



## FORÇA PROPULSIVA EFETIVA DURANTE UM PALMATEIO DE SUSTENTAÇÃO – UM ESTUDO DE CASO

Lara Elena Gomes

Universidade Federal do Vale do São Francisco – Brasil

Victor Wigner Tremea

Ricardo Peterson Silveira

Flávio Antônio de Souza Castro

Jefferson Fagundes Loss

Universidade Federal do Rio Grande Sul – Brasil

**Resumo:** A análise da força propulsiva efetiva em cada fase do palmateio pode ajudar na melhora da técnica desse gesto. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi descrever o comportamento da força propulsiva efetiva gerada por um palmateio de sustentação (na posição vertical de cabeça para cima) em cada fase desse gesto. Para isso, a um nadador foi solicitado que realizasse palmateio durante sete segundos, enquanto sistemas de videogrametria e dinamometria registravam dados cinemáticos e cinéticos do gesto, respectivamente. Analisaram-se três ciclos de palmateio, e cada ciclo foi dividido em quatro fases (*in-sweep*, transição do *in-sweep* para o *out-sweep*, *out-sweep*, transição do *out-sweep* para o *in-sweep*). Coeficientes de variação mostraram uma diferente variação da força propulsiva efetiva entre as fases do palmateio, porém o valor da força foi quase constante ao longo das fases (em torno de 9,5 N), uma vez que pequenos desvios padrão e coeficientes de variação foram encontrados.

**Palavras-chave:** propulsão; natação; nado sincronizado.

### INTRODUÇÃO

No nado sincronizado, no polo aquático e na natação, é realizado um movimento denominado palmateio, o qual, geralmente, desenha a figura de um oito ou uma forma oval e é executado com as mãos e com os braços (HOMMA; HOMMA, 2006; ITO, 2006). De acordo com Arellano, Terrés-Nicoli e Redondo (2006), esse gesto é composto por quatro porções cinemáticas: duas fases de translação (*in-sweep* e *out-sweep*) e duas fases de rotação (fases de transição em que as mãos fazem uma rotação e mudam de direção). Esse movimento se caracteriza como uma ação propulsiva que tem como objetivo primordial gerar sustentação, podendo também gerar deslocamento.

No nado sincronizado, o palmateio é executado com o intuito de sustentar e deslocar o corpo sobre a água durante a realização de posições e figuras. No polo aquático, esse gesto é executado a fim de ajudar a sustentar e a deslocar o corpo sobre a água. Já na natação, palmateio pode ser realizado nas braçadas dos nados competitivos (BROWN; COUNSILMAN, 1971; BERGER; HOLLANDER; GROOT, 1999) e também como exercício técnico durante o treinamento. Não obstante, independentemente do objetivo desse gesto, a sustentação e o deslocamento do corpo – proporcionados pelo palmateio – são resultado das forças hidrodinâmicas de arrasto e sustentação. A soma dessas forças é igual a uma força propulsiva, em que a componente

que atua na direção do movimento desejado caracteriza-se como força propulsiva efetiva (PAYTON; BARTLETT, 1995; GOURGOULIS et al., 2008). Por exemplo, em um palmateio executado na posição vertical (de cabeça para cima), a força propulsiva efetiva é vertical para cima, agindo sobre o praticante, já que essa força deve ser aplicada para contrapor a tendência do corpo de afundar (BARTHELIS, 1979).

Como descrito por Pochon, Arellano e Arráez (2007), para melhorar a propulsão no palmateio, é importante avaliar o movimento de forma qualitativa e também analisar de forma quantitativa as forças hidrodinâmicas geradas por meio da interação da mão com a água. Dessa forma, Rostkowska, Habiera e Antosiak-Cyrak (2005), Homma e Homma (2006), Pochon, Arellano e Arráez (2007) e Gomes e Loss (2010) analisaram dados cinemáticos do palmateio, enquanto Diogo et al. (2010) analisaram as forças envolvidas nesse movimento. O único estudo encontrado que avaliou não só a cinemática, mas também a cinética do palmateio foi o trabalho de Schleihauf (1979). No entanto, este não forneceu informações sobre as fases do palmateio associadas à força propulsiva efetiva gerada. Isso acaba limitando a análise dos seus resultados, visto que a compreensão dessa força em cada fase do gesto é muito importante para verificar as fases em que há maior ou menor força propulsiva efetiva sendo aplicada e, assim, intervir de modo mais objetivo na execução da técnica.

