

Análise da simetria de força na braçada do nado peito

<http://dx.doi.org/10.11606/1807-5509201700010041>

Rafaela Grübel WERLANG*
Suzana Matheus PEREIRA*
Caroline RUSCHEL*
Gustavo Soares PEREIRA*
Ana Paula Moratelli PRADO*
Gustavo Ricardo SCHÜTZ**
Helio ROESLER*

*Centro de Ciências da Saúde e do Esporte, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

**Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo analisar a simetria da força aplicada durante a braçada do nado peito e a sua relação com o desempenho de nadadores. Participaram do estudo 17 nadadores especialistas em nado peito e medley (12 homens e 5 mulheres, $19,5 \pm 5,2$ anos, melhor tempo pessoal correspondente a $73,4 \pm 7,0$ % do recorde mundial dos 50 m peito). Cada sujeito realizou três repetições de 25 m peito em máxima velocidade. Sensores de pressão do Sistema Aquanex foram posicionados na mão direita e na mão esquerda dos nadadores, possibilitando a aquisição das variáveis Força Média (F_{med}) e Força Máxima (F_{max}). Calculou-se o índice de simetria conforme proposto por Sanders e utilizou-se o tempo de uma execução de 50 m peito em velocidade máxima (T_{50m}) como indicador de desempenho. A comparação das variáveis entre a mão direita e a mão esquerda foi realizada através de testes para amostras dependentes, e a relação entre as variáveis foi investigada através da correlação de Spearman ($p < 0,05$). A F_{med} aplicada foi de $47,9 \pm 16,7$ N e de $47,9 \pm 14,5$ N para as mãos direita e esquerda, respectivamente. A F_{max} correspondeu a $120,7 \pm 43,6$ N e $112,8 \pm 35,7$ N para as mãos direita e esquerda, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas quando comparadas as mãos direita e esquerda. Uma análise individual e descritiva das variáveis permitiu observar assimetrias de até 30,6% para a F_{med} e de até 35,9% para a F_{max} . Entretanto, parece não haver relação entre os índices de simetria com o desempenho no nado peito em 50 m.

PALAVRAS-CHAVE: Natação; Biomecânica; Desempenho.

Introdução

O objetivo de um nadador competitivo é nadar a distância completa de sua prova de acordo com as regras no menor tempo possível, levando em consideração tanto a distância percorrida, quanto o tempo no percurso da prova, devendo atingir a maior velocidade média que for capaz¹. Para atingir esse objetivo, é necessário um aprimoramento de aspectos técnicos e físicos objetivando aumentar a capacidade propulsiva do nadador, e também diminuir a resistência ao deslocamento.

Parece evidente, portanto, que a força propulsiva é um importante determinante do desempenho em natação², e a sua medição pode fornecer indicativos sobre a efetividade da técnica³. A estimação da força propulsiva tem sido objeto de análise dos biomecânicos do esporte há alguns anos, através de

diferentes métodos como o nado atado^{2,4-5}, a análise de vídeo tridimensional⁶, a dinâmica computacional dos fluidos⁷ e utilização de sensores de pressão nas mãos dos nadadores⁸⁻¹⁰.

Ao analisar a força propulsiva, um dos interesses dos pesquisadores diz respeito à ocorrência de assimetrias na aplicação dessa força entre os membros direito e esquerdo, e a sua relação com o desempenho^{5,11}. Mesmo sabendo que certo nível de assimetria é aceitável devido às diferenças inerentes ao corpo humano¹², a diferença bilateral na produção de força durante o nado pode ser um fator limitante do desempenho¹³. Segundo SANDERS et al.¹⁴, para atingir um desempenho de alto nível, ambos os braços e ambas as pernas devem contribuir de maneira ótima para maximizar a propulsão e para diminuir o arrasto.

Os estudos encontrados analisaram a assimetria propulsiva no nado crawl^{5, 11, 15}. MARINHO et al.⁷, embora tenham investigado a relação entre a força propulsiva e o desempenho nos quatro nadados competitivos, não analisaram a assimetria bilateral. Dados relativos às diferenças entre membros no que diz respeito à produção de força em nadados simétricos, como é o caso do nado peito, são escassos.

JASZCZAK e ZATÓN¹⁶ apontam que a simetria característica do nado peito o faz ser adequado como ferramenta para o tratamento de problemas posturais em crianças. Entretanto, JASZCZAK¹² verificou assimetrias entre os membros superiores durante a

simulação do nado peito em ergômetro. Anos depois, em estudos realizados na piscina com nadadores infantis e adultos amadores, autores do mesmo grupo de pesquisa também verificaram a ocorrência de assimetrias de força na braçada^{9, 16}. Considera-se necessário investigar se há assimetria em condições reais de nado realizado por atletas especialistas em nado peito, pois segundo MAGLISCHO¹⁷, os nadadores parecem ter um braço mais efetivo do que o outro, o que poderia influenciar o desempenho. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a simetria da força aplicada durante a braçada do nado peito e a sua relação com o desempenho de nadadores.

