AUTORAS:

Pedro G. Morouço¹João Ribeiro^{2,3}Susana Soares^{2,3}Ricardo J Fernandes^{2,3}José A Abraldes⁴

¹ Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produto, Instituto Politécnico de Leiria, Portugal

² Laboratório de Biomecânica do Porto (Labiomep), Universidade do Porto, Portugal

³ Centro de Investigação, Formação, Intervenção e Inovação em Desporto (CIFI2D), Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Portugal

⁴ Facultad del Deporte, Universidad de Murcia, España

<https://doi.org/10.5628/RPCD.18.02.58>

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos de um mesociclo de treino na velocidade média e variação intracíclica da velocidade de nadadores masters. Nove nadadores masculinos (idade: 42.5 ± 9.5 anos) realizaram 2 x 25 m crol à máxima intensidade, pré e pós um mesociclo de treino de 4 semanas, inserido na etapa de preparação geral do macrociclo de Inverno. A curva velocidade-tempo foi analisada por 6 ciclos de nado, através de um velocímetro com uma frequência de amostragem de 1000-Hz. Verificou-se um incremento da velocidade média ($p = .016$; $\eta^2 = 1.015$; $1-\beta = 0.871$) acompanhado por uma diminuição da variação intracíclica da velocidade ($p = .016$; $\eta^2 = 1.011$; $1-\beta = 0.868$) do pré para o pós treino. Complementarmente, observou-se uma elevada interação entre estas duas variáveis cinemáticas nos dois momentos experimentais ($F = 9.670$; $p = .014$; $\eta^2 = 0.547$; $1-\beta = 0.777$). Dos resultados obtidos, foi possível concluir que um período de treino de um mês baseado em exercícios de preparação geral permitiu um incremento da velocidade média da técnica de crol de nadadores masters, o qual se relaciona significativamente com a diminuição da sua variação intracíclica. A avaliação biomecânica de nadadores desta faixa etária é fundamental para melhor compreender e controlar o seu rendimento, o qual é bastante influenciado pelo declínio das capacidades motoras à medida que a idade avança.

Efeitos de um mesociclo de treino na velocidade média e variação intracíclica da velocidade de nadadores masters

PALAVRAS CHAVE:

Biomecânica. Treino desportivo.

Natação. Masters.

SUBMISSÃO: 10 de Janeiro de 2018

ACEITAÇÃO: 16 de Junho de 2018

Effects of a training mesocycle on the mean velocity and intracyclic variation of velocity of master swimmers

ABSTRACT

The aim of this research was to examine the effects induced by a training mesocycle in swimming velocity and intracyclic velocity variation in master swimmers. Nine male swimmers (age: 42.5 ± 9.5 years) performed 2 x 25 m front crawl bouts at maximal intensity, pre and post a 4 week training mesocycle, along the general preparation period of the winter macrocycle. Velocity-time curves for 6 stroke cycles were obtained by a speedometer working at 1000-Hz. Swimmers presented an increase in swimming velocity ($p = .016$; $\eta^2 = 1.015$; $1-\beta = 0.871$) along with a reduction of their intracyclic velocity variation ($p = .016$; $\eta^2 = 1.011$; $1-\beta = 0.868$), from pre to post 4-week training. Additionally, a very high interaction between the two kinematical variables in the two-time moments was obtained ($F = 9.670$; $p = .014$; $\eta^2 = 0.547$; $1-\beta = 0.777$). Thus, a month training period composed by general preparation exercises, was able to induce an increase in the front crawl swimming velocity in master swimming, which was related with a decrease in their intracyclic velocity variation. The biomechanical evaluation of master swimmers is crucial to better understand and control their performance, which is highly influenced by the motor skills decline as age increases.

KEYWORDS:

Biomechanics. Training.

Swimming. Masters.

