

OBSERVAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA EM NATAÇÃO PURA DESPORTIVA: 200 M BRUÇOS

APARELHO LOCOMOTOR
NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

TECHNICAL OBSERVATION AND CHARACTERIZATION IN SPORTIVE SWIMMING:
200M BREASTSTROKE

Ana Conceição^{1,3}
António Silva^{2,3}
Tiago Barbosa^{3,4}
Hugo Louro^{1,3}

1. Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Rio Maior, Portugal.
2. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
3. Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, Vila Real, Portugal.
4. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

Correspondência:

Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Instituto Politécnico de Santarém - Av. Dr. Mário Soares - Pavilhão Multiusos - 2040-413 - Rio Maior - Portugal
E-mail: anaconceicao@esdrm.
ipsantarem.pt

RESUMO

O objetivo deste estudo consistiu na caracterização da técnica de bruços, na relação entre os parâmetros cinemáticos e neuromusculares. A eletromiografia de superfície (EMG) foi utilizada para analisar a dinâmica da atividade neuromuscular nos músculos peitoral maior (PM), bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB) e deltoide anterior (DA) em 12 nadadores de elite nacional. Foi utilizado um par de câmaras, fornecendo uma projeção dupla a partir de uma câmara subaquática e outra acima da superfície da água, para análise das variáveis cinemáticas: velocidade de nado (VN), frequência gestual (FG) e distância de ciclo (DC) em 200 m bruços. A VN diminuiu de 1,41 (0,07) para 1,16 (0,09) m.s⁻¹ (P < 0,05). A DC diminuiu de 2,32 (0,37) para 1,96 (0,24) m, enquanto a FG sofreu um decréscimo de 37,52 (5,16) para 34,40 (3,58) ciclo/min do primeiro percurso de 50 m até ao terceiro percurso de 50 m, aumentando ligeiramente no último percurso para 35,82 (3,39) ciclo/min. O lactato sanguíneo aumentou de repouso para o pico de lactato sanguíneo de 1,12 (0,22) para 12,00 (3,23) mmol.L⁻¹. Os resultados de EMG indicaram um aumento da frequência em relação à amplitude para todos os músculos em estudo, exceto para o DA. Correlações negativas foram obtidas entre a frequência e a VN, FG e DC, ou seja, para os músculos BB, TB e PM, verificou-se uma correlação forte entre VN, FG e DC, isto é, à medida que as variáveis cinemáticas aumentam a frequência diminui. As correlações sugerem que a ativação neuromuscular apresenta relação direta com as variáveis cinemáticas, nomeadamente para uma diminuição da frequência, nos músculos BB, TB e PM e para uma elevada amplitude e forte correlação com as variáveis cinemáticas em PM. A relação entre as variáveis cinemáticas e EMG são determinantes na avaliação da performance em natação pura desportiva, nomeadamente, no suporte na prescrição de exercícios para o aumento da resistência muscular dos músculos envolvidos na técnica de bruços.

Palavras-chave: natação, cinemática, EMG, amplitude, frequência.

ABSTRACT

The aim of this study was to develop characterization of the breaststroke technique, regarding the relationship between kinematic and neuromuscular parameters. Surface electromyographic signals (EMG) were used to analyze the dynamics of neuromuscular activity of the muscles pectoralis major (PM), biceps brachii (BB), triceps brachii (TB) and anterior deltoid (AD), in twelve national elite swimmers. A couple of cameras (an underwater camera and an above the water surface camera) were used to provide a dual projection that permits analysis of kinematic variables (Speed, SF, SL) in the 200 m breaststroke event. Swimming speed decreased from 1.41 (0.07) to 1.16 (0.09) m.s⁻¹ (P<0.05). Stroke length decreased from 2.32 (0.37) to 1.96 (0.24) m, while stroke frequency suffered decrease from 37.52 (5.16) to 34.40 (3.58) cycle/min of 1st lap 50 m until the 3rd lap of 50 m, slightly increasing in the last lap to 35.82 (3.39) cycle/min. Blood lactate increased from 1.12 (0.22) to 12.00 (3.23) mmol.L⁻¹. EMG results indicated increase in frequency concerning amplitude for all muscles studied: BB, PM and TB, except for the AD. Negative correlation between speed frequency, SF and SL was obtained, i.e. to the muscles BB, TB and PM there was a correlation between speed, SF and SL, meaning that as the kinematic variables increase, the frequency decreases. The correlations suggested that the neuromuscular activation presents a direct correlation with the kinematic variables, especially for frequency reduction in the BB, TB and PM muscles, and to a high extent and correlation with the kinematic variables in PM. The relationship between the kinematic variables and EMG is decisive in the swimming performance evaluation, in training exercises outside the pool to increase muscular endurance of muscles involved in the breaststroke technique.

Keywords: Swimming; Kinematics; EMG, Amplitude, Frequency

INTRODUÇÃO

A técnica de braços é considerada uma das menos econômicas das quatro técnicas de nado¹. A causa mecânica provém da sua descontinuidade técnica e conseqüentemente da acentuação da variação da velocidade intracíclica horizontal do centro de massa do corpo²⁻⁴, que provoca a necessidade de realização de trabalho complementar para voltar a acelerar o centro de massa do corpo.