Método

Sujeitos

Participaram do estudo 17 sujeitos, 12 do sexo masculino e 5 do sexo feminino, especialistas nos nadados peito e medley. Os nadadores são pertencentes a equipes da Grande Florianópolis, Santa Catarina, e participam regularmente de competições sul-americanas, nacionais

e estaduais. Todos os nadadores concordaram em participar da pesquisa, mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os procedimentos do estudo foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição. As características dos participantes do estudo são apresentadas na TABELA 1.

TABELA 1 - Média (desvio padrão) das características dos nadadores participantes do estudo.

	n	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	Prática (anos)	% Recorde Mundial*
Homens	12	19,1 ± 5,6	69,9 ± 14,1	1,78 ± 0,10	11,7 ± 6,2	72,6 ± 8,2
Mulheres	5	20,6 ± 4,6	63,8 ± 8,7	1,71 ± 0,05	11,6 ± 3,8	75,3 ± 1,9
Todos	17	19,5 ± 5,2	68,1 ± 12,8	1,76 ± 0,09	11,7 ± 5,5	73,4 ± 7,0

*Relação, em pontos percentuais, entre o tempo em um tiro de 50 m nado peito em velocidade máxima e o recorde mundial da prova em piscina de 25 m, respeitando-se as categorias masculina e feminina.

Instrumentos e variáveis de análise

As medidas antropométricas (massa e estatura) dos nadadores foram obtidas utilizando-se uma balança digital (TechLine, modelo BAL- 150 PA) e um estadiômetro com resolução de 0,01 m (Sanny, modelo profissional). Os sujeitos responderam a uma ficha de anamnese com informações sobre lateralidade, frequência e duração dos treinos, e principais resultados no esporte.

Para aquisição dos dados dinâmométricos utilizou-se o sistema Aquanex (Swimming Technology Research, Estados Unidos), composto de dois sensores de pressão, um conversor A/D e um software de aquisição. Os sensores permitiram a estimação da força aplicada durante a braçada com um erro de 0,2%. O sistema foi conectado a um computador portátil e a taxa de

aquisição utilizada foi de 100 Hz. Foram analisadas as seguintes variáveis:

- Força Média (F_{med}): corresponde ao valor médio de força, em N, medido na mão do nadador durante a fase propulsiva da braçada;
- Força Máxima (F_{max}): corresponde ao valor máximo de força, em N, medido na mão do nadador durante a fase propulsiva da braçada;
- Índice de simetria para a F_{med} (IS_{med} %): corresponde à diferença percentual entre a força média medida na mão esquerda e na mão direita do nadador. Foi calculado conforme a seguinte equação³:

$$IS_{med}(\%) = \left[\frac{(F_{medD} - F_{medE})}{\max(D, E)} \right] \times 100$$

Onde:

$F_{med}D$: força média aplicada pela mão direita do nadador;

$F_{med}E$: força média aplicada pela mão esquerda do nadador;

$\max(D,E)$: valor máximo registrado para a força média, independentemente do lado (direito ou esquerdo).

• Índice de simetria para a F_{max} (IS_{max} %): corresponde à diferença percentual entre a força máxima medida na mão esquerda e na mão direita do nadador. Foi calculado conforme a seguinte equação³:

$$IS_{max}(\%) = \left[\frac{(F_{max}D - F_{max}E)}{\max(D, E)} \right] \times 100$$

Onde:

$F_{max}D$: força máxima aplicada pela mão direita do nadador;

$F_{max}E$: força máxima aplicada pela mão esquerda do nadador;

$\max(D,E)$: valor máximo registrado para a força máxima, independentemente do lado (direito ou esquerdo).

Utilizou-se um cronômetro digital (Casio, modelo HS-3V), com resolução de 0,01 s, para medição do tempo gasto pelos nadadores durante uma execução de 50 m (T_{50m}) nado peito em velocidade máxima.

Procedimentos de coleta

As coletas foram realizadas em uma piscina aquecida a 28 °C com 25 m de comprimento, antes de uma sessão de treinamento dos nadadores. Após a anamnese, cada sujeito realizou o aquecimento proposto pelo seu técnico, com média de duração de 10 minutos. Em seguida, os sensores de força/pressão foram colocados entre os dedos médios e anulares de ambas as mãos do nadador e fixados por elásticos nos antebraços, ombros e quadril. Foi respeitado um período de familiarização com o equipamento, durante o qual o sujeito foi instruído a nadar livremente.

Após esta fase preparatória, cada nadador realizou três tiros de 25 m de nado peito em máxima velocidade, com intervalo de 5 minutos entre as tentativas. Em seguida, os nadadores passaram por um período de recuperação ativa, cujo volume foi determinado pelo técnico da equipe. Por fim, solicitou-se aos participantes a execução de um tiro de 50 m nado peito em

velocidade máxima, para registro do tempo (T_{50m}), utilizado neste estudo como indicador de desempenho.

