

Cinemática do nado “crawl” sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas

CDD. 20.ed. 612.76
613.716

Flávio Antônio de Souza CASTRO*
Antônio Carlos Stringhini GUIMARÃES (*in memoriam*)*
Felipe Collares MORÉ*
Henrique Marquadt LAMMERHIRT*
Alexandre Carriconde MARQUES*

*Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Resumo

Parâmetros cinemáticos do nado “crawl” de 15 nadadores competitivos (nove velocistas e seis fundistas) e sete triatletas foram comparados sob diferentes condições de nado (três intensidades - baixa, moderada e alta - com e sem respiração). Comprimento (CB) e frequência média de braçada (FB), velocidade média (VN) e índice médio de nado (IN) foram determinados. Seis repetições de 25 m, em nado “crawl”, nas condições de intensidade e respiração descritas foram gravadas no plano sagital com um sistema de vídeo operando a 60 Hz. Um marcador reflexivo foi fixado no punho direito de cada nadador, a fim de posterior digitalização das imagens e obtenção de CB, FB, VN e IN. Estatura, massa e envergadura foram mensuradas. Análise estatística ($p < 0,05$) indicou que velocistas apresentaram maior estatura e envergadura do que triatletas, mas estes resultados não afetaram os resultados das comparações das variáveis cinemáticas entre os grupos. Ao passo que a intensidade do nado aumentou, nos três grupos, CB diminuiu, FB e VN aumentaram e IN não mostrou um comportamento consistente. Nadadores e triatletas utilizaram-se do aumento da FB como estratégia para o incremento da VN. O IN não parece ser adequado para a avaliação de atletas de alto nível. Movimento para respiração altera o desempenho de velocistas e triatletas.

UNITERMOS: Cinemática da natação; Índice de nado; Comprimento de braçada; Nado “crawl”; Triatlo.

Introdução

A natação, por ser realizada no meio líquido, é uma modalidade desportiva altamente dependente da habilidade técnica do atleta (CAPUTO, LUCAS, GRECO & DENADAI, 2000). Dessa maneira, fatores biomecânicos, que interferem sobre as forças resistivas e/ou propulsivas, influenciam mais no desempenho do que a própria capacidade de produção e liberação de energia para o deslocamento (CRAIG JUNIOR, SKEHAN, PAWELCZYK & BOOMER, 1985).

O comprimento médio de braçadas (CB), a frequência média de braçadas (FB), a velocidade média de nado (VN) e o índice médio de nado (IN) são as variáveis de avaliação da performance mais objetivas utilizadas pelos treinadores e atletas. O CB é a distância horizontal média percorrida

durante a execução de um ciclo completo dos braços do nadador (CRAIG JUNIOR & PENDERGAST, 1979; MAGLISCHO, 1999). Um ciclo de braçadas no estilo “crawl” é definido pela entrada de uma mão na água até a próxima entrada da mesma mão na água e é governado pelas forças aplicadas pelo nadador no meio e pelas respostas de forças do meio sobre o nadador. TOUSSAINT e BEEK (1992) assumem que o comprimento de braçada fornece uma boa indicação da eficiência propulsiva e pode ser utilizado para avaliar progressos individuais nas técnicas de nado.

A FB é o número médio de ciclos de braçada executados em um dado intervalo de tempo (CHOLLET, CHARLIES & CHATARD, 1999) e pode ser expressa em ciclos por segundo (ciclos·s⁻¹ ou Hz).

É dependente do tempo que se gasta na execução de cada uma das duas fases reconhecidas da braçada: de propulsão e de recuperação. O produto entre o CB e a FB, em dada distância, fornece a VN (HAY & GUIMARÃES, 1983) em $m \cdot s^{-1}$, desconsiderando os efeitos propulsivos de saída e/ou viradas.

O índice de nado (IN), obtido pelo produto entre CB e VN, de acordo com COSTILL, KOVALESKI, PORTER, KIRWAM, FIELDING e KING (1985) assume que o nadador que percorre a maior distância por braçada, a determinada velocidade de nado, apresenta a técnica mais efetiva. Como o objetivo de um nadador competitivo é atingir e manter a maior VN e a literatura (PELAYO, WILLE, SIDNEY, BERTHOIN & LAVOIE, 1997; TOUSSAINT, 1990; WAKAYOSHI, YOSHIDA, IKUTA & MIYASHITA, 1994) considera maior CB como indicador da melhor técnica, quanto maior o IN, melhor seria a adequação entre velocidade alcançada de nado e comprimento de braçada utilizado para alcançar tal velocidade.

Estudo realizado com nadadores e triatletas (CAPUTO et al., 2000) verificou o IN nas distâncias de 50, 100, 200 e 400 m (nado "crawl"). Foram encontrados os seguintes valores médios de IN: $3,47 \pm 0,6 m^2 \cdot s^{-1}$ para a distância de 50 m e $3,23 \pm 0,5 m^2 \cdot s^{-1}$ para a distância de 400 m. Os autores indicaram que IN pode ser utilizado na predição da performance em curtas e médias distâncias, em indivíduos considerados pelos próprios autores do estudo, de performance moderada (participaram do estudo de CAPUTO et al., 2000, 12 nadadores e quatro triatletas, de 14 a 28 anos de idade e dois anos de experiência competitiva).