INTRODUÇÃO

A participação em competições de natação para veteranos (vulgarmente designados de masters) tem-se popularizado ao longo dos anos, visando benefícios ao nível da saúde (Rubin & Rahe, 2010) mas também a procura da melhoria do rendimento desportivo-motor (Maharam, Bauman, Kalman, Skolnik, & Perle, 1999). Consequentemente, o número de participantes e o nível de competitividade na natação master têm aumentado na última década (Zamparo, Gatta, & Prampero, 2012), tendo existido um número recorde de participantes – cerca de 10000 – no Campeonato da Europa 2016 em Londres. No entanto, estudos centrados nesta população são ainda escassos (Ferreira et al., 2015), embora de grande relevância para melhor compreender os fatores influenciadores do rendimento desportivo específicos desta faixa etária e o seu desenvolvimento durante o processo de treino. A investigação biomecânica existente tem-se centrado em estudos transversais (impossibilitando a extrapolação de causa-efeito ao longo do tempo), assim como em variáveis cinemáticas gerais de limitado carácter informativo (e.g., frequência gestual e distância de ciclo). Ademais, as conclusões evidenciam, frequentemente, que os nadadores masters apresentam valores inferiores desses parâmetros quando comparados com nadadores de elite (Ferreira et al., 2015; Mejias et al., 2014), somente confirmando o expectável.

Especificamente em natação pura desportiva, a avaliação biomecânica baseada na análise da capacidade e eficiência para gerar potência propulsiva por forma a superar o arrasto hidrodinâmico a que os nadadores se sujeitam permite um maior entendimento sobre os fatores que determinam o rendimento desportivo do nadador (Barbosa et al., 2010; Vilas-Boas, Fernandes, & Barbosa, 2010). Assim, estudos que objetivem compreender como a idade dos sujeitos influencia a velocidade a que se propulsionam no meio aquático, poderão identificar esses fatores e contribuir para um melhor entendimento sobre os constrangimentos mecânicos na preparação desportiva de nadadores master (Zamparo, Gatta, Dall'Ora, Toneatto, & Cortesi, 2012).

A velocidade média de um nadador depende da relação e magnitude das forças propulsivas e de arrasto hidrodinâmico (Pendergast et al., 2006; Toussaint, 2010; Vilas-Boas et al., 2010), sendo tanto mais elevada quanto maior for a propulsão obtida e quanto menor a resistência ao avanço provocada. Deste modo, em cada ciclo gestual, a velocidade de deslocamento do nadador sofre alterações mais ou menos pronunciadas devido a acelerações positivas e negativas induzidas pelas contínuas variações do impulso resultante (Alberty, Sidney, Huot-Marchand, Hespel, & Pelayo, 2005; Barbosa et al., 2010). Decorrente das aplicações sucessivas da força na água (Morouço, Barbosa, Arellano, & Vilas-Boas, 2018), dependentes da fase da ação propulsiva em que ocorre, o corpo do nadador apresenta variação da velocidade a cada ciclo de nado, comumente designada de variação intracíclica da velocidade (Figueiredo, Kjendlie, Vilas-Boas, & Fernandes, 2012; Vilas-Boas et al., 2010). Este parâmetro é tido como um dos critérios mais relevantes para a avaliação da

habilidade técnica do nadador (Fernandes, Ribeiro, Figueiredo, Seifert, & Vilas-Boas, 2012; Kjendlie, Ingjer, Stallman, & Stray-Gundersen, 2004), sendo considerado um fator de eficiência propulsiva e, consequentemente, altamente influenciador do rendimento desportivo. Considerando eminente o crescente envolvimento e competitividade na natação master, torna-se essencial compreender a interação entre a variação intracíclica da velocidade e o rendimento desportivo neste escalão etário.

O objetivo do presente estudo foi analisar a evolução da velocidade média e da variação intracíclica da velocidade de nadadores masters durante um mesociclo de treino de preparação geral (centrado no desenvolvimento da condição física e no aprimoramento técnico). Hipotizou-se que um período de treino composto por apenas quatro semanas permitirá melhorias ao nível da velocidade média dos nadadores, e que esse desenvolvimento poderá estar associado a uma menor variação intracíclica da velocidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

AMOSTRA

A amostra foi constituída por nove nadadores do escalão master masculino pertencentes ao mesmo clube (idade: 42.5 ± 9.5 anos, estatura: 1.81 ± 0.10 m, massa corporal: 89.0 ± 8.7 kg e índice de massa corporal: 27.2 ± 3.3 kg.m⁻²), que voluntariamente aceitaram participar no estudo. Foi obtido o consentimento informado dos participantes e todos os procedimentos respeitaram as Declaração de Direitos Humanos de Helsínquia 1975, sendo aprovados pelo comité de ética da Instituição local. O protocolo de avaliação foi realizado antes e após um mesociclo de treino composto por quatro microciclos (de uma semana de duração), pertencente à etapa geral do período preparatório do macrociclo de Inverno. Como tal, o processo de treino focou sobretudo no condicionamento aeróbio e no aprimoramento técnico dos nadadores (FIGURA 1).