Análise e tratamento de dados

Os dados adquiridos através da ficha de anamnese foram tabulados em uma planilha do programa Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Inc., Estados Unidos) e analisados por meio de estatística descritiva (média, desvio padrão e porcentagem). A análise dos dados dinamométricos foi conduzida em ambiente Matlab 7.1 (Mathworks Inc., Estados Unidos), através de uma rotina de processamento composta pelas seguintes etapas: 1) filtragem (filtro digital Butterworth passa-baixa de 3ª ordem com frequência de corte de 10 Hz); 2) visualização das curvas da mão direita e da mão esquerda separadamente, para realização da seleção manual de seis ciclos de braçada para cada tentativa (excluindo-se sempre a braçada filipina e o primeiro ciclo de nado); 3) obtenção das variáveis do estudo; e 4) exportação dos valores das variáveis em cada uma das curvas no formato *.txt. Na FIGURA 1 é apresentado um exemplo das curvas de força versus tempo da mão direita e da mão esquerda obtidas durante uma execução de 25 m nado peito realizada por um dos participantes do estudo, com a indicação dos seis ciclos selecionados para análise.

Para análise estatística, utilizou-se a média das variáveis correspondentes às 18 braçadas de cada sujeito (seis ciclos em cada execução de 25 m). Quanto ao cálculo do índice de simetria, valores positivos do $IS\%$ indicam que o valor absoluto da variável (F_{max} ou F_{med}) foi maior para a mão direita, enquanto que um $IS\%$ negativo indica que valor absoluto da variável (F_{max} ou F_{med}) foi maior para a mão esquerda. Para os cálculos da média e desvio padrão do $IS_{med}\%$ e do $IS_{max}\%$ para a amostra, utilizou-se os valores individuais em módulo.

A distribuição dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. Nos casos em que a condição de normalidade foi atendida, a comparação entre a mão direita e a mão esquerda foi realizada através do teste t de Student para amostras dependentes; quando essa condição não foi atendida, utilizou-se o teste de Wilcoxon. A relação entre as variáveis independentes (F_{med} , F_{max} , $IS_{med}\%$ e $IS_{max}\%$) com o indicador de desempenho (T_{50m}) foi investigada através da correlação de Spearman. Para todos os procedimentos estatísticos, realizados com a utilização do software SPSS for Windows 20 (SPSS Inc., Estados Unidos), adotou-se um nível de significância de $p < 0,05$.

O retângulo vermelho indica os seis ciclos selecionados para análise nesta execução, desconsiderando-se a braçada filipina e o primeiro ciclo de nado.

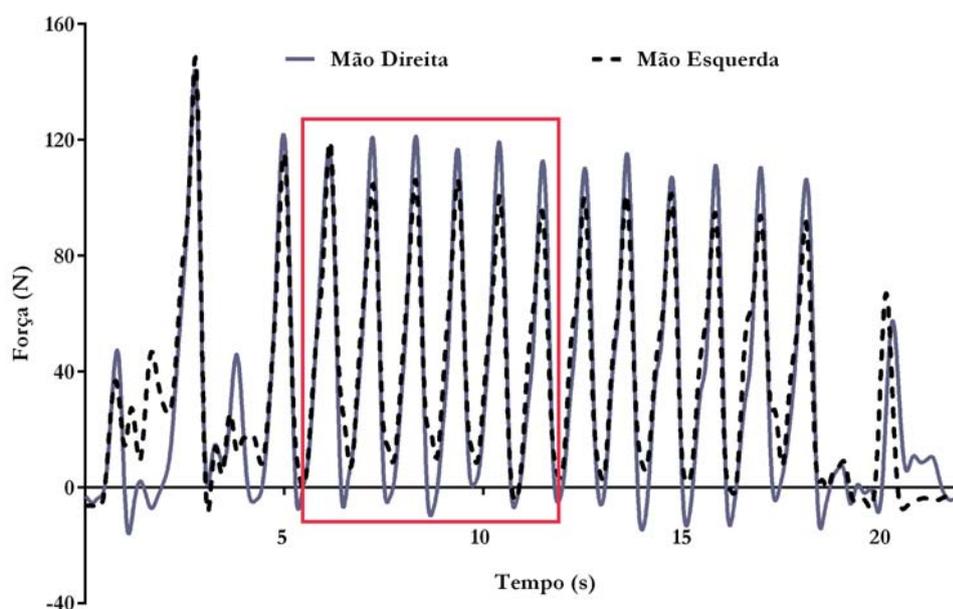


FIGURA 1 - Curvas de força versus tempo da mão direita (linha cinza sólida) e da mão esquerda (linha preta tracejada) obtidas durante uma execução de 25 m nado peito realizada por um dos participantes do estudo.

Resultados

Na TABELA 2 são apresentados os valores de média, desvio padrão e o intervalo de confiança (95%) para a F_{med} e F_{max} , além da diferença média e o p-valor resultante da comparação entre as mãos direita e esquerda.

TABELA 2 - Média \pm desvio padrão (intervalo de confiança de 95%) da força média (F_{med}) e da força máxima (F_{max}), e resultados da comparação entre as mãos esquerda e direita.