Outro estudo (PEREZ, 2001) demonstrou que nadadores e nadadoras brasileiros apresentam uma boa relação entre comprimento e frequência de braçadas, mas entre comprimento e tempo nas provas, a relação é aquém daquela apresentada por nadadores de nível internacional. Segundo MAGLISCHO (1999) a mecânica de nado pode ser prejudicada pela fadiga provocada por esforços anaeróbios lácticos, assim, para este nível de esforço, a atenção com a técnica de nado deve ser intensificada, melhorando a relação entre CB e FB e, conseqüentemente, entre CB e tempo nas provas (PEREZ, 2001).

Considerando a performance em natação como a capacidade de nadar a distância prescrita no menor intervalo de tempo possível (CHATARD, LAVOIE & LACOUR, 1990, 1991), CASTRO, MORÉ e KRUEL (2003) mensuraram performance (em s), VN, FB, CB e IN de 89 nadadores, com idades entre 12 e 28 anos, participantes da prova de 50 m nado livre

em campeonato estadual oficial de natação. Os autores encontraram uma correlação média de $-0,74$ ($p = 0,048$) entre IN e performance em todas as categorias analisadas (ex. as performances médias nas categorias infantil I, juvenil I, júnior I e sênior, reportadas pelos autores, foram de, respectivamente, $32,1 \pm 2,81$ s; $29,91 \pm 2,02$ s; $27,99 \pm 3,2$ s e $26,1 \pm 1,27$ s). Assim, segundo CASTRO, MORÉ e KRUEL (2003), o IN poderia ser utilizado na predição da performance de nadadores em provas de 50 m nado livre.

Diferenças entre as características da técnica de nadadores e triatletas foram verificadas por TOUSSAINT (1990), comparando-se a eficiência propulsiva entre seis nadadores competitivos e cinco triatletas. Foi sugerido que os triatletas deveriam enfatizar mais o treinamento de sua técnica de nado, pois estes atletas apresentaram maiores FB e menores CB quando comparados a nadadores (TOUSSAINT, 1990), quando ambos os grupos executaram o nado "crawl" em uma mesma velocidade.

A posição do corpo do nadador na água é essencial em relação às forças resistivas e à propulsão final, determinantes da performance, o que pode refletir-se nos parâmetros cinemáticos do nado. De acordo com CARDELLI, LERDA e CHOLLET (2000), a fim de minimizar possíveis influências do movimento de respiração no aumento das forças resistivas, o nadador de "crawl" é instruído a manter a cabeça alinhada com o eixo longitudinal enquanto executa os movimentos do nado. Por outro lado PAYTON, BARTLETT, BALZPOULOS e COOMBS (1999) afirmam não haver relação entre executar, ou não, movimento para respiração e a performance.

Estudos que buscam a compreensão da estratégia de nado, a partir de variáveis cinemáticas, tendem a investigar determinada intensidade em diferentes grupos de indivíduos (KJENDLIE, STALLMAN & GUNDERSEN, 2004; PELAYO et al., 1997) ou diferentes intensidades, obtidas de eventos competitivos, em diferentes grupos de atletas (CRAIG JUNIOR & PENDERGAST, 1979; PEREZ, 2001). Todavia, poucos são os estudos que analisam diferentes intensidades de nado nos mesmos indivíduos (KESKINEN & KOMI, 1993). Além disso, exíguos são os estudos que analisam e comparam as respostas de grupos de atletas com distintos processos de treinamento (ex. nadadores e triatletas) (TOUSSAINT, 1990).

Considerando que parâmetros biomecânicos cinemáticos podem se alterar sob diferentes condições de nado em grupos de nadadores de especialidades distintas (CRAIG JUNIOR & PENDERGAST,

1979), este estudo objetivou analisar: a) o efeito de diferentes intensidades de nado; e b) o efeito de se executar a respiração nos parâmetros cinemáticos do nado comprimento médio de braçadas (CB),

freqüência média de braçadas (FB), velocidade média de nado (VN) e índice médio de nado (IN), em nadadores competitivos (velocistas e fundistas) e triatletas.

Materiais e métodos

A amostra foi composta por nove nadadores com características de velocistas - grupo V, média de melhor tempo na prova de 50 m nado livre, em piscina de 25 m: $23,59 \pm 0,66$ s -, seis nadadores com características de fundistas - grupo F, média de melhor tempo na prova de 1500 m nado livre, em piscina de 25 m: $16 \text{ min } 27 \text{ s} \pm 58,4$ s - e oito triatletas (grupo T) de nível nacional e internacional, que não foram nadadores de competição. O grupo V contou com dois campeões brasileiros da prova de 50 m nado livre e o grupo F contou com um campeão brasileiro da prova de 1500 m nado livre e dois campeões sul-americanos de águas abertas (longa distância).

As características físicas, obtidas previamente à aplicação do protocolo de natação, dos grupos V, F e T estão na TABELA 1. Massa corporal total e estatura foram obtidas com a utilização, respectivamente, de uma balança e de um estadiômetro (Filizola®, modelo 31; resoluções de 0,1 kg e 0,01 m, respectivamente). Foram seguidas as recomendações de MARINS e GIANNICHI (1998) para a obtenção dos valores de massa corporal total e estatura. Envergadura foi obtida com a utilização de uma trena (Top-Long®, resolução de 0,01 m), quando o indivíduo avaliado permanecia em ortostase, com as costas em uma parede, ombros em abdução de 90° , cotovelos, punhos e dedos em extensão. A distância entre as extremidades (terceiro dedo) foi considerada a envergadura.