FIGURA 1. Volume e percentagem semanal de treino aeróbio, anaeróbio e técnico em cada um dos quatro microciclos do mesociclo de treino.

O critério de inclusão no estudo foi uma frequência de três sessões de treino por semana, com um volume entre 1500 a 2500 m por sessão. Adicionalmente, todos os participantes realizaram treino físico fora de água (corrida a intensidade ligeira a moderada e exercícios de flexibilidade e de correção postural) antes do treino de natação propriamente dito.

INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

Todas as sessões experimentais decorreram numa piscina de 25 m coberta e aquecida (27°C) com 45% de humidade relativa. Antes dos testes, os nadadores realizaram um aquecimento standard de 1000 m, incluindo nado crol contínuo a intensidade baixa-moderada e exercícios técnicos. Seguidamente, cada participante realizou 2 x 25 m crol à máxima intensidade com uma recuperação ativa de 30 min, tendo-se selecionado para posterior análise a repetição que obteve a velocidade média mais elevada). O nadador realizou o teste acoplado a um velocímetro (Lima et al., 2006), conectado ao nadador através de uma linha (presa por uma mola ao nível da anca - L3-L4) que se desenrola à medida que o nadador se propulSIONA ao longo dos 25 m (FIGURA 2).

Figura 2. Equipamento utilizado para a avaliação da velocidade média e da variação intracíclica da velocidade na técnica de crol. (1) velocímetro com frequência de aquisição de 1000-Hz e (2) computador pessoal para recolha de dados em tempo real.

Dentro do velocímetro, fixado a uma bobina, um *switch* emite um sinal para o computador (frequência de 1000-Hz), o qual é lido e transformado num gráfico de velocidade-tempo, caracterizando a propulsão em meio aquático em termos de variação da velocidade por ciclo completo de nado. Estes dados são armazenados, exportados para ASCII e filtrados de acordo com uma frequência de corte de 5-Hz (AcqKnowledge v.3.7; Biopac Systems, USA). Seis ciclos de nado na zona intermédia da piscina foram selecionados para análise de forma a evitar a interferência das fases de partida, deslize e chegada. A Figura 3 é ilustrativa de uma curva típica velocidade-tempo, após filtragem e seleção dos seis ciclos de nado na técnica de crol.

FIGURA 3. Exemplo ilustrativo de uma curva velocidade-tempo para 6 ciclos de nado crol à máxima intensidade.

Posteriormente foram calculadas a velocidade média, através da média aritmética da velocidade instantânea dos seis ciclos de nado e a variação intracíclica da velocidade (*viv*), através da equação apresentada abaixo, em que $\bar{v}$ representa a velocidade média do ciclo, v a velocidade instantânea, Δt a frequência de aquisição de dados e n o número de observações:

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores médios $\pm$ desvios-padrão (DP) da análise descritiva foram obtidos para todas as variáveis em estudo e, após verificação da normalidade e homogeneidade de variâncias (testes de Shapiro-Wilk e Levene, respetivamente), adotaram-se procedimentos paramétricos de análise dos dados. Foi utilizado o *t* teste de medidas repetidas para comparação das médias inter-momentos e a análise fatorial de medidas repetidas (momentos 1 e 2) a dois fatores (velocidade e variação intracíclica da velocidade). Recorreu-se aos softwares SPSS (v20.0) e G-Power (3.1.9.2) para Windows®, sendo adotado um nível de significância de 0.05.

RESULTADOS

Os valores médios $\pm$ DP, nível de significância, tamanho do efeito (η^2) e potência ($1-\beta$) para as variáveis estudadas estão apresentados no quadro 1 para os momentos experimentais pré e pós mesociclo de treino.

QUADRO 1. Valores médios $\pm$ DP, nível de significância, tamanho do efeito e potência da velocidade média e da variação intracíclica da velocidade antes e após o mesociclo de treino.