Variáveis	Mão direita	Mão esquerda	Diferença média	p-valor
F_{med} (N)	47,9 \pm 16,7 (39,3 - 56,4)	47,9 \pm 14,5 (40,4 - 55,4)	-0,05 (-2,84 - 2,72)	0,967*
F_{max} (N)	120,7 \pm 43,6 (98,3 - 143,1)	112,8 \pm 35,7 (94,5 - 131,1)	7,9 (-1,26 - 17,1)	0,086†

*: p-valor obtido no teste t de Student;
†: p-valor obtido no teste de Wilcoxon.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as mãos direita e esquerda, tanto para a força média quanto para a força máxima. Porém, quando se realiza uma análise de dados individual (TABELA 3), é possível observar que em alguns casos os índices de assimetria encontrados são maiores do que 20%, tanto para a força média

quanto para a força máxima.

Os valores médios encontrados para IS_{med} % e do IS_{max} % foram $8,7 \pm 7,7\%$ e $11,4 \pm 9,6\%$, respectivamente. Quanto ao desempenho, a média para a execução de 50 m (T_{50m}) foi de $36,06 \pm 3,44$ s. A TABELA 4 mostra os resultados da correlação entre o T_{50m} e as demais variáveis do estudo.

TABELA 3 - Valores individuais de média \pm desvio padrão e do índice de simetria (IS%) para a força média (F_{med}) e para a força máxima (F_{max}).

	F_{med}			F_{max}		
	Mão direita	Mão esquerda	IS _{med} %	Mão direita	Mão esquerda	IS _{max} %
1	46,9 \pm 3,8	41,3 \pm 9,0	11,9	115,9 \pm 6,6	109,6 \pm 12,0	5,5
2	69,6 \pm 7,1	69,8 \pm 5,0	-0,3	152,5 \pm 12,9	148,3 \pm 6,0	2,7
3	60,7 \pm 6,3	64,6 \pm 7,9	-6,0	142,7 \pm 9,7	136,2 \pm 15,5	4,6
4	47,1 \pm 8,9	51,8 \pm 6,7	-9,0	158,0 \pm 12,1	172,4 \pm 7,9	-8,3
5	25,9 \pm 2,0	28,2 \pm 1,9	-8,3	71,9 \pm 4,0	72,4 \pm (5,0)	-0,7
6	51,9 \pm 7,7	48,2 \pm 3,2	7,1	133,5 \pm 11,7	106,8 \pm 4,4	20,0
7	44,7 \pm 3,1	44,3 \pm 3,5	0,8	89,2 \pm 6,7	90,7 \pm 9,1	-1,6
8	52,6 \pm 9,2	46,3 \pm 6,4	11,9	139,9 \pm 11,3	107,6 \pm 7,6	23,1
9	36,3 \pm 6,7	37,5 \pm 5,6	-3,0	94,4 \pm 8,3	88,1 \pm 6,6	6,6
10	42,3 \pm 11,0	45,8 \pm 9,5	-7,7	106,3 \pm 16,3	96,7 \pm 16,8	9,1
11	35,4 \pm 4,0	43,5 \pm 7,0	-18,6	100,9 \pm 11,6	94,9 \pm 12,4	5,9
12	25,2 \pm 1,7	36,3 \pm 5,0	-30,6	45,3 \pm 4,5	70,6 \pm 4,2	-35,9
13	35,8 \pm 5,6	30,9 \pm 4,7	13,6	84,0 \pm 16,7	74,0 \pm 6,2	11,9
14	39,9 \pm 6,2	40,1 \pm 6,0	-0,5	93,7 \pm 12,5	105,8 \pm 15,3	-11,4
15	84,4 \pm 12,8	73,9 \pm 10,03	12,3	217,8 \pm 22,8	167,8 \pm 16,4	22,9
16	76,3 \pm 13,4	75,1 \pm 10,6	1,5	191,7 \pm 23,7	182,6 \pm 12,5	4,7
17	38,7 \pm 2,9	36,8 \pm 3,1	4,7	93,1 \pm 10,2	114,3 \pm 9,8	18,5

TABELA 4 - Coeficientes de Spearman (ρ) obtidos na análise de correlação entre o indicador de desempenho dos nadadores (T_{50m}) e as demais variáveis do estudo.

		ρ	p-valor
F_{med}	Mão Direita (N)	-0,363	0,152
	Mão Esquerda (N)	-0,346	0,174
	IS _{med} %	0,424	0,090
F_{max}	Mão Direita (N)	-0,287	0,264
	Mão Esquerda (N)	-0,186	0,474
	IS _{max} %	0,159	0,542

Discussão

Este estudo analisou a força máxima e média das mãos direita e esquerda durante a braçada do nado peito, através da utilização de sensores de pressão. Adicionalmente, relacionou-se o desempenho do nado, medido através do tempo em uma execução máxima de 50 m, com os valores da força média e da força máxima aplicada cada mão, e também com o índice de simetria de força na braçada, calculado a partir desses valores.