Nos últimos anos, grande parte da investigação em natação tem sido dedicada à análise cinemática dos vários estilos de nado⁵. Sendo a técnica de braços o estilo de nado mais lento⁶ das quatro técnicas de nado, alguns investigadores têm recorrido à análise cinemática para a determinação da velocidade de nado (VN), uma vez que este parâmetro é muito relevante no acesso à *performance* desportiva.

No caso das variáveis que descrevem a velocidade de nado (distância de ciclo (DC) e frequência gestual (FG)), verificou-se que com o aumento da velocidade de nado em brucistas a mesma encontra-se associada a um aumento na FG, mas a um decréscimo na DC⁷, também McMurray *et al.*⁸ verificaram que um número reduzido de braçadas para uma dada velocidade de nado, durante um período de preparação para a competição, poderá levar a um aumento da DC e por sua vez a uma melhoria do resultado desportivo. Por sua vez, Thompson *et al.*⁹ apresentaram resultados que evidenciaram que, tanto um aumento na FG como na DC leva a um aumento da VN em atletas nacionais e internacionais em provas de 200 m braços.

De acordo com a literatura, nas provas de 200 m braços alguns nadadores nadam com uma elevada FG e uma reduzida DC, enquanto outros nadam com uma elevada DC e baixa FG; de acordo com Maglisho¹⁰, os brucistas devem optar por nadar com grandes ciclos e baixa frequência na primeira metade dos três quartos das suas provas de forma a economizar energia, e depois devem aumentar a sua FG de forma a manterem a sua VN com o objetivo de retardarem o aparecimento da fadiga na parte final da prova. Já outros autores^{11,12} indicam que a FG e a DC podem ser pouco correlacionadas com a *performance* dos brucistas, possivelmente devido aos brucistas utilizarem uma relação entre a FG e DC única¹³.

Assim, a técnica de braços tem vindo a ser estudada através da observação de diferentes parâmetros fisiológicos^{14,15}, energéticos^{16,17}, cinemáticos e biomecânicos^{18,19}, tal como no diagnóstico e reabilitação de lesões²⁰.

Sendo a eletromiografia (EMG) uma área de estudo que consiste no registro direto dos potenciais elétricos dos músculos ativos e que nos permite obter uma expressão do envolvimento dinâmico de músculos específicos na propulsão do corpo em relação à água²¹, esta área de estudo será determinante para a análise e compreensão dos movimentos em natação.

A investigação em EMG na natação pura desportiva tem sido focalizada no sentido de estabelecer relações entre a atividade neuromuscular com a cinemática (e.g., distância de ciclo, frequência gestual, velocidade de nado) e alguns parâmetros fisiológicos; contudo, majoritariamente têm sido desenvolvidos estudos na técnica de *crawl*²²⁻²⁶, verificando-se assim uma lacuna de estudos na técnica de braços.

Devido às alterações dos parâmetros cinemáticos estarem relacionadas com a ativação muscular, Aujoannet *et al.*²⁵ verificaram que o iEMG apresenta grandes variações individuais, mas que a trajetória dos dedos e a DC se mantêm inalteráveis durante um teste de 4 x 50 m *crawl*, enquanto que Figueiredo²⁷ apresentou indicadores de fadiga num teste máximo de 200 m *crawl*, em que o decréscimo na velocidade da mão e a eficiência propulsiva da braçada ocorreram. No domínio da

amplitude, vários estudos apresentaram um aumento da amplitude da atividade neuromuscular²⁷⁻³⁰. No domínio da frequência, verificou-se uma diminuição da frequência na atividade neuromuscular, como foi apresentado no estudo de Stirn *et al.*²⁶ em que ocorreu uma redução de 20-25% da frequência e um aumento da amplitude do trícipite braquial e o grande dorsal.

De acordo com a literatura, os músculos mais utilizados e importantes na técnica de braços são o bicípite braquial, trícipite braquial³¹, supraespinhal, redondo menor, trapézio e deltoide³², bicípite braquial, subescapular, grande dorsal, grande peitoral, supraespinhal, infraespinhoso, serrátil anterior e deltoide³³.

Desta forma, através da base científica existente é determinante perceber a relação entre os parâmetros neuromusculares e cinemáticos na técnica de braços, de forma a podermos retirar algumas conclusões sobre a caracterização da técnica de braços, nomeadamente em provas de 200 m e utilizando nadadores de elite como amostra.

O objetivo deste estudo consiste em realizar uma observação e caracterização da técnica de braços, no que diz respeito à relação entre os parâmetros cinemáticos e neuromusculares numa prova de 200 m braços.

MÉTODOS

Amostra

Doze nadadores masculinos (idade $22,3 \pm 2,9$ anos; altura $180,5 \pm 0,5$ cm; peso $73,60 \pm 3,82$ kg; média \pm DP) foram voluntários para participar neste estudo e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participar deste estudo. Todos os nadadores pertencentes à amostra são nadadores nacionais, com uma média de melhor resultado aos 200 m braços de $2,27,65 \pm 0,04$ segundos, correspondendo, respectivamente, a $643,75 \pm 53,77$ FINA ranking points. Todas as medições obedeceram ao estipulado por Harris e Atkinson³⁴ relativamente aos aspectos éticos.