Conhecendo os valores de força propulsiva efetiva em cada fase, seria possível fazer uma intervenção com o intuito de otimizar a força propulsiva efetiva naquelas fases, por exemplo, em que essa força apresenta menores valores. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi descrever o comportamento da força propulsiva efetiva gerada por um palmateio de sustentação (na posição vertical de cabeça para cima) em cada fase desse gesto.

## MÉTODOS

### Coleta dos dados

A amostra foi composta por um ex-nadador do sexo masculino (23 anos; 1,83 m; 69,2 kg), experiente na realização de palmateios como exercício técnico. Após ser esclarecido sobre o trabalho, ele assinou um termo de consentimento. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética da universidade onde foi realizado (Parecer n. 2008156).

### Dados cinemáticos

A coleta ocorreu em uma piscina de 25 m coberta. Toda a coleta dos dados cinemáticos foi realizada dentro de um volume determinado por um cubo de calibração (0,80 m × 0,80 m × 0,80 m). O eixo z do calibrador correspondeu ao eixo vertical do participante; o eixo y do calibrador, ao eixo médio-lateral do participante; e o eixo x, ao eixo antero posterior do participante. Um par de câmeras (Sanyo Dual Camera Waterproof VPC – WH1, com taxa de amostragem de 30 Hz, resolução de 1.280 × 720 pixels e shutter speed de 1/500) foi posicionado em direção ao plano sagital direito do indivíduo.

Um marcador reflexivo foi posicionado sobre a falange proximal do quinto dedo para determinar as fases do palmateio. Cartões de memória foram usados nas câmeras para gravar o deslocamento do marcador reflexivo. A acurácia da coleta dos dados cinemáticos foi determinada de acordo com Barros et al. (2006), em que a distância entre dois marcadores reflexivos posicionados sobre um segmento rígido foi calculada por meio da posição tridimensional desses pontos obtida pela digitalização e reconstrução 3D ao longo de dez campos. Em terra, utilizando uma fita métrica com resolução de 0,01 m, verificou-se a distância entre esses marcadores. Na distância verificada pela fita métrica, considerou-se a distância real entre os marcadores; a outra foi considerada como calculada. A acurácia foi calculada a partir da raiz quadrada da soma dos quadrados da diferença entre a distância real e a distância média calculada e do desvio padrão da distância média calculada e foi igual a 0,004 m.

### Dados cinéticos

Primeiramente, uma célula de carga (modelo ZX 250 Alfa Instrumentos – SP – com sensibilidade de 2 mV/V e capacidade para 2.500 N) foi utilizada para medir os valores de força. Uma extremidade da célula

de carga foi presa a uma barra de ferro (de 10 kg) posicionada no fundo da piscina, e duas anilhas (de 10 kg cada uma) foram presas em cada lado da barra. Na outra extremidade, colocou-se um tubo elástico, o qual foi preso em um cinto de tecido colocado em volta da cintura do participante. Um equipamento Miotec (Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda.) estava ligado à célula de carga e a um computador pessoal. Para o registro da força, o *software* Miograph foi utilizado. A taxa de amostragem da dinamometria foi de 2.000 Hz.

Com o intuito de verificar a acurácia da dinamometria, em terra, pesos conhecidos foram aplicados sob forma de tração na célula de carga. Os valores medidos e reais foram plotados, e estabeleceu-se a linearidade da curva por meio do coeficiente de determinação, o qual foi igual a 0,9996.

Além disso, como a coleta envolveu a aquisição de dados cinemáticos e cinéticos de forma independente, foi necessário utilizar um sistema eletrônico de sincronização. Este consistiu em um circuito eletrônico, o qual estava conectado ao equipamento Miotec. Quando o sistema eletrônico de sincronização foi acionado, forneceram-se, simultaneamente, um sinal elétrico – observado no *software* Miograph – e um sinal luminoso – observado nas câmeras –, o que permitiu a sincronização entre esses dois sistemas de medida e entre as câmeras (LOSS et al., 1997).