TABELA 1 - Médias e desvios-padrão de idade (anos), massa corporal total (kg), estatura (cm) e envergadura (cm) dos três grupos do estudo (V, F e T).

Grupos	Idade (anos)	Massa corporal total (kg)	Estatura (cm)	Envergadura (cm)
V	$20,7 \pm 2,4$	$77,4 \pm 7,8$	$184,5 \pm 5,17^{\#}$	$193,5 \pm 5,2^*$
F	$22,5 \pm 4,5$	$72,2 \pm 7,1$	$180,2 \pm 6,8$	$189,8 \pm 8,2$
T	$27 \pm 5,1$	$72,3 \pm 7,2$	$176,4 \pm 7,3^{\#}$	$179,3 \pm 10,1^*$

Símbolos sobrescritos indicam as diferenças estatísticas significativas inter-grupos.

Foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos V e T na estatura e envergadura, com os integrantes do grupo V apresentando maiores valores ($p < 0,05$) nas duas variáveis. Todos os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido após explicações verbais e por escrito de todos os procedimentos do estudo.

Neste estudo CB (expresso em m) foi definido como a distância linear percorrida a cada ciclo de braços (duas braçadas) e FB foi definida como ciclos de braçada por segundo (expresso em Hz). Diferentes autores (CRAIG JUNIOR & PENDERGAST, 1979; HAY, 1981; MAGLISCHO, 1999) utilizam o termo comprimento médio de braçada como sinônimo de distância média percorrida por ciclo e freqüência média de braçada como sinônimo de freqüência média de ciclo. No presente estudo,

optou-se pelos termos distância (CB) e freqüência de ciclo (FB), compreendendo-se um ciclo de braçadas como duas braçadas completas, uma braçada com cada braço. Opção justificada pela metodologia adotada e descrita a seguir.

Cada indivíduo realizou duas séries de três repetições de 25 m, em nado “crawl”, em piscina de 25 m (temperatura média da água: $30,8^\circ$ C). Ambas as séries com uma repetição para cada uma das seguintes intensidades: fraca, média e forte (intensidades relacionadas, respectivamente, a aquecimento, prova de 1500 m nado livre e prova de 50 m nado livre). A primeira série foi realizada com respiração a cada ciclo, para o lado de preferência do atleta e a segunda série foi realizada nas mesmas intensidades, mas sem respiração. As três repetições com respiração receberam os códigos R1 (intensidade fraca),

R2 (intensidade média) e R3 (intensidade forte) e as três repetições sem respiração receberam os códigos NR1 (intensidade fraca), NR2 (intensidade média) e NR3 (intensidade forte).

Para o controle da intensidade era informado, mas não registrado, o tempo do indivíduo nos 25 m; o intervalo era definido pelo próprio atleta, de modo que a próxima repetição fosse realizada na intensidade solicitada, porém o intervalo entre as repetições nunca foi menor que 1 min 30 s, reduzindo possível efeito de fadiga. A seqüência de execução não foi aleatória, partindo do pressuposto que, sendo todos atletas experientes em treinamento e competição, conseguiriam controlar as intensidades de maneira adequada com o conhecimento do tempo de cada repetição.

Os valores de CB e FB foram obtidos pela gravação de cada repetição no plano sagital do nadador, utilizando-se um sistema de vídeo em 2D (Peak-Performance Technologies Inc., Englewood, EUA). Uma câmera (Pullnix TM640) foi posicionada sobre um tripé, a uma altura de 6 m acima do nível da água, com o centro da imagem a 16,15 m de distância da câmera, captando imagens com uma abertura de 12 m. Foi utilizado um holofote com lâmpada halogênica de 300 W, lateralmente à câmera, iluminando o nadador, que tinha, em seu punho direito, fita reflexiva fixada. Uma régua de calibração de 2 m de comprimento foi gravada no plano de deslocamento dos nadadores para definição da escala linear utilizada na determinação da CB e posterior cálculo da VN. Imagens da régua de calibração foram obtidas quando colocada aos 0,5; 5 e 9,5 m dos 12 m que a câmera captava (no plano de deslocamento). Para verificação do erro associado ao processo, foram digitalizadas as três imagens e verificadas as variações obtidas nos números de "pixels" de cada posição. A maior variação entre o centro da imagem (régua colocada aos 5 m) e as extremidades foi de 2,2%. Esta variação, que representa 0,044 m sobre os 2 m da régua de calibração, pode estar relacionada tanto ao processo de digitalização, quanto aos fenômenos de paralaxe e perspectiva.

O marcador reflexivo, fixado ao punho direito, foi digitalizado manualmente por um único

indivíduo, que identificava a diferença de contraste propiciada pelo próprio marcador na tela do monitor, com o "software" do mesmo sistema de vídeo, no último quadro antes do marcador entrar na água (entrada do segmento superior direito na água). A utilização de um mesmo digitalizador propiciou que erro de digitalização fosse sistemático para todos os indivíduos em todas as repetições executadas. A FB foi determinada a partir da frequência do sistema de vídeo (60 Hz). Não foram aproveitadas as repetições em que menos de três ciclos não pudessem ser digitalizados, o que acarretou, em duas repetições, um "n" menor que o da amostra (R3 no grupo V, n = 8; R2 no grupo T, n = 7). A VN de cada indivíduo, em cada repetição, em $m \cdot s^{-1}$, foi calculada pelo produto entre CB e FB. O IN (em $m^2 \cdot s^{-1}$) foi obtido, então, pelo produto entre o CB e a VN. Também foi calculado o quociente entre os valores de SL e de envergadura, individualmente, para todas as repetições; este resultado, chamado de SL normalizado, foi utilizado posteriormente na análise estatística.