	ANTES	APÓS	<i>p</i>	η^2	1- β
Velocidade média (m/s)	1.55 $\pm$ 0.26	1.58 $\pm$ 0.25	.016	1.015	0.871
Variação intracíclica da velocidade (%)	4.98 $\pm$ 0.87	3.80 $\pm$ 0.93	.016	1.011	0.868

As diferenças inter-momentos da velocidade média oscilaram entre -1.0 e $+4.2\%$ e as da variação intracíclica da velocidade entre -51.1 e $+14.7\%$. Dos nove sujeitos testados, apenas um nadador não obteve melhoria na sua velocidade de nado e outro não diminuiu a sua da variação intracíclica da velocidade após o mesociclo de treino. A análise intra-fatores demonstrou uma elevada interação entre a velocidade média e a variação intracíclica da velocidade, tendo em consideração os dois momentos de avaliação ($F = 9.670$; $p = .014$; $\eta^2 = 0.547$; $1-\beta = 0.777$; Figura 4).

FIGURA 4. Representação da análise intra-fatores entre a velocidade média e a variação intracíclica da velocidade (viv) antes (M1) e após (M2) o mesociclo de treino.

DISCUSSÃO

O principal objetivo do nadador competitivo é percorrer uma determinada distância no menor tempo possível. Assim, o incremento da velocidade média é um dos propósitos fulcrais do processo de treino, independentemente do escalão a que se reporta. Sendo a variação intracíclica um parâmetro influenciador da velocidade em natação (Barbosa et al., 2013), o objetivo do presente estudo consubstanciou-se na análise do efeito velocidade de

nado versus variação intracíclica de velocidade na técnica de crol, pré e pós mesociclo de preparação desportiva geral de nadadores masters. Como principal resultado verificou-se um aumento da velocidade de nado crol associado a uma diminuição da variação intracíclica da velocidade nesta técnica de nado.

Neste estudo, a velocidade de nado, bem como a sua variação num ciclo, foram determinadas através de velocimetria, metodologia já anteriormente aplicada na avaliação de nadadores de escalões etários inferiores (Schnitzler, Seifert, Ernwein, & Chollet, 2008; Seifert, Toussaint, Alberty, Schnitzler, & Chollet, 2010). Trata-se de uma abordagem mecânica que permite avaliar vários ciclos de nado em tempo real, sendo de grande relevância para o processo de treino (Schnitzler, Seifert, Alberty, & Chollet, 2010; Vilas-Boas et al., 2010). A utilização da anca como ponto anatómico para o estudo da variação intracíclica da velocidade de nado crol, apesar de ter um erro associado quando comparada com a utilização do centro de massa (Fernandes et al., 2012), possibilita: (a) avaliações pouco onerosas; (b) tempos reduzidos na obtenção e tratamento de dados e (c) elevada interatividade, providenciando informações úteis aos treinadores num curto espaço de tempo (Barbosa et al., 2013). Adicionalmente, esta metodologia viabiliza a análise objetiva das curvas velocidade-tempo, podendo-se inclusivamente inferir sobre o aumento do custo energético para uma mesma velocidade média (Figueiredo, Barbosa, Vilas-Boas, & Fernandes, 2012).

Os sujeitos estudados apresentaram, na sua grande maioria, uma melhoria da sua velocidade média após quatro semanas de treino, sugerindo que o mesociclo de treino com predominância no desenvolvimento do metabolismo aeróbio (95% do volume total de treino condicional) e da técnica (8% do volume total de treino) foi eficaz no aprimoramento do seu rendimento desportivo enquanto nadadores. Contrariamente, a variação intracíclica da velocidade diminuiu, o que poderá estar relacionado com a uma melhoria da técnica de nado, induzida pelo efeito do treino (Matsuda, Yamada, Ikuta, Nomura, & Oda, 2014). Desta forma, os resultados parecem sugerir que os nadadores participantes no presente estudo conseguiram incrementar o seu rendimento desportivo por terem aprimorado a sua capacidade de gerar força propulsiva de forma mais contínua (Seifert et al., 2010). Esta percepção ganha ainda maior relevo uma vez que, principalmente nos nadadores masters, deve ser dada especial atenção aos fatores que afetam de forma significativa o custo energético, nomeadamente a correção técnica (Zamparo et al., 2012). Estudos que permitam examinar os benefícios do processo de treino para esta população são fulcrais, uma vez que estes nadadores comumente não apresentam grande disponibilidade temporal e volitiva para treinos de nado contínuo e/ou de elevado volume (Lapierre, Baker, & Tanaka, 2017).