### **Procedimentos de aquisição**

Com as câmeras dispostas dentro da piscina, o calibrador foi colocado na região em que o participante seria posicionado posteriormente. Esse calibrador foi gravado por todas as câmeras. Após isso, com a célula de carga em repouso no fundo da piscina, mediram-se valores de força durante 15 s, com o intuito de estabelecer o referencial zero quando a força a ser mensurada ainda não estava atuando sobre a célula de carga.

Depois disso, fora da piscina, foram posicionados um cinto de tecido em volta da cintura do participante e um marcador reflexivo sobre a falange proximal do quinto dedo. O nadador foi instruído a entrar na piscina e, com auxílio de duas outras pessoas, nesse cinto foram presas as duas extremidades do tubo elástico, o qual estava preso em uma extremidade da célula de carga.

Prendendo o participante à célula de carga, ele realizou 15 s de palmateio de sustentação na posição vertical (de cabeça para cima com a superfície da água na altura dos ombros), com o intuito de familiarizar o indivíduo com a situação da coleta. Depois disso, ele descansou por 3 minutos, permanecendo sobre um redutor de profundidade, para evitar qualquer efeito de fadiga sobre os resultados.

Completado o intervalo de descanso, o participante foi posicionado novamente no volume de calibração, e pediu-se que ele executasse 7 s de palmateio de sustentação na posição vertical (de cabeça para cima com a superfície da água na altura dos ombros), com a máxima força possível para subir o corpo.

### **Análise dos dados**

A digitalização do marcador reflexivo e a reconstrução tridimensional das coordenadas foram realizadas no *software* Digital Video for Windows (Dvideow) (FIGUEROA; LEITE; BARROS, 2003). Todos os outros procedimentos para a análise dos dados foram realizados no *software* Matlab (versão 7.1).

### **Análise cinemática**

Antes de iniciar a digitalização, foi escolhida a opção de desentrelaçar em duas imagens no *software* Dvideow, assim, a taxa de amostragem dobrou (na análise: 60 Hz). Após a digitalização do ponto anatômico de interesse durante os três últimos ciclos consecutivos coletados, as coordenadas tridimensionais foram obtidas por meio do método DLT no mesmo *software*, considerando o sinal luminoso observado nas câmeras. Esses dados foram filtrados com um filtro passa baixa Butterworth de ordem sete, e a frequência de corte foi determinada por meio da análise residual proposta por Winter (2005).

Com as coordenadas filtradas, realizou-se a normalização do tempo para cada um dos três ciclos digitalizados, ou seja, em cada ciclo, 100 valores representaram a variação da posição do marcador posicionado sobre a falange proximal do quinto dedo no ciclo em função do tempo (de 1% a 100%). Dessa forma, estimaram-se a média e seu respectivo desvio padrão para a variação da posição do marcador nos três ciclos analisados, isto é, calcularam-se a média e o desvio padrão da variação da posição do marcador ao longo dos três ciclos nas direções vertical, anteroposterior e médio-lateral no tempo normalizado 1%, no tempo normalizado 2% e, assim, sucessivamente. Desse modo, foi calculado um ciclo que representava a média do comportamento dos três ciclos, sendo essa média utilizada para as análises.

Em seguida, cada ciclo foi dividido em quatro fases: 1. *in-sweep* (varredura para dentro); 2. transição do *in-sweep* para o *out-sweep*; 3. *out-sweep* (varredura para fora); 4. transição do *out-sweep* para o *in-sweep* conforme Homma e Homma (2006) e Arellano, Terrés-Nicoli e Redondo (2006). Para isso, a variação da posição do marcador posicionado sobre a falange proximal do quinto dedo nos eixos vertical e médio-lateral em relação ao sistema de referência global (calibrador) foi utilizada para estabelecer as fases. Esses eixos foram escolhidos por causa da posição do indivíduo em relação ao calibrador.