Os valores de força máxima apresentados por MOROUÇO et al.² para o nado peito são cerca de cinco vezes maior do que aqueles encontrados no presente estudo (513,0 \pm 153,9 N), e o valor força média ultrapassa o dobro do encontrado (115,6 \pm 30,5 N). Entretanto, é importante ressaltar que aqueles autores utilizaram a técnica de nado atado para obter os dados de força, e os valores correspondem à força total produzida durante o nado, considerando a pernada

e a braçada, sem distinção entre os membros direito e esquerdo. JASZCZAK¹², ao analisar a força produzida pelos nadadores durante a simulação do nado peito em ergômetro, encontrou valores para a força máxima de $159,9 \pm 37,6$ N para homens e de $113,1 \pm 15,5$ N para mulheres. Ao analisar a simetria, o autor reporta diferenças médias de $13,9 \pm 4,9$ N entre as mãos para os homens e de $8,7 \pm 3,1$ N para as mulheres, sem indicar se há diferenças significativas entre os membros.

No presente estudo não foi possível observar diferenças entre as mãos direita e esquerda na aplicação de força durante a braçada do nado peito. Entretanto, os dados individuais apresentados na TABELA 3 apontam para a ocorrência de uma grande variabilidade intragrupo. Esta variabilidade, que pode estar relacionada, dentre outros fatores, ao sexo, às características físicas individuais (como a força máxima e o tamanho dos segmentos envolvidos na propulsão) e a aspectos técnicos (mecânica da braçada e nível de desempenho), pode ter “mascarado” possíveis diferenças quando da comparação das variáveis entre as mãos direita e esquerda.

Uma grande variabilidade intragrupo também foi observada para os índices de simetria. Embora a média do IS% tenha sido de 8,7% para a F_{med} e de 11,4% para a F_{max} , os valores chegaram a 30,6% para o IS_{med} % e a 35,9% para o IS_{max} %. Na literatura, assimetrias de até 10% são consideradas aceitáveis para atividades como a marcha humana¹⁸. Essa mesma abordagem é também utilizada em estudos na natação objetivando a análise da coordenação e da força aplicada no ergômetro de nado e no nado atado¹⁹⁻²². No presente estudo, seis dos 17 nadadores analisados apresentaram valores superiores a 10% para o IS_{med} %, e sete para o IS_{max} %.

A ocorrência de assimetria de força tem sido demonstrada em análises do nado crawl^{4, 15, 22}, e é geralmente atribuída à característica de alternância unilateral da braçada e à mecânica da respiração^{14, 22}. Entretanto, assimetrias substanciais entre os lados do corpo também são encontradas em nados bilaterais, como é o caso do peito e do borboleta, mesmo nos nadadores mais rápidos do mundo¹³.

Recentemente, estudos têm sido realizados com nadadores de nado peito de diferentes níveis técnicos com o objetivo de analisar a magnitude dessas assimetrias, e de entender as suas possíveis causas e consequências^{9, 12, 16, 23}. JASZCZAK¹² comparou a assimetria de força entre os nados crawl e peito realizados em um ergômetro de natação por estudantes de ambos os sexos, de nível técnico “moderado”, segundo o autor. Os valores médios de assimetria encontrados para o nado peito corresponderam a 8% para as mulheres e 9% para

os homens, enquanto que no nado crawl os valores chegaram a 14% e 12% para mulheres e homens, respectivamente. Para os homens, não houve diferença significativa na assimetria quando comparados os nados. É importante ressaltar, entretanto, que há diferenças substanciais entre uma simulação de nado em ergômetro e uma situação real em piscina, o que pode provocar certa confusão na interpretação dos valores, que muito provavelmente seriam subestimados no ergômetro.

Buscando investigar a simetria de força durante a braçada do nado peito em situações com maior validade ecológica, JASZCZAK⁹ e JASZCZAK e ZATÓN¹⁶ analisaram execuções máximas de 15 m em piscina, através do uso de sensores de pressão nas mãos. Em ambos os estudos, os autores analisaram a influência da técnica de execução da pernada (“correta” - movimentos simétricos; “incorreta” - movimentos assimétricos) sobre a simetria de força na braçada, em estudantes universitários⁹ e em meninos de 11 anos¹⁶, de nível técnico “moderado” e sem experiência profissional em natação. Para os dois grupos de indivíduos, os autores analisaram a simetria de força na braçada realizada isoladamente (execução de 15 m, com um pull-buoy entre as pernas) e na braçada acompanhada da pernada (execução de 15 m nado peito). Em ambos os estudos, os nadadores que realizavam movimentos assimétricos de pernas apresentaram aumento significativo da assimetria de força na braçada quando comparadas as condições “sem pernada” e “com pernada”: 12% versus 14% para os adultos⁹ e ~25% versus ~30% para as crianças¹⁶. Segundo os autores, os resultados indicam que o aumento da assimetria nos membros superiores possivelmente é uma resposta compensatória dos movimentos assimétricos de pernada. SANDERS²⁴ corrobora com esta afirmação, indicando que em nados bilaterais pode haver diferença na produção de força entre os membros inferiores, o que leva a um desalinhamento do corpo e uma conseqüente necessidade de compensação na trajetória da mão; esta compensação, por sua vez, leva a uma assimetria técnica que pode tornar-se um hábito, levando a uma maior produção de força em um dos lados do corpo.