Procedimentos do teste

Os testes foram realizados numa piscina de 50 m coberta, com uma temperatura de água de 27,5°C.

Após a colocação de todo o equipamento, os sujeitos realizaram um aquecimento geral de 800 m na técnica de *crawl* e um aquecimento específico de 200 m braços a um nível médio de esforço; em seguida, realizaram um teste máximo de 200 m braços.

Devido ao equipamento de medição que foi acoplado ao nadador, os nadadores iniciaram o teste com partida de baixo, não sendo permitido realizarem o percurso subaquático após a saída da viragem.

Aquisição de dados

Amostras de sangue a partir do lóbulo da orelha foram retiradas em repouso e imediatamente após o teste de nado, e três, cinco e sete minutos após o nado. As concentrações de sangue foram medidas após o exercício recorrendo ao *Lactate Pro Analyser*.

Os percursos de nado foram filmados no plano sagital com um par de câmaras, fornecendo uma projeção dupla a partir de uma câmara subaquática (Sony Mini Dv DCR-HC42E, EUA) e de outra acima (Sony Mini Dv DCR-HC42E, JVC, EUA) da superfície da água.

As câmaras foram colocadas estacionariamente a 25 m da parede testa, numa parede lateral da piscina, perpendicular à linha de deslocamento e a 10 m de distância do nadador. As imagens de ambas as câmaras foram gravadas em simultâneo.

O estudo consistiu na análise cinemática de ciclos de nado (Ariel

Performance Analysis System, Ariel Dynamics Inc., USA), a uma taxa de amostragem de 50 Hz. Foi utilizado o modelo Zatsiorsky's com uma adaptação ao de DeLeva³⁵ com a divisão do tronco em duas partes articuladas, dividido em oito segmentos: 1) cabeça, 2) tronco, 3) braço, 4) antebraço, 5) mão, 6) coxa, 7) perna, 8) pé^{36,37}, a partir do centro de massa do nadador. Também foi digitalizada a superfície da água utilizando a reação de luz na água³⁸. Para criar uma única imagem da projeção dupla tal como foi descrito previamente^{1,2}, a digitalização independente de ambas as câmaras foi reconstruída com a ajuda de um volume de calibração (16 pontos) e um algoritmo 2D DLT³⁹. Para a análise cinemática da curva do centro de massa foi utilizado um filtro com uma frequência de corte de 5 Hz, tal como foi sugerido por Winter⁴⁰.

As variáveis cinemáticas foram medidas pelo período do ciclo de nado (P, s), frequência gestual (FG = ciclo/min), a distância de ciclo (DC, m) e a média da velocidade de nado de todo o ciclo (VN = m s⁻¹).

Sinais de EMG de superfície foram analisados a partir quatro músculos: peitoral maior (PM), bícípice braquial (BB), tricípice braquial (TB) e deltoide anterior (DA) no lado direito do corpo dos nadadores. Estes músculos foram selecionados de acordo com a sua importância na técnica de brucos³¹⁻³³.

Eletrodos de superfície bipolares (10 mm de diâmetro, Plux, Lisboa, Portugal) foram utilizados com uma distância entre eletrodos de 20 mm. Os eletrodos na parte superior do PM foram colocados na linha média que liga o acrómio ao manúbrio (externo), dois dedos abaixo da clavícula²⁶. Os eletrodos na parte longa do TB, BB e DA foram colocados de acordo com as recomendações SENIAM⁴¹.

Inicialmente procedeu-se à depilação da pele do nadador à superfície da pele do músculo onde se iriam colocar os eletrodos, ao que se seguiu a remoção, por abrasão, da superfície morta da pele, assim como a limpeza da superfície de detecção (com álcool etílico), de forma a remover a camada sebácea e, conseqüentemente, diminuir a resistência entre eletrodos de forma a não exceder os 5 KOhm⁴².

O eletrodo de referência (terra) foi colocado na vértebra cervical (C7). Foram utilizados adesivos transparentes (Hydrofilm®, 10 cm x 12,5 cm, USA) de forma a proteger e isolar o nadador da água⁴³. Todos os cabos foram fixados à pele por adesivos em vários locais de forma a minimizar o seu movimento e conseqüentemente interferências no sinal. Adicionalmente, para imobilizar os cabos, os nadadores vestiram um fato de natação completo (FastskinSpeedo®).

O equipamento de EMG que o nadador tinha acoplado foi muito leve, e era apenas composto por eletrodos, os seus cabos correspondentes e todo o isolamento de adesivos. O sistema *wireless* EMG (BioPLUX.research, Lisboa, Portugal; oito canais analógicos (12 bit), frequência de amostragem 1.000 HZ; 86g, com dimensões compactas: 84 x 53 x 18mm) foi colocado numa bolsa estanque e colocado por baixo da touca do nadador. Os dados foram registrados através do Monitor Plux (Plux, Lisboa, Portugal) a uma frequência de 1.000 Hz.