A análise estatística contou com cálculos de médias e desvios-padrão, teste de normalidade (Shapiro-Wilk), equivalência de variâncias (Levene), esfericidade (Mauchly), análise de variância de um fator e análise de variância para medidas repetidas em dois modelos: 2x3 (respiração e intensidade como fatores) e 3x2x3 (grupo, respiração e intensidade como fatores). A fim de se identificar as diferenças específicas na análise de variância de um fator e de avaliar os "main effects" nas análises de variância para medidas repetidas foi aplicado um teste "post-hoc" de Bonferroni. Todas as análises foram realizadas, também, controlando-se a envergadura dos indivíduos, em um modelo de co-variância, com a envergadura utilizada na análise como um fator fixo, já que envergadura pode ser um fator de interferência nos resultados de CB e VN (KHERIF, PELAYO, SIDNEY, CHOLLET & TORNBY, 1994). Com o mesmo objetivo, além da análise de covariância, foram comparados os valores de SL normalizados, inter-grupos. Os pacotes estatísticos Stata® (versão 8.0) e SPSS® (versão 12.0) foram utilizados para os cálculos estatísticos. Adotou-se nível de significância de 0,05.

Resultados

Os resultados médios e desvios-padrão das variáveis CB, FB, VN e IN dos grupos V, F e T são apresentados na TABELA 2, juntamente com as comparações intra-grupos nas diferentes repetições.

TABELA 2 - CB, FB, VN e IN dos grupos V, F e T.

GRUPO V						
	R1, n: 9	R2, n: 9	R3, n: 8	NR1, n: 9	NR2, n: 9	NR3, n: 9
CB (m)	2,99 ± 0,23 ^{ab}	2,77 ± 0,23 ^{ac}	2,30 ± 0,13 ^{bc}	3,08 ± 0,20 ^{de}	2,76 ± 0,21 ^{df}	2,18 ± 0,10 ^{ef}
FB (ciclos·s ⁻¹)	0,42 ± 0,04 ^{ab}	0,55 ± 0,05 ^{1ac}	0,81 ± 0,04 ^{2bc}	0,42 ± 0,02 ^{de}	0,59 ± 0,06 ^{1df}	0,89 ± 0,04 ^{2ef}
VN (m·s ⁻¹)	1,25 ± 0,07 ^{ab}	1,52 ± 0,07 ^{ac}	1,86 ± 0,08 ^{bc}	1,30 ± 0,11 ^{de}	1,62 ± 0,08 ^{df}	1,94 ± 0,07 ^{ef}
IN (m ² ·s ⁻¹)	3,77 ± 0,35 ^a	4,14 ± 0,44 ^b	4,33 ± 0,4 ^{ab}	4,14 ± 0,61 ^d	4,43 ± 0,28 ^{df}	4,27 ± 0,34 ^f
GRUPO F						
	R1, n: 6	R2, n: 6	R3, n: 6	NR1, n: 6	NR2, n: 6	NR3, n: 6
CB (m)	2,57 ± 0,28 ^{ab}	2,30 ± 0,24 ^{ac}	2,11 ± 0,13 ^{bc}	2,59 ± 0,33 ^{de}	2,23 ± 0,33 ^{df}	2,01 ± 0,18 ^{ef}
FB (ciclos·s ⁻¹)	0,50 ± 0,05 ^{ab}	0,63 ± 0,05 ^{ac}	0,81 ± 0,06 ^{bc}	0,51 ± 0,04 ^{de}	0,70 ± 0,09 ^{df}	0,85 ± 0,09 ^{ef}
VN (m·s ⁻¹)	1,28 ± 0,10 ^{ab}	1,45 ± 0,10 ^{ac}	1,71 ± 0,09 ^{bc}	1,32 ± 0,10 ^{de}	1,56 ± 0,14 ^{df}	1,70 ± 0,14 ^{ef}
IN (m ² ·s ⁻¹)	3,29 ± 0,46	3,36 ± 0,51	3,63 ± 0,28	3,40 ± 0,63	3,45 ± 0,65	3,43 ± 0,40
GRUPO T						
	R1, n: 8	R2, n: 7	R3, n: 8	NR1, n: 8	NR2, n: 8	NR3, n: 8
CB (m)	2,40 ± 0,29 ^{ab}	2,24 ± 0,27 ^{ac}	1,90 ± 0,17 ^{bc}	2,49 ± 0,32 ^{de}	2,05 ± 0,26 ^{df}	1,69 ± 0,20 ^{ef}
FB (ciclos·s ⁻¹)	0,45 ± 0,05 ^{1ab}	0,60 ± 0,06 ^{2ac}	0,81 ± 0,06 ^{3bc}	0,50 ± 0,05 ^{1de}	0,70 ± 0,10 ^{2df}	0,92 ± 0,10 ^{3ef}
VN (m·s ⁻¹)	1,08 ± 0,09 ^{1ab}	1,34 ± 0,06 ^{2ac}	1,53 ± 0,10 ^{bc}	1,24 ± 0,06 ^{1de}	1,43 ± 0,05 ^{2df}	1,55 ± 0,13 ^{ef}
IN (m ² ·s ⁻¹)	2,72 ± 0,50	3,06 ± 0,51	2,97 ± 0,48	3,26 ± 0,49	2,96 ± 0,46	2,66 ± 0,47

Repetições:
R1: intensidade fraca;
R2: intensidade média;
R3: intensidade forte;
todas com respiração a cada ciclo de braçada.
NR1 a NR3: mesmas intensidades, mas sem respiração.