Movimentos assimétricos de braços e/ou pernas não estão presentes apenas em indivíduos iniciantes e/ou intermediários. SANDERS et al.²³ reportam em um estudo de caso recente, realizado com uma nadadora de elite especialista em nado peito, assimetrias na trajetória dos membros inferiores e superiores durante execuções máximas de 100 m, o que levou à ocorrência de torques no eixo ântero-posterior do corpo

(vertical em relação ao fundo da piscina). SANDERS et al.¹⁴ apontam que é possível que as assimetrias na técnica de nado reforcem ou perpetuem outros tipos de assimetria, como por exemplo, os desequilíbrios musculares. No caso analisado por SANDERS et al.²³, os autores atribuem parte das assimetrias técnicas verificadas ao fato de os músculos do membro superior do lado direito do corpo da nadadora serem mais fortes do que os do lado esquerdo para os movimentos de flexão e rotação interna. Consequentemente, segundo os autores, a puxada é realizada mais rapidamente pelo lado direito, e por isso a força propulsiva é maior, ocasionando o torque no eixo ântero-posterior.

SANDERS et al.¹⁴ afirmam que, embora no nado peito a demanda da atividade seja bilateral e que a atividade de natação em si estimule a simetria, não se pode desconsiderar o efeito de outras atividades diárias e esportivas, de natureza assimétrica. Neste contexto, vale ressaltar o fato de os nadadores, em geral, percorrerem grandes distâncias nadando crawl em suas rotinas de treinamento, mesmo sendo especialistas no nado peito e/ou medley.

Quanto à direção da assimetria (IS positivo ou negativo, dependendo do lado que aplica mais força), parece importante considerarmos questões relativas à lateralidade. Neste estudo, a lateralidade foi determinada questionando-se os nadadores sobre a mão preferencial para executar tarefas da vida diária. Quinze dos 17 nadadores indicaram o lado direito como preferencial. Sendo assim, observando os dados individuais apresentados na TABELA 2, parece não haver uma clara relação entre a lateralidade - da forma como foi medida - e a direção da assimetria. É importante considerar, entretanto, que se podem adotar outras estratégias para a determinação da lateralidade como, por exemplo, a utilização do lado preferencial de respiração no nado crawl ou, ainda, a análise da força unilateral produzida pela musculatura envolvida na propulsão.

Os dados do presente estudo corroboram com os achados da literatura no que diz respeito à presença de assimetrias no nado peito. Considerando-se as informações discutidas anteriormente, é possível que os valores de IS% durante a braçada verificados neste estudo tenham sido influenciados por uma série de fatores associados, como a ocorrência de diferenças na cinemática dos membros inferiores e superiores, a assimetria de força propulsiva produzida pelos membros inferiores, e assimetrias de força e flexibilidade dos principais grupos musculares envolvidos na propulsão.

Uma vez discutidas as possíveis causas dessas assimetrias, é de particular interesse analisar a sua

relação com o desempenho dos nadadores. Na literatura afirma-se que nos nados bilaterais, uma assimetria na aplicação de força nas mãos pode causar uma rotação ou uma torção no eixo ântero-posterior do corpo, aumentando o arrasto^{13,24}. Além de aumentar o arrasto, a contribuição desigual dos membros direito e esquerdo pode comprometer a eficiência propulsiva²⁴. Embora seja esperado que tais aspectos afetem diretamente o desempenho do nadador, ainda há poucos estudos relacionados ao tema e ainda não está claro se a presença de assimetrias de diferentes naturezas está necessariamente associada a um decréscimo do desempenho²⁴.

Segundo MOROUÇO et al.²², ainda não se sabe ao certo se as assimetrias de força, velocidade, trajetória e coordenação reportadas na literatura para o nado crawl, podem alterar a função ótima ou se simplesmente estão dentro de um limite normal de variação. Tentando contribuir para esta discussão, os autores analisaram a relação entre os índices de simetria de força no nado crawl atado e o tempo gasto para percorrer 50 m nadando em máxima velocidade, em nadadores do sexo masculino de diferentes níveis técnicos. Foram encontrados valores de IS% entre 3,3% a 48,5%, sendo que a maioria dos nadadores analisados apresentou valores superiores a 10%. Interessantemente, a análise da relação entre a força e o desempenho, quando controlada pela magnitude do IS%, demonstrou que maiores valores de assimetria não levaram a um pior desempenho em 50 m. Dessa forma, segundo os autores, até um certo limite, a assimetria de força pode não ser um fator crítico para se atingir grandes velocidades de nado.