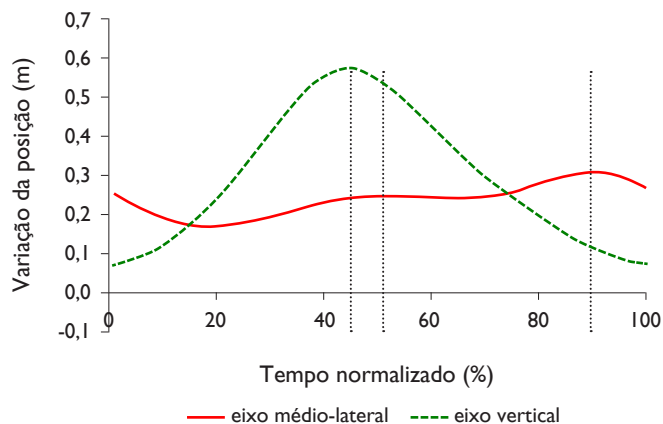
De acordo com o Gráfico 1, as fases foram estabelecidas utilizando os seguintes critérios: 1. o *in-sweep* iniciou no tempo normalizado de 1% em que a posição do marcador era mais próxima da origem (mão mais afastada do corpo) e terminou no tempo normalizado de 44% quando a posição do marcador atingia o máximo em relação ao eixo médio-lateral (mão mais próxima à linha média do corpo); 2. a fase de transição do *in-sweep* para o *out-sweep* ocorreu entre os picos da posição do marcador em relação aos eixos médio-lateral e vertical (do tempo normalizado de 45% a 50%); 3. o *out-sweep* ocorreu entre dois picos da posição do marcador em relação ao eixo vertical (do tempo normalizado de 51% a 89%); 4. a fase de transição do *out-sweep* para o *in-sweep* ocorreu entre o último pico da posição do marcador em relação ao eixo vertical e a posição mais próxima da origem em relação ao eixo médio-lateral (do tempo normalizado de 90% a 100%).

### Análise cinética

Os valores medidos pela célula de carga foram filtrados por meio de um filtro passa baixa Butterworth de ordem sete, e a frequência de corte foi determinada por meio da análise residual proposta por Winter (2005), obtendo a força propulsiva efetiva.

### Gráfico 1

Média da variação da posição do marcador nos eixos médio-lateral e vertical em relação ao sistema de referência global pelo tempo normalizado. As linhas pontilhadas verticais delimitam as fases do ciclo: *in-sweep* (de 1% a 44%), fase de transição do *in-sweep* para o *out-sweep* (de 45% a 50%), *out-sweep* (de 51% a 89%) e fase de transição do *out-sweep* para o *in-sweep* respectivamente (de 90% a 100%).



Fonte: Elaborado com base no resultado do estudo.

Os valores de força propulsiva efetiva foram subamostrados, visto que a taxa de amostragem dos dois sistemas de medidas foram diferentes. Com os valores de força subamostrados, foi possível normalizar o tempo para cada um dos três ciclos analisados também para os dados cinéticos. Dessa forma, assim como o dado cinemático ilustrado no Gráfico 1, uma força efetiva média e seu respectivo desvio padrão foram calculados para os três ciclos analisados. Assim, foi encontrado um ciclo que representava a média do comportamento da força efetiva dos três ciclos, sendo essa média utilizada para as análises.

**Procedimentos estatísticos**

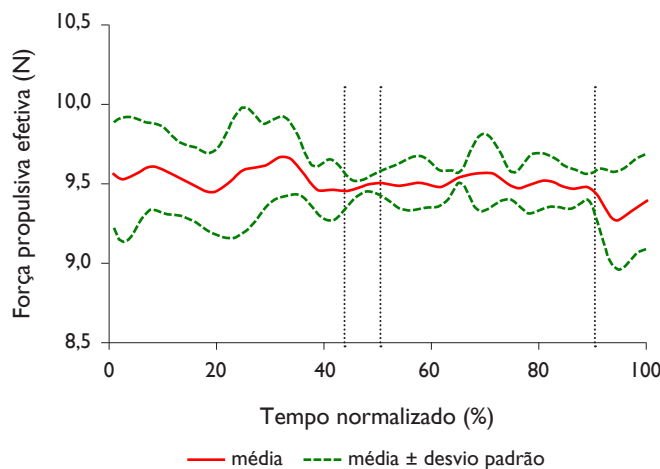
Utilizou-se estatística descritiva, com valores de média e de desvio padrão para a variável investigada (força propulsiva efetiva) para cada fase do palmateio. Além disso, calcularam-se coeficientes de variação com a finalidade de verificar em quais fases a variação da força propulsiva efetiva foi maior.