O sinal de EMG foi processado através da análise automática total, sem intervenção manual e com ferramentas automáticas através do *software* MATLAB (Mathworks, Inc. Natick MA, USA).

A nossa análise EMG foi centrada na determinação da atividade muscular vizinha. Esta foi calculada através da segmentação da energia contida no sinal. A partir do sinal em bruto, a componente DC foi removida e posteriormente filtrada utilizando o filtro de 5º ordem *butterworth* passa-baixo (10 a 500 Hz), respectivamente. A energia do sinal foi determinada ao longo tempo utilizando uma janela de 250 ms.

O processo de determinação do limite da atividade muscular consistiu em encontrar os pontos vizinhos, nos quais a energia do pico

máximo é de 30%. No entanto, mesmo com a utilização de uma janela de 250 ms, a energia da atividade muscular apresentou muito ruído. De forma a contornar esta dificuldade, foram determinados os verdadeiros picos de energia máxima, ou seja, cada ciclo realizado produzido pelo nadador produz um padrão no sinal EMG, estes padrões consistem na periodicidade dos ciclos. Assim, a fim de determinar os picos máximos de energia, primeiro determinou-se a média do período do ciclo, que foi feito através do método de autocorrelação, que determina o instante da frequência espectral da energia do sinal.

Posteriormente, foi aplicado um filtro máximo com um comprimento igual a duas vezes a média do período do ciclo, de forma a determinar os picos com maior energia e que se aproximavam da média do período do ciclo. Para cada ativação neuromuscular, foi definida uma fase ativa correspondente a uma parte do sinal EMG, para o qual a energia foi de pelo menos 30% do valor máximo de energia obtido. Os segmentos EMG pertencentes às fases ativas foram extraídos e utilizados para o cálculo da duração das fases ativas e para a análise da amplitude e frequência EMG. A fase não ativa foi definida como o intervalo entre as duas fases ativas sucessivas (figura 1).

A amplitude do sinal EMG para cada fase ativa foi estimada utilizando a média do valor retificado de EMG, de acordo com as recomendações SENIAM⁴¹ e apresentada em função do tempo. A curva de regressão linear foi realizada e os valores de amplitude de EMG foram apresentados e comparados desde o início do primeiro ciclo até ao último ciclo.

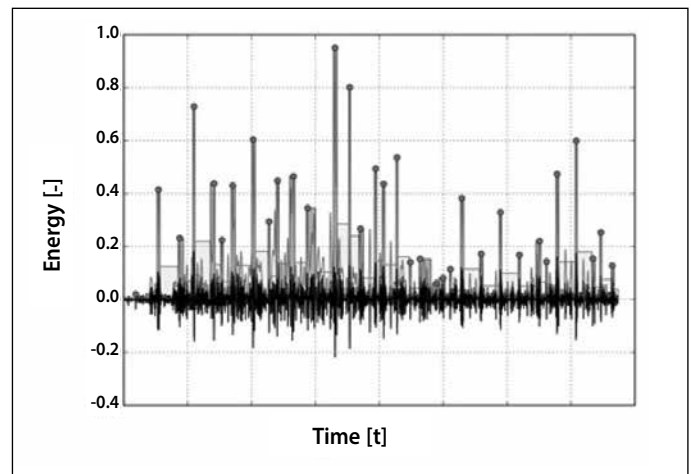


Figura 1. Picos máximos de energia do sinal EMG obtida no músculo bíceps brachii (BB).

Para a análise da frequência, cada segmento extraído foi zero para um total de 1 s (2,000 amostras). Desta forma, uma frequência de resolução uniforme foi utilizada para todos os segmentos dos sinais. A densidade espectral (PSD) para cada segmento foi realizada utilizando o método do periodograma⁴⁴. O periodograma para um sinal contínuo $x(t)$ de comprimento T foi definido como:

$$Px(f) = \frac{1}{T} |X(f)|^2$$

Como medida de tendência central do PSD, nós utilizamos a média da frequência do PSD (MNF), definido com o primeiro momento do PSD. Para um espectro contínuo, abrangemos as frequências entre zero e fMax definido como:

$$MNF = \frac{\int_0^{fMAX} f.Px(f)df}{\int_0^{fMAX} .Px(f)df}$$

O valor de MNF foi calculado para segmento e utilizado com um parâmetro de frequência para cada músculo estudado.

A média e desvio padrão (DP) para análise descritiva foram utilizados para todas as variáveis de estudo. Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade de variância (teste de Levene). A ANOVA de medidas repetidas, com o teste de Tukey foi aplicada, para comparação entre percurso. As diferenças foram consideradas significativas para $P < 0,05$.