No presente estudo, a análise da relação entre os IS% e o desempenho dos nadadores (T_{50m}) resultou em um coeficiente moderado e não significativo para a força média ($Q = 0,424$, $p = 0,090$), e em um coeficiente fraco e não significativo para a força máxima ($Q = 0,159$, $p = 0,542$). Dessa forma, a assimetria de força na braçada parece não ser tão importante para o desempenho do nado peito em 50 m, considerada a forma como ambas as variáveis foram medidas. É importante destacar que, embora as assimetrias possam levar a um aumento do arrasto e à diminuição da propulsão, é possível que os nadadores analisados - corroborando com os relatos encontrados na literatura - adotem estratégias de compensação da assimetria apresentada, minimizando os seus efeitos sobre o desempenho global de nado. Adicionalmente, é possível que o desempenho em 50 m seja influenciado de forma mais relevante por outros fatores, como a eficiência da pernada (elemento mais propulsivo do nado¹⁷), a coordenação entre os

MMSS e os MMII, e a capacidade individual do nadador em utilizar energia e resistir à fadiga. A força aplicada durante a braçada, por si só, parece contribuir de maneira menos relevante, conforme demonstram os baixos coeficientes de correlação apresentados na TABELA 4. Quando considerada a força total produzida pelo nadador utilizando a braçada e a pernada, por exemplo, a sua relação com a velocidade de nado é substancialmente mais forte ($r = -0,94$)². Ainda, de acordo com HAVRILUK¹⁰, para os quatro nados competitivos, a técnica adotada pelo nadador para diminuir o coeficiente de arrasto ativo parece ter um efeito superior no desempenho quando comparada à quantidade de força aplicada pelas mãos, medida através de sensores de pressão. Segundo o autor, talvez uma análise da maneira como os nadadores aplicam a força durante o ciclo braçada, seja uma abordagem mais interessante.

De acordo com SANDERS et al.²³, a severidade das assimetrias e o impacto delas sobre o desempenho varia muito entre os nadadores, e ainda são necessárias mais informações que auxiliem a determinar se as intervenções para a sua correção serão efetivas. Segundo os autores, algumas assimetrias podem não afetar o desempenho e, neste caso, intervenções para corrigi-las podem interferir no programa de treinamento do nadador e ser contraproducentes. Em contrapartida, se assimetrias de força, flexibilidade ou técnica produzem torques que causam o mau alinhamento e aumentam a resistência, pode ser válido investir em estratégias para a sua correção²³. Vale considerar, também, que pode ser necessário atuar na correção de assimetrias que, embora não levem ao decréscimo do desempenho de forma direta, podem predispor o nadador a uma

maior incidência de problemas osteomusculares. A necessidade de compensações de força e/ou cinemáticas em decorrência das assimetrias, somada à alta repetição de movimento e à sobrecarga no treinamento, poderia provocar uma adaptação orgânica, causando desequilíbrios musculares e aumentando a prevalência de lesões²⁵.

Este estudo exploratório permitiu analisar a simetria de força durante a braçada do nado peito e, embora não tenha se destinado a examinar as causas de eventuais assimetrias, buscou contribuir para o entendimento sobre a relação entre as diferenças na aplicação de força e o desempenho em natação. Os resultados permitem afirmar que, embora as diferenças na força média e na força máxima entre os lados direito e esquerdo não sejam estatisticamente significativas para os nadadores analisados, a assimetria individual pode ser de até 35%. Entretanto, parece não haver relação dessa assimetria com o tempo em uma execução máxima de 50 m. Reconhece-se a limitação do instrumento de medição utilizado para a estimação da força aplicada nas mãos, que apesar de permitir o livre deslocamento na piscina durante a sua utilização e aumentar a validade ecológica em comparação ao nado atado, provê uma medida indireta de força, e pode não representar a força propulsiva da braçada na sua totalidade. Por fim, sugere-se que em estudos futuros seja analisada a relação entre a assimetria de força na braçada e outros indicadores de desempenho, como comprimento ou frequência de braçada, por exemplo. Adicionalmente, pode ser relevante investigar a relação entre assimetria de força e/ou técnica observada durante o nado e outros tipos de assimetria (morfológicas e/ou funcionais).

Abstract

Hand force symmetry during breaststroke swimming

The aim of this study was to analyze the hand force symmetry during the breaststroke and its relationship with swimmers' performance. Seventeen breaststroke and/or medley specialists participated (12 men and 5 women, 19.5 ± 5.2 years and average performance of $73.4 \pm 7\%$ of the 50 m breaststroke world record). Each swimmer performed three repetitions of 25 m breaststroke swimming at maximal speed. Pressure sensors from Aquanex acquisition system were placed in both swimmers' hands and Mean Force (F_{mean}) and Maximal Force (F_{max}) were measured. The symmetry index proposed by Sanders was calculated and the time of a 50-m breaststroke trial at maximum speed (T_{50m}) was used as a performance indicator. The variables were compared between hands using tests for dependent samples, and the relationship between variables were investigated using Spearman correlation test ($p < 0.05$). The F_{mean} applied was 47.9 ± 16.7 N and 47.9 ± 14.5 N for right and left hands, respectively. The F_{max} corresponded to 120.7 ± 43.6 N e 112.8 ± 35.7 N for right and left hand, respectively. No significant differences were observed for none of the variables between right and left hands. Analyzing the subjects individually, it was possible to observe asymmetries levels up to 30.6% for F_{mean} and 35.9% for F_{max} , however the relationship between symmetry indexes and the 50 m breaststroke performance was not statistically significant.