**RESULTADOS**

O Gráfico 2 ilustra o comportamento médio da força propulsiva efetiva dos três ciclos analisados ao longo das fases do palmateio. A Tabela 1 exibe os valores de média, de desvio padrão e do coeficiente de variação da mesma variável em cada ciclo do palmateio.

**Gráfico 2**

Média e média ± desvio padrão da força propulsiva efetiva dos três ciclos consecutivos analisados em relação ao tempo normalizado. As linhas pontilhadas verticais delimitam as fases do ciclo: *in-sweep* (de 1% a 44%), fase de transição do *in-sweep* para o *out-sweep* (de 45% a 50%), *out-sweep* (de 51% a 89%) e fase de transição do *out-sweep* para o *in-sweep* respectivamente (de 90% a 100%).



**Fonte:** Elaborado com base no resultado do estudo.

**Tabela 1**

Valores de média, desvio padrão (DP) e de coeficiente de variação (CV) da força propulsiva efetiva dos três ciclos analisados para cada fase do palmateio.

Fases	Média (N)	DP (N)	CV (%)
<i>In-sweep</i>	9,54	0,07	0,71
Fase de transição do <i>in-sweep</i> para o <i>out-sweep</i>	9,48	0,02	0,21
<i>Out-sweep</i>	9,51	0,03	0,32
Fase de transição do <i>out-sweep</i> para o <i>in-sweep</i>	9,35	0,06	0,66

**Fonte:** Elaborada com base nos dados do estudo.

## DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo de caso foi descrever o comportamento da força propulsiva efetiva gerada por um palmateio de sustentação (na posição vertical de cabeça para cima) em cada fase desse gesto. No Gráfico 2, pode ser observado que o nadador gerou uma força propulsiva efetiva com uma maior oscilação no *in-sweep*. Já na fase de transição do *in-sweep* para o *out-sweep*, o comportamento da força pareceu ser mais uniforme (Gráfico 2). Já no *out-sweep*, a força também apresentou um comportamento oscilatório, porém não foi tão evidente quanto no *in-sweep* (Gráfico 2). No início da fase de transição do *out-sweep* para o *in-sweep*, a força apresentou uma diminuição, a qual foi seguida por um leve aumento (Gráfico 2).

Esse comportamento da força propulsiva efetiva pode ser confirmado por meio do coeficiente de variação calculado para cada fase (Tabela 1), em que a força apresenta uma maior e menor variação, respectivamente, no *in-sweep* e na fase de transição do *in-sweep* para o *out-sweep*. É importante destacar que, apesar de existirem diferentes variações da força propulsiva efetiva entre as fases do palmateio, a Tabela 1 e o Gráfico 2 mostram que o valor dessa força foi quase constante ao longo das fases (em torno de 9,5 N), o que justifica os pequenos desvios padrão e baixos coeficientes de variação encontrados.

Schleihauf (1979), ao analisar um palmateio de sustentação na posição vertical (de cabeça para cima) executado por um nadador, encontrou uma força propulsiva efetiva que variava entre 3 e 15 libras (em torno de 13,3 e 66,6 N, respectivamente), sendo a média igual a 7,7 libras (em torno de 34,2 N). Dessa forma, pode ser observado que o nadador que participou do estudo de Schleihauf (1979) apresentou uma maior oscilação na força propulsiva efetiva que o nadador deste estudo. Contudo, deve ser reforçado que a maneira de obter a força propulsiva efetiva entre os dois estudos foi diferente, visto que Schleihauf (1979) calculou essa força, enquanto este estudo a mediu, e isso pode justificar, principalmente, a diferença da variabilidade entre os valores encontrados.

Ainda, como pode ser observado na Tabela 1, na última fase – transição do *out-sweep* para o *in-sweep* –, a força propulsiva efetiva média apresentou um valor inferior (9,35 N) que nas outras fases (aproximadamente 9,5 N). Por isso, seria interessante melhorar a aplicação da força propulsiva efetiva nessa última fase.