Análises intragrupo:
números sobrescritos indicam diferenças entre as repetições de mesma intensidade, mas diferentes respirações (efeito do fator respiração); letras sobrescritas indicam diferenças entre as repetições de mesma respiração, mas diferentes intensidades (efeito do fator intensidade).

No grupo V, o aumento de intensidade causou diminuição do CB ($F(1,7) = 291,2; p < 0,001; \eta^2 = 0,977$), aumento da FB ($F(1,7) = 1118,5; p < 0,01; \eta^2 = 0,994$) e aumento da VN ($F(1,7) = 744,4; p < 0,001; \eta^2 = 0,991$). A variação de intensidade alterou o IN ($F(1,7) = 10,78; p = 0,013; \eta^2 = 0,606$), que apresentou incremento de R1 para R2 e para R3 (condições com respiração), mas nas condições sem respiração aumentou de NR1 para NR2 e diminuiu de NR2 para NR3. No grupo V as condições de respiração não causaram efeitos sobre o CB e o IN, mas alteraram a FB ($F(1,7) = 8,862; p = 0,021; \eta^2 = 0,559$) e a VN ($F(1,7) = 40,917; p < 0,001; \eta^2 = 0,854$), com maiores valores

de FB e VN durante o nado sem respiração em comparação ao nado com respiração.

Ainda no grupo V a interação entre respiração e intensidade foi capaz de explicar 59,6% da variância do CB ($F(1,7) = 10,311; p = 0,015; \eta^2 = 0,596$) e 74,1% da variância da FB ($F(1,7) = 20,012; p = 0,003; \eta^2 = 0,741$). Respiração e intensidade não apresentaram interação sobre VN e IN.

No grupo F o aumento de intensidade causou diminuição do CB ($F(1,5) = 47,783; p = 0,001; \eta^2 = 0,905$) e aumento da FB ($F(1,5) = 240,408; p < 0,001; \eta^2 = 0,98$) e da VN ($F(1,5) = 188,32; p < 0,001; \eta^2 = 0,974$), mas não alterou o IN. No grupo F as condições de respiração não causaram efeitos

sobre nenhuma das variáveis analisadas. Neste grupo a interação entre respiração e intensidade foi capaz de explicar 58,3% da variância apenas do CB ($F(1,5) = 6,994; p = 0,046; \eta^2 = 0,583$).

No grupo T o aumento de intensidade de nado reduziu o CB ($F(1,5) = 44,304; p = 0,001; \eta^2 = 0,899$) e aumentou a FB ($F(1,5) = 143,325; p < 0,001; \eta^2 = 0,966$) e a VN ($F(1,5) = 15,577; p < 0,001; \eta^2 = 0,960$). O IN não sofreu alterações pelas intensidades de nado. As condições de respiração foram capazes de alterar os valores da FB ($F(1,5) = 24,642; p = 0,004; \eta^2 = 0,831$) e da VN ($F(1,5) = 33,443; p = 0,002; \eta^2 = 0,870$), com maiores valores nas repetições sem respiração em ambas as variáveis, mas não foram capazes de alterar o CB e o IN.

Neste grupo (T) a interação entre respiração e intensidade pode explicar 81% da variância do CB ($F(1,5) = 21,356; p = 0,006; \eta^2 = 0,810$), 75,7% da variância da VN ($F(1,5) = 15,577; p = 0,011; \eta^2 = 0,757$) e 83,8% da variância do IN ($F(1,5) = 25,817; p = 0,004; \eta^2 = 0,838$), não havendo interação entre respiração e intensidade sobre FB.

Como foi encontrada diferença estatística para os valores de envergadura entre os grupos V e T (TABELA 1), todas as comparações inter-grupos foram realizadas controlando-se os possíveis efeitos da envergadura nas variáveis biomecânicas, em uma análise de covariância com a envergadura como fator fixo. Do mesmo modo foram realizadas as comparações inter-grupos sem o controle da envergadura. Os resultados estatísticos demonstraram não haver diferença entre as análises. Ainda, o resultado estatístico da comparação entre os valores de SL normalizados, indicou as mesmas diferenças encontradas na análise sem a normalização.

Discussão

Este estudo foi realizado de modo a serem verificados os possíveis efeitos de diferentes intensidades de nado e condições de respiração nas variáveis cinemáticas em atletas com distintos “backgrounds” (nadadores e triatletas). De maneira geral, independente do grupo, a estratégia adotada para gerar maior velocidade de nado, em resposta à intensidade solicitada, foi de aumentar a FB e reduzir o CB.

Tais adaptações agudas têm sido descritas na literatura (KESKINEN & KOMI, 1993; HAY & GUIMARÃES, 1983). KESKINEN e KOMI (1993) em um estudo cujos objetivos eram examinar as relações entre CB

Assim pode-se afirmar que a maior envergadura dos nadadores de velocidade não influenciou os resultados das comparações com os triatletas.