KEYWORDS: Swimming; Biomechanics; Performance.

Referências

1. Hay J. Biomecânica das técnicas desportivas. Rio de Janeiro: Interamericana; 1981.
2. Morouço P, Keskinen KL, Vilas-Boas JP, et al. Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *J Appl Biomech.* 2011;27:161-9.
3. Sanders RH, Thow J, Fairweather M, et al. How can asymmetries in swimming be identified and measured? *J Swim Res.* 2012;19:1-16.
4. Yeater RA, Martin RB, White MK, et al. Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their Relationship to competitive performance. *J Biomech.* 1981;14:527-37.
5. Santos KB, Pereira G, Papoti M, et al. Propulsive force asymmetry during tethered-swimming. *Int J Sports Med.* 2013; 34:606-11.
6. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Vezos N, et al. Estimation of hand forces and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. *J Biomech.* 2008;41:208-15.
7. Marinho DA, Silva AJ, Reis, VM, et al. Three-Dimensional CFD analysis of the hand and forearm in swimming. *J Appl Biomech.* 2011;27:74-80.
8. Takagi H, Wilson B. Calculation hydrodynamic forces by using pressure differences in swimming. In: Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP, editors. *Biomechanics and medicine in swimming VIII.* Jyväskylä: Gummerus; 1999. p.101-6.
9. Jaszczak M. the influence of lower limb movement on upper limb movement symmetry while swimming the breaststroke. *Biol Sport.* 2011;28:207-11.
10. Havriluk R. Performance level differences in swimming: relative contributions of strength and technique. In: Kjendlie P-L, Stallman RK, Cabri J, editors. *Biomechanics and medicine in swimming XI.* Oslo: Norwegian School of Sport Science; 2010. p.321-3.
11. Morouço PG, Marinho DA, Marques MC. Force production in tethered swimming: differences between hands in front crawl. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:692.
12. Jaszczak M. The dynamical asymmetry of the upper extremities during symmetrical exercises. *Human Mov.* 2008;9:116-20.
13. Havriluk R. Analyzing hand force in swimming: bilateral symmetry. *Am Swim Mag.* 2007;1:34-8.
14. Sanders RH, Thow J, Fairweather M. Asymmetries in swimming: where do they come from? *J Swim Res.* 2011;18:1-6.
15. Formosa DP, Mason B, Burkett B. The force-time profile of elite front crawl swimmers. *J Sports Sci.* 2011;29:811-9.
16. Jaszczak M, Zatón K. Dynamical asymmetry of upper-limb movements during swimming. *Hum Mov.* 2011;12:337-41.

17. Maglischo EW. Nadando o mais rápido possível. 3a ed. Barueri: Manole; 2010.
18. Robinson RO, Herzog W, Nigg B. Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. *J Manipulative Physiol Ther.* 1987;10:172-6.
19. Tourny-Chollet C, Seifert L, Chollet D. Effect of force symmetry on coordination in crawl. *Int J Sports Med.* 2009;3:182-7.
20. Seifert L, Chollet D, Allard P. Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl. *Hum Mov Sci.* 2005;24:234-56.
21. Evershed JO, Burkett B, Mellifont R. Musculoskeletal screening to detect asymmetry in swimming. *Phys Ther Sport.* 2014;15:33-8.
22. Morouço PG, Marinho DA, Fernandes RJ, et al. Quantification of upper limb kinetic asymmetries in front crawl swimming. *Hum Mov Sci.* 2015;40:185-92.
23. Sanders RH, Fairweather MM, Alcock A, et al. An approach to identifying the effect of technique asymmetries on body alignment in swimming exemplified by a case study of a breaststroke swimmer. *J Sports Sci Med.* 2015;14:304-14.
24. Sanders RH. How do asymmetries affect swimming performance? *J Swim Res.* 2013;21:1-17.
25. Neto Júnior J, Pastre CM, Monteiro HL. Alterações posturais em atletas brasileiros do sexo masculino que participaram de provas de potência muscular em competições internacionais. *Rev Bras Med Esporte.* 2004;10:195-8.

ENDEREÇO

Gustavo Soares Pereira
Centro de Ciências da Saúde e do Esporte
Universidade do Estado de Santa Catarina
R. Pascoal Simone, 358
88080-350 - Florianópolis - SC - BRASIL
e-mail: gustaspereira@hotmail.com

Recebido para publicação: 28/04/2015
Revisado: 31/08/2015
Aceito: 09/10/2015