Para complementar esse achado, Matsuuchi et al. (2009), ao analisarem o comportamento do fluxo durante a braçada do *crawl*, destacaram que uma atenção especial deve ser dada às fases de transição da braçada, porque uma grande força pode ser aplicada nessas fases por meio de mecanismos instáveis, como a formação de vórtices. Com base nisso e pelo fato de o nadador deste estudo ter aplicado uma menor força propulsiva efetiva em uma fase de transição, torna-se explícito que essa fase de transição (*out-sweep* para o *in-sweep*) deve ser melhorada com o intuito de aumentar a força propulsiva efetiva.

Não obstante, para realizar uma intervenção com o intuito de melhorar a aplicação da força propulsiva efetiva, é necessário conhecer e analisar as variáveis que a afetam, tais como o ângulo de ataque, a velocidade escalar, a aceleração da mão e a área projetada da mão na direção das forças de arrasto e de sustentação (SANDERS, 1999; GOURGOULIS et al., 2008). O ângulo de ataque, ângulo formado entre o plano da mão e o vetor velocidade da mão (PAYTON; BARTLETT, 1995; LAUDER; DABNICHKI; BARTLETT, 2001), pode indicar qual força contribui mais para a geração da força propulsiva, isto é, um ângulo de ataque mais próximo de 90° indica que a força de arrasto predomina, enquanto um ângulo em torno de 40° indica que a força de sustentação é muito importante para o desenvolvimento da força propulsiva (SCHLEIHAUF, 1979; SANDERS, 1999; BIXLER; RIEWALD, 2002). Dessa maneira, uma mudança no ângulo de ataque pode alterar a proporção entre as forças de sustentação e de arrasto durante o palmateio, assim como modificar o quanto dessas forças é aplicado na direção do movimento desejado, ou seja, o quanto dessas forças contribui para a força propulsiva efetiva.

Isso também é válido em relação à área da mão projetada na direção das forças de arrasto e sustentação. Por isso, como o palmateio é caracterizado por uma importante aplicação da força hidrodinâmica de susten-



tação (BARTHELIS, 1979; ITO, 2006; ARELLANO, TERRÉS-NICOLI; REDONDO, 2006), aumentar a área da mão na direção da força de sustentação, junto com um ângulo de ataque que proporcione uma combinação ótima das forças de arrasto e sustentação, pode contribuir para aumentar a força propulsiva efetiva.

Além disso, a velocidade escalar e a aceleração da mão também podem contribuir para melhorar a força propulsiva efetiva, visto que as forças são proporcionais à aceleração e ao quadrado da velocidade escalar da mão (SANDERS, 1999). Dessa forma, o aumento dessas variáveis, no palmateio, vai implicar um aumento das forças, ou seja, um aumento na força propulsiva (somatório das forças de arrasto e sustentação). No entanto, deve ser reforçado que esse aumento ou uma mudança no ângulo de ataque ou na área projetada da mão na direção das forças em nada valerá se a contribuição na direção desejada dessas forças não aumentar. Por exemplo, o objetivo do palmateio analisado era gerar uma força propulsiva efetiva vertical para cima, porque essa força deve ser aplicada para contrapor a tendência do corpo de afundar (BARTHELIS, 1979), por isso, não adiantaria aumentar a força propulsiva nas outras direções. Logo, um aumento na força propulsiva não necessariamente proporciona uma melhora na força propulsiva efetiva, e isso deve ser cuidado durante o treinamento de ações propulsivas na natação, no polo aquático e no nado sincronizado.

Para atletas de natação e de polo aquático, não seria interessante só aumentar a força propulsiva efetiva em todas as fases do palmateio, mas também aumentar naquelas fases em que essa força é menor quando comparada com as outras fases, otimizando, dessa maneira, a força propulsiva efetiva gerada. No nado sincronizado, as atletas devem ser hábeis em controlar essa força, de modo que consigam evitar uma oscilação da posição vertical do corpo. Por exemplo, quando uma praticante de nado sincronizado realiza um giro de 180° na posição vertical com um joelho flexionado (Figura 1a), ela deve conseguir aplicar uma força propulsiva constante por meio do palmateio para não oscilar a sua altura durante o giro. No entanto, se essa praticante executa uma figura em que existe uma diminuição da força de empuxo, ou seja, uma perna, por exemplo, saiu da água (Figura 1b), mas a altura de execução da figura deve ser mantida, é desejado que uma força propulsiva efetiva aumente ao mesmo tempo que o empuxo diminui. Logo, a análise da força propulsiva efetiva somada à análise cinemática tornam-se importantes à medida que possibilitam verificar em quais fases do palmateio a aplicação dessa força deve ser melhorada.