A comparação entre os grupos V, F e T indicou que o fator grupo foi capaz de causar efeitos sobre o CB ($F(1,5) = 35,080; p = 0,002; \eta^2 = 0,875$), com maiores valores para o grupo V em relação aos grupos F e T, e do grupo F em relação ao grupo T, explicando 87,5% da variância do CB. Quando verificada a interação entre grupo-condição de respiração, grupo-intensidade e grupo-condição de respiração-intensidade, nenhum efeito foi encontrado sobre o CB.

Em relação à FB a comparação entre os grupos V, F e T não evidenciou diferenças relacionadas ao fator grupo, indicando que a especialidade do atleta (velocista, fundista e triatleta) não foi capaz de causar efeitos sobre a FB. Os prováveis efeitos dos treinamentos específicos empregados pelos velocistas, fundistas ou triatletas não causaram alterações significativas sobre a FB. Quando verificada a interação entre grupo-condição de respiração, grupo-intensidade e grupo-condição de respiração-intensidade, nenhum efeito foi encontrado sobre a FB.

A VN foi influenciada pelo fator grupo ($F(1,5) = 23,587; p = 0,005; \eta^2 = 0,825$), sendo este capaz de explicar 82,5% da variância encontrada na VN. Maiores valores da VN foram encontrados apenas para o grupo V em comparação ao grupo T.

Já em relação aos valores do IN, o fator grupo foi capaz de explicar 89,2% da variância encontrada ($F(1,5) = 41,252; p = 0,001; \eta^2 = 0,892$). Maiores valores do IN foram encontrados no grupo V em relação aos grupos F e T e no grupo F em relação ao grupo T.

e FB em diferentes exercícios de natação e determinar se mudariam de acordo com as intensidades propostas, mensuraram velocidade, frequência de braçadas e comprimento de braçadas em 10 nadadores voluntários considerados bem treinados, durante uma série de cinco a seis tiros de 400 m, em nado “crawl”, com intensidades pré-determinadas. À medida que a velocidade média aumentou, de um nível considerado aeróbio, para um nível considerado de limiar anaeróbio, aumentou, também, a frequência de braçada e diminuiu o comprimento de braçada. No presente estudo parece ser esta a

estratégia mais utilizada, embora não a mais econômica, para o incremento da velocidade de nado (COSTILL et al., 1985). Mas há que se diferenciar estratégias agudas e crônicas (efeitos do treinamento) para incremento da velocidade de nado.

De acordo com YANAI (2003), o incremento da VN acontece, de modo agudo, por incremento na FB. Enquanto que, resposta à treinamento, ocorre um aumento sistemático do CB. Neste caso (efeito crônico do treinamento sobre o CB), a capacidade de realizar trabalho aumentada, segundo GRIMSTON e HAY (1986), principalmente de grandes músculos que participam da fase propulsiva da braçada do nado "crawl" (peitoral maior, grande dorsal e redondo maior) levaria a um maior CB (por maior força e resistência muscular localizada que permitiriam maior aplicação da força muscular por mais tempo).

A estratégia de aumento agudo da FB, encontrada neste estudo, poderia estar relacionada a uma baixa resistência muscular localizada, impedindo a manutenção ou o aumento do CB. Tal dificuldade seria compensada por um maior número de gestos realizados com menor aplicação de força. CAPUTO et al. (2000) referem que o nadador que apresentar, para uma mesma velocidade de deslocamento, um maior CB será o mais eficiente, indicando uma melhor técnica de nado.

O que diferenciou os grupos neste estudo foi o maior CB encontrado nos grupos V e F em comparação ao grupo T. Duas poderiam ser as explicações para este achado, embora interligadas: técnica e treinamento. Considerando-se que as diferenças encontradas do CB não foram influenciadas pelo maior valor de envergadura do grupo V, este resultado corrobora os achados de TOUSSAINT (1990) quando comparou nadadores e triatletas, com maiores valores de CB para os nadadores, na mesma velocidade de nado. Para TOUSSAINT e BEEK (1992) parece razoável que CB forneça um indicativo de eficiência propulsiva e possa ser utilizado (ao longo do tempo) para avaliar progressos na "habilidade técnica". Assim os nadadores apresentariam melhor técnica que os triatletas.

O maior tempo de prática destinado a uma única modalidade (ex. natação), com ênfase em um treinamento técnico específico, poderia, também, explicar os maiores valores do CB dos grupos V e F em relação ao T. A habilidade de conseguir uma alta VN na natação está diretamente relacionada ao maior CB. Desta forma, os indivíduos que apresentam maior CB obtêm maiores VN. CRAIG JUNIOR e PENDERGAST (1979) sugerem que performance em natação, em longo prazo, pode ser melhorada pela prática da modalidade com lentas FB a fim de obter um maior

CB, já que existe uma relação negativa entre FB e CB. Entende-se que, neste caso, se o incremento de CB for conseguido às custas da redução, no mínimo igual, de FB, a VN continuaria constante. Assim a sugestão mais adequada seria de incremento de CB sem redução igual de FB.

O comportamento do IN nos grupos F e T não foi influenciado pelos incrementos na intensidade de nado, nem pelas diferentes condições de respiração (apenas com a combinação entre respiração e intensidade no grupo T). No grupo V, pode-se verificar um comportamento irregular do IN, com aumento nas repetições com respiração e diminuição nas repetições sem respiração. Se o IN reflete adequação entre as variáveis CB, FB e VN às demandas energéticas do nado (COSTILL et al., 1985), variando em função da velocidade e do comprimento de braçada, neste estudo, refletiu, apenas, o aumento da velocidade obtido pelo aumento da FB.