Investigações anteriores identificaram diferentes tipos de relação entre a velocidade e a sua variação intracíclica (Barbosa et al., 2010): (a) ausência de relação entre as duas variáveis; (b) um incremento da variação intracíclica da velocidade associado a uma melhor capacidade de aceleração dos nadadores; (c) diminuição da variação intracíclica da

velocidade associada linearmente com o aumento da velocidade média; e (d) uma relação polinomial destas variáveis. Os resultados do presente estudo parecem estar em linha com a terceira possibilidade, demonstrando que, para a técnica de crol e com nadadores masters, a variação intracíclica de velocidade influencia diretamente a velocidade média resultante ($\eta^2 = 0.547$; $1-\beta = 0.777$). Acrescente-se ainda que a maioria dos estudos anteriores que avaliaram a variação intracíclica da velocidade são transversais, não permitindo inferir sobre os efeitos do treino na relação que possa ter com a velocidade resultante.

Barbosa et al. (2013) estudaram a relação entre a velocidade de nado e a variação intracíclica da velocidade nas quatro técnicas de nado convencionais (crol, bruços, costas e mariposa) em nadadores de 12.8 ± 1.2 anos de idade. Para a técnica de crol, os nadadores apresentaram valores de variação intracíclica da velocidade superiores aos do presente estudo, sugerindo que o número de anos de experiência dos nadadores masters, concomitante com o implícito aprimoramento técnico, conduziu a uma velocidade de nado com menores oscilações. Esta sugestão é reforçada pela comparação dos resultados obtidos no presente estudo com os valores propostos por Matsuda et al. (2014), os quais apresentam valores de variação intracíclica da velocidade similares para nadadores de elite (54.5 ± 1.3 s de recorde pessoal aos 100 m livres) e superiores para os nadadores de recreio (64.5 ± 3.5 s de recorde pessoal aos 100 m livres).

É importante realçar que o presente estudo foi realizado com os mesmos nadadores antes e após um mesociclo de treino. Assim, pretendeu-se verificar se, para um mesmo sujeito, haveria alteração da sua variação intracíclica da velocidade com o treino e se, por sua vez, esta levaria a um incremento da sua velocidade de nado. Como tal, este é um estudo pioneiro, pois procurou examinar os efeitos de um mesociclo típico de treino (com ênfase no desenvolvimento da performance aeróbia e na melhoria da técnica) no rendimento desportivo de nadadores masters. A significativa interação inter-momentos entre a velocidade e a variação intracíclica da velocidade demonstrou que esta associação existe, devendo ser considerada na preparação desportiva desta população de nadadores em particular.

Como referido anteriormente, a análise desta população específica justifica-se pela crescente e elevada adesão que nadadores maiores de 25 anos (sem limite superior de idade) têm vindo a apresentar ao nível desportivo competitivo, sendo relativamente frequente as melhorias dos recordes europeus e mundiais de várias distâncias. Sabendo que o rendimento desportivo do nadador tem um declínio notório com a idade (Fairbrother, 2007) (nomeadamente após os 30 anos), também este grupo de desportistas deverá seguir um modelo de preparação cuidado, procurando melhor compreender a relação entre as componentes biomecânicas e o seu desempenho individual, de forma a tornar o seu processo de treino mais objetivo e eficiente.

CONCLUSÃO

A variação intracíclica da velocidade demonstrou ser um parâmetro fortemente influenciador da velocidade do nado crol e, conseqüentemente, do rendimento desportivo dos nadadores masters. Este facto permite consolidar a ideia de que nadadores de idades compreendidas (aproximadamente) entre os 30 e os 50 anos conseguirão, através do treino de volume e intensidade baixos mas com elevada incidência técnica, diminuir a sua variação intracíclica da velocidade e elevar a sua velocidade de nado crol.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho teve o suporte da Fundação para a Ciência e Tecnologia (PEst-OE/EME/UI4044/2013).