### Figura 1

(a) Parte da figura “Albatroz”: da posição vertical com joelho flexionado, a atleta deve girar 180°, mantendo a altura da posição. (b) Parte da figura “Passo à frente”: da posição carpada, a atleta deve subir uma perna para passar pela posição conhecida como guindaste.



Fonte: Hercowitz (2004).

Esta investigação compreendeu um estudo de caso. Por isso, sugere-se que a força propulsiva efetiva seja medida em mais atletas (de natação, de polo aquático e de nado sincronizado), com o intuito de observar se praticantes da mesma modalidade apresentam uma força propulsiva efetiva maior ou menor nas mesmas fases ou se isso varia de indivíduo para indivíduo. Por exemplo, de acordo com Homma e Homma (2006), atletas

de elite de nado sincronizado aplicam uma maior força no *out-sweep*, visto que maiores ângulos de ataque da mão foram encontrados no *out-sweep*, assim como essa fase apresentou um tempo maior que o *in-sweep*. No entanto, Homma e Homma (2006) não mediram a força aplicada pela mão, o que pode dificultar a relação das variáveis analisadas com essa força.

Além disso, seria muito interessante medir a força propulsiva efetiva juntamente com as variáveis que a afetam. Isso tornaria possível realizar intervenções de forma mais consistente, já que as variáveis como ângulo de ataque, área projetada da mão nas direções das forças, velocidade escalar e a aceleração da mão são fundamentais para compreender o comportamento da força propulsiva efetiva.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nadador deste estudo gerou uma força propulsiva efetiva com uma maior oscilação no *in-sweep*; na fase de transição do *in-sweep* para o *out-sweep*, o comportamento dessa força pareceu ser mais uniforme; no *out-sweep*, a força também apresentou um comportamento oscilatório, porém não foi tão evidente quanto no *in-sweep*; no fim do *out-sweep* e início da fase de transição do *out-sweep* para o *in-sweep*, a força apresentou uma diminuição, a qual foi seguida por um leve aumento nessa última fase de transição. É importante destacar que, apesar de existirem diferentes variações da força propulsiva efetiva entre as fases do palmateio, o valor da força propulsiva efetiva foi quase constante ao longo das fases (em torno de 9,5 N), o que justifica os pequenos desvios padrão e, conseqüentemente, os baixos coeficientes de variação encontrados.

## EFFECTIVE PROPULSIVE FORCE DURING A SUPPORT SCULL – A CASE STUDY

**Abstract:** The effective propulsive force analysis in each phase of sculling motion may help improving the technique of this movement. Thus, the purpose of this study was to describe the behavior of the effective propulsive force produced by support scull (in a vertical position with head above the water's surface) in each phase of this movement. For this, one swimmer was asked to perform the sculling motion during seven seconds, while videogrammetry and dynamometry were used in order to measure kinematic and kinetic data, respectively. Three cycles of sculling motion were analyzed and each cycle was divided into four phases (in-sweep, transition phase from in-sweep to out-sweep, out-sweep and transition phase from out-sweep to in-sweep). Coefficients of variation showed a different variation of the effective propulsive force between the phases of the sculling motion, however the value of the force was almost constant during the phases (around 9.5 N), since low standard deviation and coefficient of variance were found.

**Keywords:** propulsion; swimming; synchronized swimming.

## REFERÊNCIAS

ARELLANO, R.; TERRÉS-NICOLI, J.; REDONDO, J. Fundamental hydrodynamics of swimming propulsion. *Portuguese Journal of Sports Sciences*, Porto, v. 6, Suppl. 2, p. 15-20, June 2006.