No presente estudo, o IN dos três grupos, na alta intensidade, com ou sem respiração, foi de $3,62 \pm 0,73 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ e na média intensidade foi de $3,64 \pm 0,72 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, enquanto que os valores médios encontrados na literatura (CAPUTO et al., 2000) foram de 3,47 e $3,23 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente para as intensidades de 50 e 400 m nado livre, mas com uma amostra de nadadores e triatletas com características diferentes da amostra do presente estudo. De acordo com CAPUTO et al. (2000) os nadadores e triatletas avaliados apresentavam performance apenas moderada, enquanto que os atletas deste estudo apresentavam performance superior.

De maneira específica, o comportamento do IN do grupo T, durante as repetições sem respiração, mostrou a grande dependência que este grupo apresenta da FB para o aumento da VN, com forte redução dos valores do CB, já que, mesmo com a velocidade maior, o IN diminuiu (TABELA 2). Ou seja, como o IN é o produto entre VN e CB, para haver redução do IN com aumento da VN, deve haver redução maior de CB. Devido às características do IN de dependência dos comportamentos da VN e do CB, os resultados deste estudo parecem indicar que IN pode ser mais efetivo quando na análise de nadadores de menor nível técnico (neste estudo, o grupo T, pelos resultados de CB) o que corrobora as conclusões de PELAYO et al. (1997), mas parece discordar de resultados prévios, quando o IN foi analisado em apenas uma intensidade de nado (CASTRO, MORÉ & KRUEL, 2003).

Pelos resultados encontrados, o IN não parece ser um bom indicador da variação que ocorre em

CB e FB para o aumento da VN, já que possui a relação de dependência do comportamento da VN e do CB, sendo impossível perceber, por si só, os efeitos de melhor técnica (pelo incremento de CB) ou de simples aumento de velocidade.

Em relação às condições de respiração os resultados deste estudo indicaram que o grupo V e o grupo T apresentaram aumentos de FB e de VN quando realizaram nado sem respiração. Já o grupo F não apresentou alterações em nenhuma das variáveis devido às condições de respiração. As condições de respiração, associadas às diferentes intensidades de nado, influenciaram de maneira significativa o CB, a VN e o IN do grupo T. Esta influência não foi do mesmo modo encontrada nos grupos V e F. Este resultado indica o menor nível técnico dos triatletas, uma vez que um movimento que deveria ser simples de ser executado (a respiração lateral), e normalmente aprendido de modo a não dificultar a execução do nado, passa a ser responsável por alterações no desempenho.

O aumento da VN quando das repetições sem respiração, no grupo V, possivelmente está relacionado com a tática específica da prova de 50 m nado livre, quando os nadadores ou não executam movimentos para a respiração, ou executam poucos movimentos. Esta estratégia poderia influenciar a técnica de nado e o desempenho final. Este resultado contraria os achados de PAYTON et al. (1999) que indicaram não haver influência significativa do movimento de executar a respiração sobre o desempenho.

Conclusão

Os nadadores e triatletas deste estudo utilizaram-se do aumento da frequência média de braçadas, com concomitante diminuição do comprimento médio de braçadas para o incremento da velocidade média de nado. Índice de nado não parece ser adequado para a avaliação de atletas de alto nível, já que não foi capaz de, plenamente, informar a

O fator grupo (implicados a especificidade do treinamento e as características das provas disputadas) foi determinante nas respostas do CB, da VN e do IN, com maiores valores para o grupo V, em comparação aos grupos F e T. Neste estudo, nadadores apresentaram maiores valores de índice de nado que triatletas, o que poderia estar relacionado a uma melhor escolha individual da relação entre CB e FB em relação às demandas energéticas das intensidades solicitadas.

Por outro lado, se a FB não foi afetada pelo fator grupo, torna-se óbvio que o CB foi determinante nas diferenças entre nadadores e triatletas, sem precisar recorrer ao IN para a análise de atletas de melhor nível técnico. As diferenças do IN, entre os grupos, podem ser atribuídas tanto às maiores velocidades médias de nado, quanto aos maiores comprimentos de braçada obtidos por nadadores. Pelos resultados encontrados, parece que a utilização do IN, quando se observam as variáveis CB, FB e VN, é extremamente limitada, principalmente por que o mesmo é obtido pelo produto entre CB e VN. E VN é obtida pelo produto entre CB e FB, ou seja, IN é o produto entre o quadrado do CB e a FB.

Considerando o CB e a VN e assumindo a técnica utilizada pelos nadadores como um padrão, os triatletas deveriam buscar maiores comprimentos de braçada para otimizar o desempenho. Esta estratégia de aumentar o comprimento da braçada poderia proporcionar uma melhor propulsão e economia no nado (TOUSSAINT & BEEK, 1992).

respeito das alterações cinemáticas do nado em diferentes intensidades. A respiração, durante o nado em altas intensidades, de acordo com as características do atleta, pode interferir no desempenho. Nadadores de velocidade apresentam melhores indicadores cinemáticos de técnica de nado que nadadores de fundo e que triatletas.

