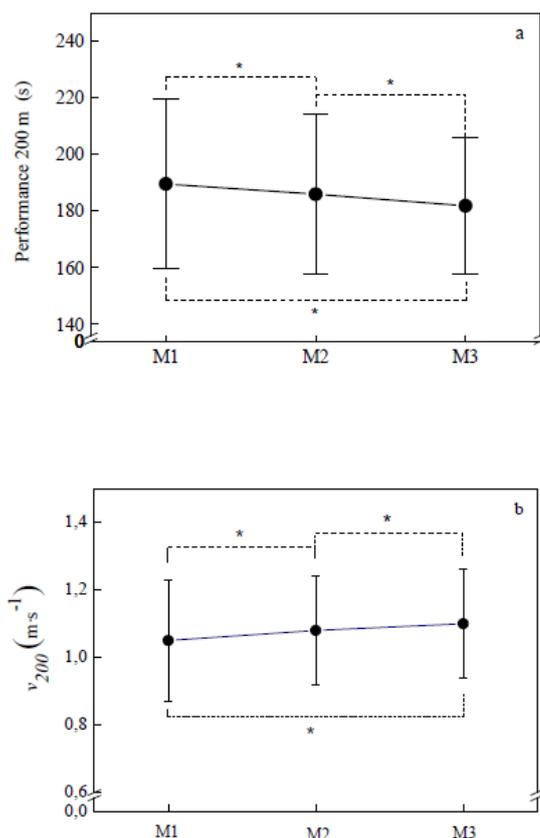


Figura 2 - Média±DP da performance aos 200 m livres (a) e da v_{200} (b) nos três momentos de avaliação. (*) diferenças significativas na performance aos 200 m entre M₁-M₂ ($p=0.03$), M₂-M₃ ($p=0.01$) e M₁-M₃ ($p<0.001$); na v_{200} entre M₁-M₂ ($p=0.03$), M₂-M₃ ($p=0.04$) e M₁-M₃ ($p=0.01$).

De forma adicional, na Figura 2b e Tabela 1 podemos verificar que a v_{200} aumentou significativamente ao longo da época, entre M1-M2 (2.9%, $p=0.03$), M2-M3 (1.9%, $p=0.04$) e M1-M3 (4.8%, $p=0.01$).

Tabela 1 - Rendimento nos 200 m livres (s) dos nadadores masculinos (M) e femininos (F) nos três momentos de avaliação.

Nadador	M ₁	M ₂	M ₃
M1	158	153	152
M2	152	162	158
M3	224	229	211
M4	188	181	179
M5	232	242	220
M6	165	162	162
M7	169	167	167
M8	144	141	140
M9	159	162	162
M10	150	148	147
M11	188	186	183
M12	175	172	174
Média±DP	175.33±28.26	175.42±30.91	171.21±24.24
F1	192	193	191
F2	183	180	185
F3	231	208	205
F4	210	205	200
F5	218	211	205
F6	207	207	195
F7	207	195	185
F8	220	211	197
F9	248	233	231
F10	171	163	168
F11	170	166	166
Média±DP	205.18±24.47	197.45±20.97	193.45±18.12
M+F Média±DP	189.61±30.06	185.96±28.36	181.87±23.91

A Tabela 2 apresenta a correlação entre as alterações da v200 e as alterações das variáveis energéticas e biomecânicas nos M1-M2, M2-M3 and M1-M3. Podemos verificar que não foi encontrada nenhuma relação entre as alterações na DC, IN, η_p , [La-] v4 e VO2max entre M1-M2 e M2-M3. No entanto, entre M1-M3 foi encontrada uma correlação positiva e significativa entre a alteração da FG e a v200 ($r=-0.49$, $p=0.02$).