- BARROS, R. et al. A method to synchronise video cameras using the audio band. **Journal of Biomechanics**, Durham, v. 39, n. 4, p. 776-780, 2006.
- BARTHEL, K. The mechanism for body propulsion in swimming. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BIOMECHANICS IN SWIMMING, 3., 1979, Edmonton. **Proceedings...** Edmonton: Terauds and Bedingfield, 1979. p. 45-54.
- BERGER, M.; HOLLANDER, P.; GROOT, G. Determining force in front crawl swimming: a comparison of two methods. **Journal of Sports Sciences**, Abingdon, v. 17, n. 2, p. 97-105, Feb. 1999.
- BIXLER, B.; RIEWALD, S. Analysis of a swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computational fluid dynamics. **Journal of Biomechanics**, Durham, v. 35. n. 5, p. 713-717, May 2002.
- BROWN, R.; COUNSILMAN, J. The roll of lift propelling the swimmer. In: C. I. C. SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS, 1971, Chicago. **Proceedings...** Chicago: Athletic Institute, 1971. p. 179-188.
- DIOGO, V. et al. Tethered force production in standard and contra-standard sculling in synchronized swimming. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 11., 2010, Oslo. **Proceedings...** Oslo: Nordberg Trykk, 2010. p. 67-69.
- FIGUEROA, P.; LEITE, N.; BARROS, R. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, Uppsala, v. 72, n. 2, p. 155-165, Oct. 2003.
- GOMES, L.; LOSS, J. Attack angle, resultant speed and acceleration of the hand and vertical acceleration of the greater trochanter during sculling motion: a case study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 11., 2010, Oslo. **Proceedings...** Oslo: Nordberg Trykk, 2010. p. 95.
- GOURGOULIS, V. et al. Estimation of hand forces and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. **Journal of Biomechanics**, Durham, v. 41, n. 1, p. 208-215, 2008.
- HERCOWITZ, S. (Org.). **VII manual de ensino do nado sincronizado**. Rio de Janeiro: CBDA, 2004.
- HOMMA, M.; HOMMA, M. Support scull techniques of elite synchronized swimmers. **Portuguese Journal of Sports Sciences**, Porto, v. 6, Suppl. 2, p. 220-223, June 2006.
- ITO, S. Fundamental fluid dynamic research on configuration of the hand palm in synchronized swimming. **Portuguese Journal of Sports Sciences**, Porto, v. 6, Suppl. 2, p. 45-48, June 2006.
- LAUDER, M. A.; DABNICHKI, P.; BARTLETT, R. M. Improved accuracy and reliability of sweepback angle, pitch angle and hand velocity calculations in swimming. **Journal of Biomechanics**, Durham, v. 34, n. 1, p. 31-39, Jan. 2001.
- LOSS, J. et al. Sincronismo entre cinemetria e eletromiografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 7., 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. p. 453-456.
- MATSUUCHI, K. et al. Unsteady flow field around a human hand and propulsive force in swimming. **Journal of Biomechanics**, Durham, v. 42, n. 1, p. 42-47, Jan. 2009.
- PAYTON, C. J.; BARTLETT, R. M. Estimating propulsive forces in swimming from three-dimensional kinematic data. **Journal of Sports Sciences**, Abingdon, v. 13, n. 6, p. 447-454, Dec. 1995.
- POCHON, A.; ARELLANO, R.; ARRÁEZ, J. A. Analysis of a 3D sculling path in a vertical body position under different load conditions. In: ARELLANO, R. et al. **Swimming science**. Granada: Editorial Universidad de Granada, 2007. v. 1, p. 239-244.

ROSTKOWSKA, E.; HABIERA, M.; ANTOSIAK-CYRAK, K. Angular changes in the elbow joint during underwater movement in synchronized swimmers. **Journal of Human Kinetics**, Katowice, v. 14, p. 51-66, Dec. 2005.

SANDERS, R. Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v. 15, n. 1, p. 3-27, Feb. 1999.

SCHLEIHAUF, R. A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BIOMECHANICS IN SWIMMING, 3., 1979, Edmonton. **Proceedings...** Edmonton: Terauds and Bedingfield, 1979. p. 70-109.

WINTER, D. Kinematics. In: WINTER, D. **Biomechanics and motor control of human movement**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2005. p. 13-58.

#### **Contato**

Lara Elena Gomes  
Avenida José de Sá Maniçoba, s/n, Centro  
Petrolina – PE – Brasil – CEP 56304-917  
E-mail: lara.gomes@univasf.edu.br

#### **Tramitação**

Recebido em 27 de agosto de 2010  
Aceito em 9 de fevereiro de 2011