RESULTADOS

A figura 2 apresenta os valores médios (DP) dos parâmetros cinemáticos para cada percurso de 50 m dos 200 m bruços. A VN diminuiu de 1,41 (0,07) para 1,16 (0,09) $m \cdot s^{-1}$ com diferenças significativas a partir do primeiro percurso de 50 m e para os restantes percursos de 50 m ($P < 0,05$). A DC diminuiu de 2,32 (0,37) para 1,96 (0,24) m do primeiro percurso de 50 m para o quarto percurso de 50 m. A FG sofreu um decréscimo de 37,52 (5,16) para 34,40 (3,58) ciclo/min do primeiro percurso de 50m até ao terceiro percurso de 50 m, aumentando ligeiramente no último percurso para 35,82 (3,39) ciclo/min. Tanto na DC como na FG não se verificaram diferenças significativas entre os vários percursos de nado ao longo dos 200 m bruços. Paralelamente com o decréscimo indicado anteriormente da velocidade de nado, as concentrações de lactato aumentaram de repouso para o pico de lactato sanguíneo após os 200 m bruços de 1,12 (0,22) para 12,00 (3,23) $mmol \cdot L^{-1}$.

A tabela 1 demonstra que a VN foi correlacionada com o lactato, apresentando uma forte correlação entre os dois, ou seja, quando a velocidade de nado diminui o lactato aumenta ($-0,61$, para $p < 0,05$).

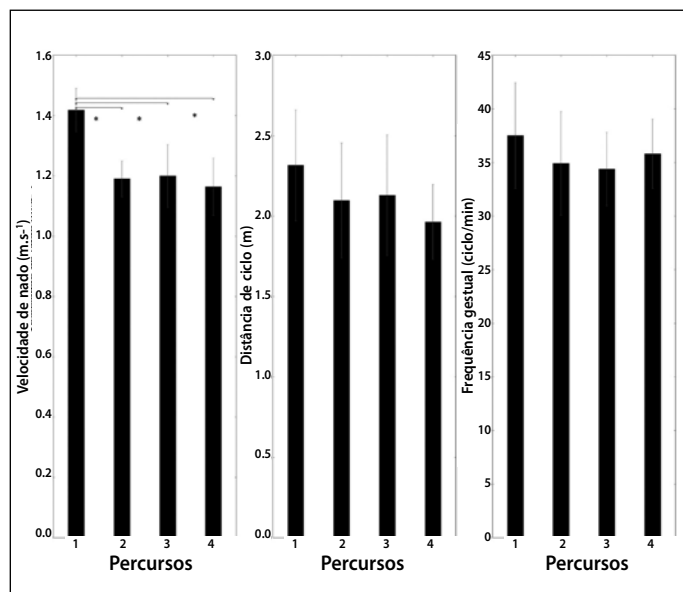


Figura 2. Média (DP) da velocidade de nado (VN), distância de ciclo (DC) e frequência gestual (FG) para os quatro percursos de nado de 50 m dos 200 m bruços. * $P < 0,05$.

Tabela 1. Correlação entre as alterações da velocidade de nado (ΔVN), distância de ciclo (ΔDC), frequência gestual (ΔFG) e lactato sanguíneo (ΔLa) desde o início até ao final dos 200 m bruços.

	ΔVN	ΔDC	ΔFG	ΔLa
ΔVN	-			
ΔDC	-0,19	-		
ΔFG	0,71*	-0,78	-	
ΔLa	-0,61*	0,09*	-0,44	-

* $P < 0,05$.

Também a FG e a VN apresentam uma forte correlação, ou seja, quando a VN aumenta a FG aumenta também (0,71, para $p < 0,05$). A DC demonstrou uma forte correlação com a FG, verificando-se que, quando a DC aumenta a FG diminui ($-0,78$, para $P < 0,05$) (figura3).

Os resultados de EMG indicam um aumento da frequência em relação à amplitude para todos os músculos estudados, exceto para o DA. Em ordem decrescente, os músculos que apresentaram maior amplitude foram o DA (103,62 (2,09)%), seguido do PM (99,51 (3,47)%), TB (98,40 (7,89)% e BB (97,69 (2,33)%), enquanto que os músculos que apresentaram maior frequência foram o BB (112,85 (12,11)%), o PM (103,48 (12,52)%), o TB (101,27 (6,15)%) e o DA (101,52 (6,55)%).

Para completar a análise cinemática e muscular ao longo de 200 m bruços, foi realizada a correlação entre a frequência e a amplitude para os músculos estudados com as variáveis cinemáticas (VN, FG e DC), como podemos observar na tabela 2.