Tabela 2 - Correlação entre a alteração da velocidade 200 metros (v_{200}) e a alteração das variáveis biomecânicas e energéticas entre M₁-M₂, M₂-M₃, e M₁-M₃.

	v_{200}		
	M ₁ -M ₂	M ₂ -M ₃	M ₁ -M ₃
FG	0.39	0.10	0.49*
DC	-0.01	-0.10	-0.02
IN	-0.02	-0.17	-0.17
η_p	0.02	-0.11	-0.02
[La-]	-0.07	-0.12	0.14
v_4	-0.04	0.34	-0.09
VO_{2max}	0.29	0.24	-0.21

* Correlação significativa para $p < 0.05$

Analisando as alterações individuais, entre M1-M2 as melhorias de rendimento em 11 dos 23 nadadores coincidiu com o aumento da DC e diminuição da FG; dois nadadores aumentaram a FG e diminuíram a DC; cinco nadadores aumentaram a FG e a DC. Os restantes cinco nadadores diminuíram a v_{200} .

Entre M2-M3, a melhoria do rendimento em seis nadadores coincidiu com o aumento da DC e diminuição da FG, nove nadadores aumentaram a FG e diminuíram a DC e um nadador aumentou a DC e a FG. Os restantes sete nadadores diminuíram a v_{200} . Entre M1-M3, a melhoria do rendimento em sete dos vinte e três nadadores coincidiu com o aumento da DC e diminuição da FG; sete nadadores aumentaram a FG e diminuíram a DC e dois nadadores aumentaram ambos os parâmetros. Os restantes sete nadadores apresentaram uma diminuição da v_{200} .

A Figura 3a revela uma diminuição da FG, entre o M1-M2 (-5.1%, $p < 0.001$), permanecendo inalterada entre M2-M3. (0.1%). Do primeiro para o último momento de avaliação, verificámos uma diminuição da FG (-5.1%, $p = 0.04$). Pelo contrário, a DC aumentou, de forma significativa, entre M1-M2 (5.7%, $p = 0.02$) e M1-M3 (5.1%, $p = 0.04$) (Figura 3b).

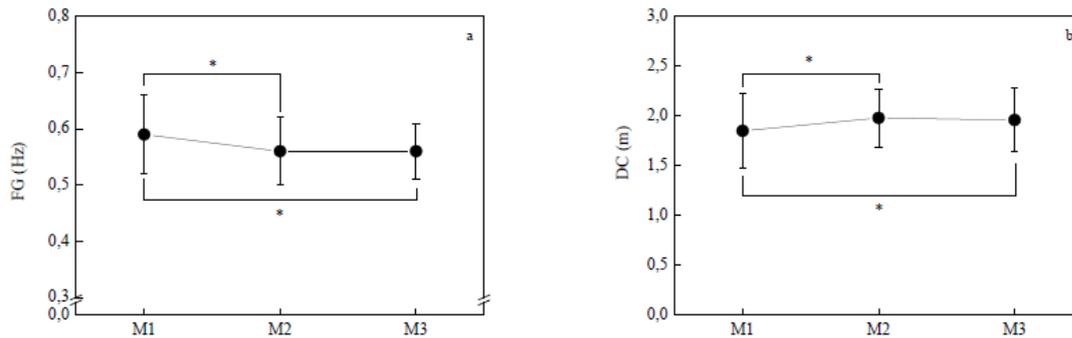


Figura 3 - Média±DP da *FG* (a) e *DC* (b) nos três momentos de avaliação. (*) diferenças significativas da *FG* entre M₁-M₂ (p<0.001), M₁-M₃ (p=0.04); *DC* entre M₁-M₂ (p=0.02) e M₁-M₃ (p=0.04).

Entre M2-M3, a *DC* diminuiu de forma não significativa (-0.5%). No que diz respeito ao *IN* (Figura 4a) existiu um aumento entre M1-M2 (5.4%, p<0.001) e M1-M3 (6.8%, p=0.04), tal como no que se refere à η_p (Figura 4b) que apresentou um aumento entre M1-M2(6.4%, p<0.001) e M1-M3 (6.3%, p<0.001). Não foram encontradas diferenças significativas ao nível das variáveis biomecânicas entre M2-M3.