REFERÊNCIAS

- Antunes M (2002). Psicologia e educação em periódicos brasileiros anteriores a 1962. *Psic Escolar Educ* 6(2): 193-200.
- Alberty, M., Sidney, M., Huot-Marchand, F., Hespel, J. M., & Pelayo, P. (2005). Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *International Journal of Sports Medicine*, 26(6), 471-475.
- 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 Sport*, 13(2), 262-269.
- Barbosa, T. M., Morouço, P., Jesus, S., Feitosa, W. G., Costa, M. J., Marinho, D. A., ... Garrido, N. (2013). The interaction between intra-cyclic variation of the velocity and mean swimming velocity in young competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 34(02), 123-130.
- Fairbrother, J. T. (2007). Age-related changes in top-ten men's US Masters 50-m freestyle swim times as a function of finishing place. *Perceptual and Motor Skills*, 105(3 suppl), 1289-1293.
- Fernandes, R., Ribeiro, J., Figueiredo, P., Seifert, L., & Vilas-Boas, J. (2012). Kinematics of the hip and body center of mass in front crawl. *Journal of Human Kinetics*, 33, 15-23.
- Ferreira, M. I., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Marta, C. C., Costa, M. J., & Marinho, D. A. (2015). Effect of gender, energetics, and biomechanics on swimming masters performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1948-1955.
- Figueiredo, P., Barbosa, T. M., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2012). Energy cost and body centre of mass' 3D intracycle velocity variation in swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 112(9), 3319-3326.
- Figueiredo, P., Kjendlie, P. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2012). Intracycle velocity variation of the body centre of mass in front crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 33(04), 285-290.
- Kjendlie, P. L., Ingjer, F., Stallman, R. K., & Stray-Gundersen, J. (2004). Factors affecting swimming economy in children and adults. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1-2), 65-74.
- Lapierre, S., Baker, B., & Tanaka, H. (2017). Age-associated changes in training volume and athletic performance: Cross-sectional and longitudinal analyses of master swimmers. *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*, 2(9), 20.
- Lima, A. B., Semblano, P., Fernandes, D., Gonçalves, P., Morouço, P., Sousa, F., ... Vilas-Boas, J. P. (2006). A kinematical, imagiological and acoustical biofeedback system for the technical training in breaststroke swimming. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6(S1), 22.
- Maharam, L. G., Bauman, P. A., Kalman, D., Skolnik, H., & Perle, S. M. (1999). Masters athletes. *Sports Medicine*, 28(4), 273-285.
- Matsuda, Y., Yamada, Y., Ikuta, Y., Nomura, T., & Oda, S. (2014). Intracyclic velocity variation and arm coordination for different skilled swimmers in the front crawl. *Journal of Human Kinetics*, 44(1), 67-74.
- Meijas, J. E., Bragada, J. A., Costa, M. J., Reis, V. M., Garrido, N., & Barbosa, T. M. (2014). "Young" masters vs. elite swimmers: Comparison of performance, energetics, kinematics and efficiency: original research article. *International Sport Medicine Journal*, 15(2), 165-177.
- Morouço, P. G., Barbosa, T., Arellano, R., & Vilas-Boas, J. P. (2018). Intra-cyclic variation of force and swimming performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 28, 1-20 doi:10.1123/ijsp.2017-0223
- Pendergast, D. R., Capelli, C., Craig, A. B., Di Prampero, P. E., Minetti, A. E., Mollendorf, J., ... Zamparo, P. (2006). Biophysics in swimming. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6, 185-189.
- Rubin, R. T., & Rahe, R. H. (2010). Effects of aging in masters swimmers: 40-year review and suggestions for optimal health benefits. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 1, 39-44.
- Schnitzler, C., Seifert, L., Alberty, M., & Chollet, D. (2010). Hip velocity and arm coordination in front crawl swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 31(12), 875-881.
- Schnitzler, C., Seifert, L., Ernwein, V., & Chollet, D. (2008). Arm coordination adaptations assessment in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 29(06), 480-486.
- Seifert, L., Toussaint, H. M., Alberty, M., Schnitzler, C., & Chollet, D. (2010). Arm coordination, power, and swim efficiency in national and regional front crawl swimmers. *Human Movement Science*, 29(3), 426-439.
- Toussaint, H. (2010). Biomechanics of drag and propulsion in front crawl swimming. In L. Seifert, D. Chollet, & I. Mujika (Eds), *World book of swimming: From science to performance* (pp. 3-20). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Barbosa, T. M. (2010). Intra-cycle velocity variations, swimming economy, performance and training in swimming. L. Seifert, D. Chollet, & I. Mujika (Eds), *World book of swimming: From science to performance* (pp. 119-134). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Zamparo, P., Dall'Ora, A., Toneatto, A., Cortesi, M., & Gatta, G. (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), 3949-3957.
- Zamparo, P., Gatta, G., & Di Prampero, P. E. (2012). The determinants of performance in master swimmers: an analysis of master world records. *European Journal of Applied Physiology*, 112(10), 3511-3518.