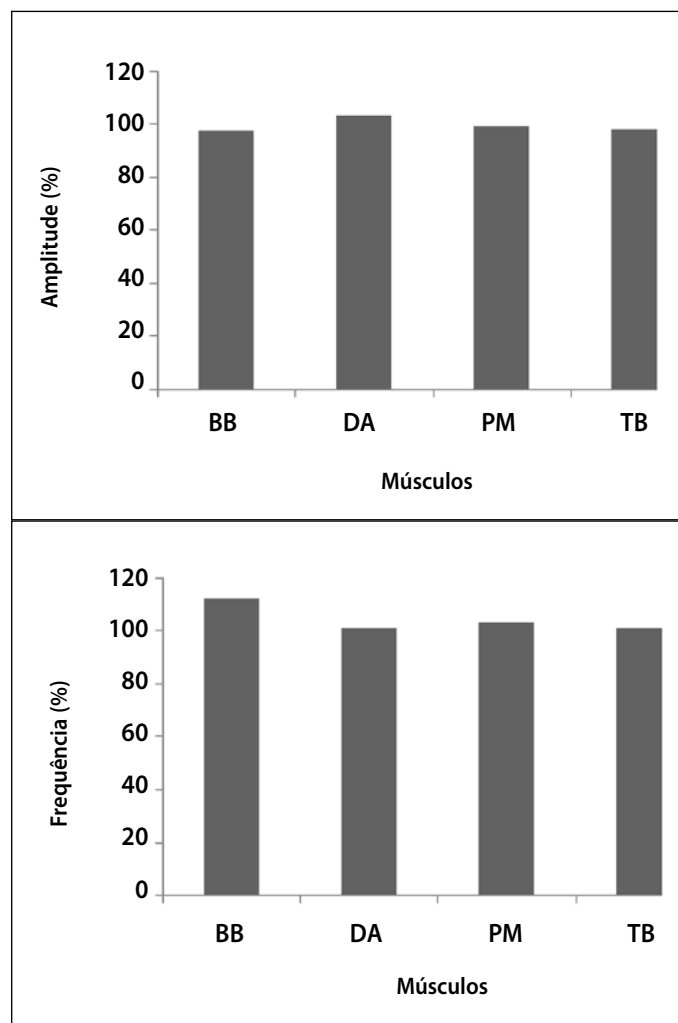


Figura 3. Média (DP) da amplitude e frequência entre o primeiro e o quarto percurso de nado para todos os músculos estudados ao longo de 200 m bruços (peitoral maior (PM), bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB) e deltoide anterior (DA)).

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre os parâmetros musculares: frequência e amplitude com as variáveis cinemáticas, velocidade de nado (VN), distância de ciclo (DC) e frequência gestual (FG).

Músculos	Frequência			Amplitude		
	VN	DC	FG	VN	DC	FG
BB	-0,77*	-0,71*	-0,88*	-0,32*	-0,22*	-0,49*
DA	-0,03*	-0,13*	0,16*	0,36*	0,26*	0,53*
TB	-0,74*	-0,66*	-0,85*	-0,56*	-0,48*	-0,72*
PM	-0,76*	-0,69*	-0,87*	0,81*	0,75*	0,91*

BB – bíceps braquial; DA – deltoide anterior; TB – tríceps braquial e PM – peitoral maior. * $P < 0,05$.

Relativamente à amplitude obteve-se uma correlação fraca para os músculos BB e TB à medida que as variáveis VN, FG e DC aumentam a amplitude diminui, enquanto para os músculos DA e PA, verificou-se o inverso, ou seja, à medida que as variáveis VN, FG e DC aumentam a amplitude também aumenta, sendo que, por um lado, o músculo DA apresenta uma correlação fraca, por outro, o músculo PM apresenta uma forte correlação.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo consistiu em analisar e caracterizar a técnica de brucos no decorrer de uma prova de 200 m brucos, relativamente à relação entre dinâmica da atividade neuromuscular, através da análise da amplitude e frequência com os parâmetros cinemáticos (VN, FG e DC).

As elevadas concentrações de lactato, o decréscimo da velocidade de nado e as alterações na FG e DC apontam para uma redução da *performance* de nado ao longo dos 200 m brucos.

As concentrações de lactato obtidas foram semelhantes com estudos prévios para distâncias de 200 m^{26,45-47}, confirmando que a prova de 200 m contém uma contribuição anaeróbica significativa. Os decréscimos apresentados na VN, FG e DC encontram-se de acordo os resultados apresentados por estudos anteriores^{3,9,12,7,48}, de referir que na técnica de brucos um aumento na VN encontra-se associado ao aumento da FG, mas a um decréscimo superior na DC relativamente aos outros estilos de nado⁹, corroborando a alteração da técnica ao longo dos 200 m³.

A relação entre a ΔDC e a ΔFG refletem a capacidade dos nadadores de manterem a VN ao longo dos 200 m⁶, enquanto que a forte correlação entre a VN e FG, sugerem que a FG é um indicador determinante na organização motora na natação pura desportiva^{9,49}.

Thompson *et al.*¹³ constataram que os nadadores de 200 m brucos com melhores *performances* apresentam uma grande capacidade em manter a velocidade de nado, na média da duração da viragens e partidas, mas nem sempre na articulação das variáveis cinemáticas, ao qual eles apontam como sendo um fator único de nadador para nadador.

Assim, através dos resultados apresentados, podemos indicar que um aumento na FG e DC provoca um aumento na VN em nadadores de elite nacional nos 200 m brucos.

A relação entre as variáveis cinemáticas e a concentração de lactato esteve associada claramente às alterações apresentadas na atividade neuromuscular; desta forma, o aumento dos parâmetros EMG de amplitude e frequência confirmaram o grande envolvimento dos músculos estudados na técnica de brucos, tal como a sua grande contribuição para a propulsão dos membros superiores. Este aumento de amplitude foi também demonstrado em outros tipos de protocolos máximos utilizados em natação, nomeadamente na técnica de *crawl*^{26,28,30}.