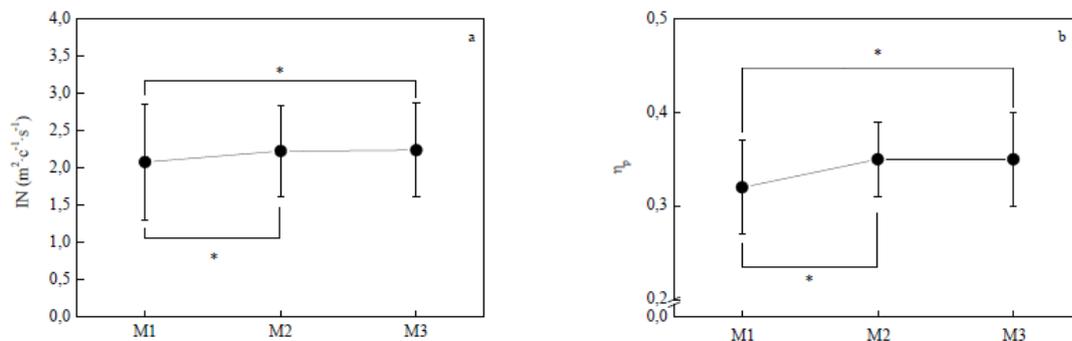


Figura 4 - Média±DP do *IN* (a) e η_p (b) nos três momentos de avaliação. (*) diferenças significativas do *IN* entre M₁-M₂ (p<0.001), M₁-M₃: (p=0.04) e da η_p entre M₁-M₂ (p<0.001) e M₁-M₃ (p<0.001).

Através da Figura 5 podemos ainda observar as adaptações energéticas verificadas ao longo da época. O [LA-] diminuiu entre M1-M2 (-8.8%, p=0,04), aumentando entre M2-M3 (1,0%). A *v4* aumentou significativamente entre M1-M3 (3.5%, p<0,001). Entre M1-M2 e M2-M3 verificámos um aumento não significativo desta variável (figura 5b). O *VO2max* aumentou do primeiro ao último momento de avaliação (M1-M2: 10,0%, p<0.001; M2-M3: 7.3%, p=0.03; M1-M3: 18.0%, p<0.001) (Figura 5c).

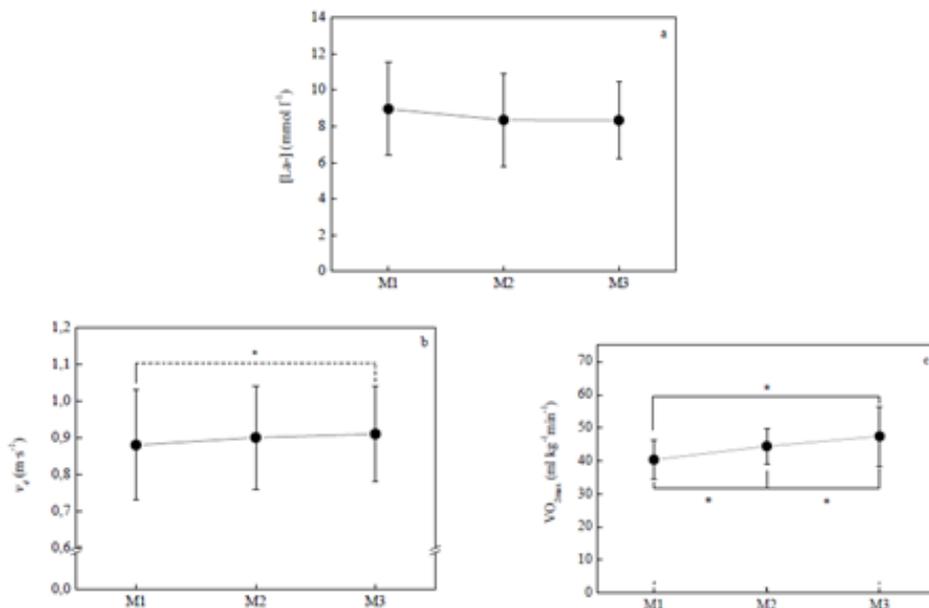


Figura 5 - Média±DP da [La-] (a), v_4 (b) e VO_{2max} (c) nos três momentos de avaliação. (*) diferenças significativas da [La-] entre M₁-M₂ (p=0.04); v_4 entre TP₁-M₃ (p<0.001); VO_{2max} entre M₁-M₂ (p<0.001), M₂-M₃ (p=0.03) e M₁-M₃ (p<0.001).

DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi analisar as alterações do rendimento, do perfil energético e biomecânico de nadadores masters ao longo de uma época. Foram verificadas alterações positivas no rendimento dos 200m livres ao longo da época, resultado de alterações no perfil energético e biomecânico dos nadadores masters. Apesar da melhoria da capacidade aeróbia traduzida pela v_4 e do aumento do consumo de oxigénio, as alterações a nível do padrão técnico e da eficiência de nado parecem ser as mais beneficiadas com o treino neste escalão.

O rendimento nos 200m livres melhorou entre M1-M2 principalmente devido ao aumento da DC e da η_p , o que nos sugere que existiu uma melhoria da técnica de nado neste período. Considera-se que a DC é um bom indicador de eficiência propulsiva e poderá ser utilizado para avaliar a evolução/melhoria na técnica de nado. Seria de esperar que, em nadadores de baixo nível desportivo, estas variáveis representassem fatores importantes para o rendimento [19]. Adicionalmente, a carga aeróbia utilizada nos primeiros meses da época desportiva permite nadar a baixas velocidades, com o nadador a focar-se em aspetos técnicos da braçada e conseqüentemente melhorar a sua técnica de nado neste período. Os resultados apresentados sugerem ainda que cada nadador utilizou a combinação entre DC e FG que melhor se adapta às suas características para alcançar o melhor rendimento ao longo da época. Este resultado, associado à relação positiva encontrada entre o aumento da v e o aumento da FG, com um valor significativo entre M1-M3, revela a importância da FG, antevendo uma dependência do rendimento em relação à FG neste escalão. Estes

resultados realçam o papel da FG e da DC na performance, mesmo nos nadadores masters. A ausência de correlações significativas entre as alterações da v_{200} e as variáveis energéticas poderá significar que, neste escalão, a performance parece depender mais dos aspetos técnicos do que dos fatores energéticos.

Variáveis biomecânicas

Foram observadas alterações nas variáveis biomecânicas ao longo da época, especialmente entre M1-M2 e M1-M3. Este facto poderá ser atribuído à transição entre duas épocas, em que os atletas provavelmente perderam alguns dos efeitos do treino que lhes permitiria um rendimento elevado, retirando proveito duma técnica eficaz. Com os testes em M1 a serem realizados com poucos treinos, seria expectável alguma variação para os outros momentos. A diminuição significativa da FG entre M1-M2 e M1-M3 poderá querer dizer que, com o treino, os nadadores masters aprenderam a realizar uma braçada mais efetiva, não necessitando de fazer tantas braçadas. Tal facto é comprovado pelo aumento da DC entre M1-M2 e M1-M3. Este aumento está geralmente relacionado com uma braçada mais forte e eficaz [20], revelando uma melhoria da técnica de nado, e que neste caso se traduziu num aumento significativo do IN e η_p [20]. As diferenças entre os valores apresentados e a literatura poderão estar relacionados com: i) o tipo e intensidade do esforço [20, 21, 22]; ii) protocolo utilizado [19]; iii) metodologias para determinação da FG, DC, IN e η_p [20]; e iv) características da amostra [20, 22].