Abstract

Front crawl kinematics for swimmers and triathletes under different intensity and breathing condition

Front crawl swimming kinematics parameters of 15 front-crawl competitive swimmers (nine sprint and six long distance athletes) and seven triathletes were compared. Mean stroke length (CB), mean stroke

rate (FB), mean swimming velocity (VN) and mean stroke index (IN) were determined under six different swimming conditions: three specific intensities (slow, moderate and fast) with and without breathing. Six trials of 25 m under the intensities and breathing described conditions were recorded in the sagittal plane with a motion analysis system (60 Hz). A reflective landmark was fixed on the swimmers' right wrist to determine the kinematics parameters. Stature, mass and upper limbs length were also measured in all participants. Statistical analyses ($p < 0.05$) indicated that sprinters were taller and had longer upper limbs than triathletes, but these results did not affect the groups' kinematics data comparisons. As intensity of swimming increased, CB decreased, FB increased, VN increased and IN did not show a consistent behavior for all groups. To increase VN, all groups enhanced FB as the adopted strategy. IN seems to be not an adequate index to assess swimming kinematics. Breathing motion modifies VN in sprinters and triathletes.

UNITERMS: Swimming kinematics; Stroke index; Stroke length; Front-crawl swimming; Triathlon.

Referências

- CAPUTO, F.; LUCAS, R.D.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, Brasília, v.8, n.3, p.7-13, 2000.
- CARDELLI, C.; LERDA, R.; CHOLLET, D. Analysis of breathing in the crawl as a function of skill and stroke characteristics. *Perceptual and Motor Skills*, Missoula, v.90, p.979-87, 2000.
- CASTRO, F.A.S.; MORÉ, F.C.; KRUEL, L.F.M. Relação entre o índice de braçadas e a performance em nadadores de 50 metros nado livre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 10., 2003, Ouro Preto. *Anais... Ouro Preto: SBB*, 2003. v.1, p.246-9.
- CHATARD, J.C.; LAVOIE, J.M.; LACOUR, J.R. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.61, p.88-92, 1990.
- _____. Energy cost of front crawl swimming in women. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.63, p.416-20, 1991.
- CHOLLET, D.; CHARLIES, S.; CHATARD, J.C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.20, p.54-9, 1999.
- COSTILL, D.L.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; KIRWAM, J.; FIELDING, R.; KING, D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.6, p.266-70, 1985.
- CRAIG JUNIOR, A.B.; PENDERGAST, D.R. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Medicine and Science in Sports*, Madison, v.11, p.278-83, 1979.
- CRAIG JUNIOR, A.B.; SKEHAN, P.L.; PAWELCZYK, J.A.; BOOMER, W.L. Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.17, n.6, p.625-34, 1985.
- GRIMSTON, S.K.; HAY, J.G. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.18, n.1, p.60-8, 1986.
- HAY, J.G. *Biomecânica das técnicas desportivas*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.
- HAY, J.G.; GUIMARÃES, A.C.S. A quantitative look at swimming biomechanics. *Swimming Technique*, v.20, p.11-7, 1983.
- KESKINEN, K.L.; KOMI, P.V. Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *Journal of Applied Biomechanics*, Champaign, v.9, p.219-26, 1993.
- KHERIF, T.; PELAYO, P.; SIDNEY, M.; CHOLLET, D.; TORNAY, C. Relationships between anthropomorphic and time and space parameters of elite swimmers in four styles during competition. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 7., 1994, Atlanta. *Book of Abstracts... Atlanta: [s.ed.]*, 1994, p.44.
- KJENDLIE, P.L.; STALLMAN, R.K.; GUNDERSEN, J.S. Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.91, p.649-55, 2004.
- MAGLISCHO, E.W. *Nadando ainda mais rápido*. São Paulo: Manole, 1999.
- MARINS, J.B.M.; GIANNICHI, R.S. *Avaliação e prescrição de atividade física*. 2.ed. Rio de Janeiro: Shape, 1998.
- PAYTON, C.J.; BARTLETT, R.M.; BALTZOPOULOS, V.; COOMBS, R. Upper extremity kinematics and body roll during preferred-side breathing and breath-holding front crawl swimming. *Journal of Sports Science*, London, v.17, p.689-96, 1999.

- PELAYO, P.; WILLE, F.; SIDNEY, M.; BERTHOIN, S.; LAVOIE, J.M. Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.37, p.187-93, 1997.
- PEREZ, A.J. Correlação de frequência e distância médias de braçadas com tempo atingido em provas competitivas por nadadores brasileiros. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, v.3, p.15-21, 2001.
- TOUSSAINT, H.M. Difference in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.22, n.3, p.409-15, 1990.
- TOUSSAINT, H.M.; BEEK, P.J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. **Sports Medicine**, Auckland, v.13, p.8-24, 1992.
- WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; IKUTA, Y.; MIYASHITA, M. Adaptations to six months of aerobic swim training, changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.14, p.268-72, 1994.
- YANAI, T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. **Journal of Biomechanics**, New York, v.36, p.53-62, 2003.

ENDEREÇO

Flávio Antônio de Souza Castro
Laboratório de Pesquisa do Exercício
Escola de Educação Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
R. Felizardo, 750 - B. Jardim Botânico
90690-200 - Porto Alegre - RS - BRASIL
e-mail: souza.castro@ufrgs.br

Recebido para publicação: 11/07/2005

1a. Revisão: 23/09/2005

2a. Revisão: 20/12/2005

3a. Revisão: 07/02/2006

Aceito: 09/02/2006