Várias correlações negativas foram obtidas entre a frequência e a VN, FG e DC, ou seja, para os músculos BB, TB e PM, verificou-se uma correlação forte entre VN, FG e DC, significando que à medida que as variáveis cinemáticas aumentam a frequência diminui, enquanto para o músculo DA os valores se encontram muito perto de zero em módulo, indicam que alterações nas variáveis cinemáticas não se refletem na frequência deste músculo.

Assim, as grandes correlações apresentadas entre as variáveis cinemáticas e os músculos estudados sugerem que a ativação neuromuscular apresenta uma relação direta com as variáveis cinemáticas, nomeadamente numa diminuição da frequência, nos músculos BB, TB e PM, e para uma elevada amplitude e forte correlação com as variáveis cinemáticas no músculo PM.

CONCLUSÕES

Com base nestes dados, podemos concluir que através da observação de valores de lactatemia elevados obtemos, por sua vez, uma redução da velocidade de nado e da ativação neuromuscular, permitindo-nos indicar que a relação entre as variáveis cinemáticas e EMG são determinantes na observação e avaliação da *performance* em natação pura desportiva. Além disso, pode ser uma forma importante no suporte à prescrição de exercícios de treino da força em seco para o aumento da resistência muscular dos músculos envolvidos na técnica de brucos.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

- Barbosa T, Keskinen K, Fernandes R, Colaço P, Lima A, Vilas-Boas J. Energy cost and intracyclic variation of the velocity of the centre of mass in butterfly stroke. *Eur J Appl Physiol* 2005;93:519-23.
- Vilas-Boas J. Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke techniques. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. 1996. p. 167-171, London: E & FN Spon.
- Takagi H, Sugimoto S, Nishijima N, Wilson B. Differences in stroke phases, arm leg coordination and velocity fluctuation due to event, gender and performance level in breaststroke. *Sports Biomech* 2004;3:15-27.
- Barbosa T, Lima F, Portela A, Novais D, Machado L, Colaço P, et al. Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, Port J Sp Scie 2006;192-4.
- Barbosa T, Marinho D, Costa M, Silva A. Biomechanics of Competitive Swimming Strokes. *Biomech in Appl* 2011;367-88.
- Craig A, Skehan P, Pawelczyk J, Boomer W. Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. *Med Sci Sports Exerc* 1985;7:625-34.
- Craig A, Pendergast DR. Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports* 1979;11:278-83.
- McMurray RG, Deselm RL, Johnston LF. The use of arm stroke index to indicate improvement in swimming training during a competitive season. *J Swim Res* 1990;6:10-5.
- Thompson KG, Haljand R, Lindley M. A comparison of selected kinematic variables between races in national to elite male 200m breaststroke swimmers. *J Swim Res* 2004;16:6-10.
- Maglisho E. *Swimming fastest*. Human Kinetics Champaign, Illinois, 2003.
- D'Aquisto LJ, Costill DL, Gehlson GM, Wong-Tai Young MA, Ang G Lee. Breaststroke swimming economy, skill and performance: study of breaststroke mechanics using a computer based 'velocity video' system. *J Swim Res* 1988;4:9-13.
- Thompson KG, Haljand R, Maclaren D. The relative importance of selected kinematic variables in relation to swimming performance in elite male and elite female 100m and 200 breaststroke swimmer. *J Human Movement Stud* 2000a;39:15-32.
- Thompson KG, Haljand R, Maclaren D. An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100m and 200 breaststroke swimmers. *J Sports Sci* 2000b;18:421-31.
- Leblanc H, Seifert L, Tourny-Chollet C, Chollet D. Intra-cyclic distance per stroke phase, velocity fluctuation and acceleration time ratio of a breaststroke's hip: a comparison between elite and non elite swimmers at different race paces. *Int J Sports Med* 2007;28:140-7.
- Neiva HP, Fernandes R, Vilas-Boas JP. Anaerobic critical velocity in four swimming techniques. *Int J Sports Med* 2011;32:195-8.
- Choi SW, Kurokawa T, Ebisu Y, Kikkawa K, Shiokawa M, Yamasaki M. Effect of wearing clothes on oxygen uptake and ratings of perceived exertion while swimming. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2000;19:167-73.
- Reis V, Marinho D, Barbosa F, Reis A, Guidetti L, Silva A. Examining the accumulated oxygen deficit method in breaststroke swimming. *Eur J App Physiol* 2010;109:1129-35.
- Barbosa T, Bragada J, Reis V, Marinho D, Carvalho C, Silva J. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *J Sci Med Sport* 2010;13:262-9.
- Mouroço P, Keskinen K, Vilas-Boas J, Fernandes R. Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *J Appl Biomech* 2011;27:161-9.
- Grote K, Krollin TL, Gamble JG. Hip abductor injury in competitive swimmers. *Am J Sports Med* 2004;32:104-8.
- Clarys J. The Brussels Swimming EMG project. In: *Swimming Science V*. 1988, p. 157-172, Illinois: Human Kinetics Books.
- Rouard A, Clarys J. Cocontraction in the elbow and shoulder muscles during rapid cyclic movements