Variáveis energéticas

É sabido que a v_4 enquanto determinante da capacidade aeróbia dos nadadores pode ser melhorada com o treino, no caso de nadadores de elevado nível desportivo [7, 23]. Este facto foi agora verificado com os resultados do presente estudo em nadadores masters. Geralmente, nos nadadores mais jovens e de elite, o grande aumento da v_4 ocorre no início da época devido ao aumento do volume de treino que é característico [24, 25]. Este é o resultado de adaptações induzidas pelo treino, que induz a produção de energia aerobiamente, reduzindo assim a taxa de utilização do glicogénio muscular e a formação de lactato [24]. Depois deste aumento na parte inicial da época, a capacidade aeróbia mantém-se praticamente estável até ao final da época. Nos nadadores masters observamos um comportamento semelhante, registando um aumento significativo da v_4 com o aumento do volume de treino verificado entre M1-M2 (109370 m e 113400 m, respetivamente). Curiosamente, a v_4 apresentou um aumento não significativo entre M2-M3 que poderá ser atribuído à elevada prevalência de carga aeróbia durante o treino ao longo de toda a época (e não apenas no início da época), em detrimento do treino de força, velocidade e potência que se verifica nos treinos dos nadadores mais jovens e de elite [26]. De facto, o aumento no VO_{2max} e a sua variação ao longo da época corrobora a ideia mencionada anteriormente. Devemos também perceber que os nadadores masters têm um nível desportivo habitualmente baixo, com uma elevada margem de progressão, contrariamente aos nadadores de elite cujo VO_{2max} parece manter-se virtualmente inalterado ao longo da época [27]. Adicionalmente, este aumento da capacidade aeróbia, a baixa percentagem dedicada ao treino anaeróbio e, ao mesmo tempo, a diminuição da capacidade anaeróbia

com a idade [27], são possíveis causas para a não alteração da [La-] ao longo da época desportiva.

CONCLUSÕES

Estes resultados demonstram que o treino faz melhorar significativamente rendimento dos nadadores masters ao longo da época desportiva. Esta melhoria poderá ser conseguida por influência de fatores fisiológicos mas essencialmente por influência de alterações biomecânicas. É certo que pudemos verificar uma melhoria no consumo de oxigénio e na capacidade aeróbia entre o início da época e o seu final. Contudo, as maiores alterações provocadas pelo treino relacionaram-se com a melhoria técnica traduzida pelo aumento da DC nos primeiros meses de treino e pela diminuição da FG nos últimos meses de treino, e que resulta numa contínua melhoria da eficiência de nado. Foi ainda possível verificar que cada nadador utilizou uma estratégia individual na combinação da FG e DC para alcançar o seu melhor rendimento ao longo da época.

É assim realçada a importância da técnica para o rendimento, dando indicações para que o treino nestas idades inclua uma elevada percentagem de exercícios técnicos para melhorar a habilidade dos nadadores, que poderá ser associada às tarefas aeróbias e anaeróbias do treino e contribuindo para o aumento da eficiência de nado. Por outro lado, o treino a que estes nadadores foram sujeitos parece indicar que a prática regular de exercício físico, três vezes por semana, com a duração de 1h30m por treino, poderá ser suficiente para atenuar a perda da capacidade fisiológica funcional que ocorre com o aumento da idade.

BIBLIOGRAFIA

1. Rubin, R.T., Lin, S., Curtis, A., Auerbach, D., & Win, C. (2013). Declines in Swimming Performance with Age: A Longitudinal Study of Masters Swimming Champions. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 4, 63–70.
2. Tantrum, M. & K. Hodge. 1993. Motives for Participating in Masters Swimming. *New Zealand Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 26(1), 3–7.
3. 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. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262–69.
4. 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 and Exercise*, 17(6), 625–34.
5. Costill, D.L., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R., & King, D. (1985). Energy Expenditure during Front Crawl Swimming: Predicting Success in Middle-Distance Events. *International Journal Sports Medicine*, 6(5), 266–70.
6. Toussaint, H. M. (1990). Differences in Propelling Efficiency between Competitive and Triathlon Swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(3), 409–15.

7. Costa, M.J., Bragada, J.A., Mejias, J.E., Louro, H., Marinho, D.A., Silva, A.J., & Barbosa, T.M. (2012). Tracking the Performance, Energetics and Biomechanics of International versus National Level Swimmers during a Competitive Season. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 811–20.
8. Tanaka, H., & Seals, D.R. (2008). Endurance Exercise Performance in Masters Athletes: Age-Associated Changes and Underlying Physiological Mechanisms. *The Journal of Physiology*, 586(1), 55–63.
9. Eskurza, I., Donato, A.J., Moreau, K.L., Seals, D.R., & Tanaka, H. (2002). Changes in Maximal Aerobic Capacity with Age in Endurance-Trained Women: 7-Yr Follow-Up. *Journal of Applied Physiology*, 92(6), 2303–8.
10. Macaluso, A. & Vito, G. (2004). Muscle Strength, Power and Adaptations to Resistance Training in Older People. *European Journal of Applied Physiology*, 91(4), 450–72.
11. Zamparo, P., Gatta, G., Dall’Ora, A., Toneatto, A., & Cortes, M. (2012). The Determinants of Performance in Master Swimmers: A Cross-Sectional Study on the Age-Related Changes in Propelling Efficiency, Hydrodynamic Position and Energy Cost of Front Crawl. *European Journal of Applied Physiology*, 112(12), 3949–57.
12. Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, Human Kinetics Books.
13. Morais, J.E., Garrido, N.D., Marques, M.C., Silva, A.J., Marinho, D.A., & Barbosa, T.M. (2013). The Influence of Anthropometric, Kinematic and Energetic Variables and Gender on Swimming Performance in Youth Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 39, 203–11.
14. Thanopoulos, V. (2010). The 5 X 200 M Step Test Lactate Curve Model: Gender Specific Characteristics in Elite Greek Senior Freestyle Swimmers. *Serbian Journal of Sports Science*, 4(4), 153–60.
15. Laffite, L.P., Vilas-Boas, J.P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R., & Billat, V.L. (2004). Changes in Physiological and Stroke Parameters during a Maximal 400-M Free Swimming Test in Elite Swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(S1), S17–31.
16. Costa, M.J., Bragada, J.A., Mejias, J.E., Louro, H., Marinho, D.A., Silva, A.J., & Barbosa, T.M. (2013). Effects of swim training on energetics and performance. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 507-513.
17. Termin, B., & Pendergast, D.R. (2000). Training Using the Stroke Frequency-Velocity Relationship to Combine Biomechanical and Metabolic Paradigms. *The Journal of Swimming Research*, 14, 9–17.
18. Zamparo, P., D. R. Pendergast, J. Mollendorf, A. Termin, & A. E. Minetti. (2005). An Energy Balance of Front Crawl. *European Journal of Applied Physiology*, 94(1-2), 134–44.
19. Gatta, G., Benelli, P., & Ditroilo, M. (2006). The Decline of Swimming Performance with Advancing Age: A Cross-Sectional Study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 932–38.
20. Zamparo, P. (2006). Effects of Age and Gender on the Propelling Efficiency of the Arm Stroke, *European Journal of Applied Physiology*, 97(1), 52–58.
21. Favaro, O., & Lima, F.T. (2005). Influence of the Age in the Performance, Stroke Rate and Stroke Length in Masters Male Swimmers of the 50 Meters Freestyle. *Brazilian Journal of Science and Movement*, 13(3), 67–72.
22. Zamparo, P., Gatta, G., Dall’Ora, A., Toneatto, A., & Cortes, M. (2012). The Determinants of Performance in Master Swimmers: A Cross-Sectional Study on the Age-Related Changes

- in Propelling Efficiency, Hydrodynamic Position and Energy Cost of Front Crawl. *European Journal of Applied Physiology*, 112(12), 3949–57.
23. Pyne, D. B., Lee, H., & Swanwick, K.M. (2001). Monitoring the Lactate Threshold in World-Ranked Swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 291–97.
24. Ryan, R., Coyle, E., & Quick, R. (1990). Blood Lactate Profile throughout a Training Season in Elite Female Swimmers. *Journal of Swimming Research*, 6(3), 5–10.
25. Sharp, R. L., Vitelli, C.A., Costill, D.L. & Thomas, R. (1984). Comparison between Blood Lactate and Heart Rate Profiles during a Season of Competitive Swim Training. *Journal of Swimming Research*, 1(1), 17–20.
26. Weir, P. L., Kerr, T., Hodges, N.J., McKay, S.M., & Starkes, J.L. (2002). Master Swimmers: How Are They Different from Younger Elite Swimmers? An Examination of Practice and Performance Patterns. *Journal of Aging and Physical Activity*, 10(1), 41–63.
27. Reaburn, P. & Dascombe, B. (2009). Anaerobic Performance in Masters Athletes. *European Review of Aging and Physical Activity*, 6(1), 39–53