- in an aquatic environment. *J Electromyogr Kinesiol* 1995;5:177-83.
23. Clarys JP, Rouard A. The front crawl downstroke: Shoulder protection and/or performance inhibition. *J Sports Med Phys Fitness* 1996;36:121-6.
 24. Caty V, Rouard A, Hintzy Y, Aujoannet Y, Molinari M, Knafitz M. Time- frequency parameters of wrist muscles EMG after an exhaustive freestyle test. *Port J Sp Sci* 2006;6:28-30.
 25. Aujoannet YA, Bonifazi M, Hintzy F, Vuillerme N, Rouard AH. Effects of a high-intensity swim test on kinematic parameters in high-level athletes. *Appl Biomech Phys Nutr Met* 2006;31:150-8.
 26. Stirn I, Jarm T, Kapus V, Strojnik V. Evaluation of muscle fatigue during 100-m front crawl. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:101-13.
 27. Figueiredo P. Biophysical Analysis of the 200 m Front Crawl – Interplay between the biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors. Doctoral Thesis in Sport Sciences. Centre of Research, Education, Innovation and Intervention in Sport Faculty of Sport, University of Porto, 2011.
 28. Monteil KM, Rouard AH, Dufour AB, Troup JP. EMG of the shoulder muscles during an exhaustive front crawl test realised in a flume. In: XIV I.S.B. Congress 1993 (pp. 896-897).
 29. Rouard AH, Billat RP, Deschodt V, Clarys JP. Muscular activations during repetitions of sculling movements up to exhaustion in swimming. *Arch Physiol Biochem* 1997;105:655-62.
 30. Wakayoshi K, Moritani T, Mutoh Y, Miyashita M. Electromyographic evidence of selective muscle fatigue during competitive swimming. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richardson AB (eds) *Medicine and Sport Science*. 1994;16-23.
 31. Conceição A, Gamboa H, Palma S, Araújo T, Nunes N, Marinho D, et al. Comparison between the standard average muscle activation with the use of snorkel and without snorkel in breaststroke technique. In: XI International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming, Oslo. Abstract Book. 2010, pp. 46-7.
 32. Ruwe PA, Pink M, Jobe FW, Perry J, Scovazzo ML. The normal and the painful shoulders during the breaststroke. Electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med* 1994;22:789-96.
 33. Nuber GW, Jobe FW, Perry J, Moynes DR, Antonelli D. Fine wire electromyography analysis of muscles of the shoulder during swimming. *Am J Sports Med* 1986;14:7-11.
 34. Harriss DJ, Atkinson G. Ethical standards in sport and exercise science research. *Int J Sports Med* 2009;30:701-2.
 35. DeLeva P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *J Biomech* 1996;29:1223-30.
 36. Hirata RP, Duarte M. Effect of relative knee position on internal mechanical loading during squatting. *Braz J Phys Ther* 2007;11.
 37. Barbosa T, Bragada J, Reis V, Marinho D, Carvalho C, Silva J. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *J Sci Med Sports* 2010;13:262-9.
 38. Colman V, Persyn U, Daly D, Stijnen V. A comparison of the intra-cyclic velocity variation in breaststroke swimmers with flat and undulating styles. *J Sports Sci* 1998;16:653-65.
 39. Abdel-Aziz Y, Karara H. Direct linear transformation: from comparator coordinates into object coordinates in close range photogrammetry. In: *Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry* (pp. 1-18). Illinois: Church Falls, 1971.
 40. Winter D. (1990). *Biomechanic and motor control of human movement*. Chichester: John Wiley and sons.
 41. Hermens HJ, Freriks B. European recommendations for surface electromyography, results of the SENIAM project (CDrom). Roessingh Research and Development, Enschede; 1999.
 42. Basmajian V, De Luca C. *Muscles Alive*. Williams and Wilkins: Baltimore, USA; 1985.
 43. Hohmann A, Kirsten R, Kruger T. EMG-Model of the Backstroke Start Technique. In: J.P., Vilas Boas, F., Alves, A., Marques (eds), *X International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. *Port J Sp Scie* 2006;6:38-9.
 44. Proakis JG, Manolakis DG. *Digital Signal Processing* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall), 1996.
 45. Oliveira MF, Caputo F, Lucas RD, Denadai BS, Greco CC. Physiological and Stroke Parameters to assess aerobic capacity in swimming. *Int J Sports Physiol Perform* 2012;7:218-23.
 46. Lomax, M. The effect of three recovery protocols on blood lactate clearance following race paced swimming. *J Strength Cond Res* 2012;26:2771-6.
 47. Capelli C, Pendergast DR, Termin B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Phys* 1998;78:385-93.
 48. Silva A. The importance of the variance of the velocity of the center of mass of the body of a swimmer in breaststroke technique. (Unpublished doctoral dissertation) University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 2001.
 49. Albery M, Sidney M, Huot-Marchand F, Hespel JM, Pelayo P. Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *Int J Sports Med* 2005;26:471-5.