

ANÁLISE CINEMÁTICA DE NADADORES EM PROVAS CURTAS DE NATAÇÃO

Santos, S.S. silvio@ufu.br

Resumo. Treinadores têm demonstrado particular interesse nos aspectos da performance em natação, determinados por fatores fisiológicos e biomecânicos (Ungerechts, 1979). Aspectos biomecânicos tais como frequência de braçadas (FB), o comprimento de braçadas (CB), assim como velocidade de nado (VN), velocidade média (VM), número de ciclos por trecho de prova, velocidades de saída e viradas, foram estudados e amplamente discutidos por vários autores dentre eles, East (1970), Craig e Pendergast (1979a), Craig et al. (1985), Kennedy, Brown, Chengalur e Nelson (1990), Arellano, Brown, Cappaert e Nelson (1994). O objetivo desse trabalho é descrever e analisar os diversos parâmetros biocinemáticos que influenciam e determinam a performance na natação. A amostra foi constituída por 22 atletas do gênero masculino com idade média de $15,2 \pm 1,9$ anos que foram testados em provas de 100 metros nos estilos borboleta (100B), costas (100C), peito (100P) e livre (100L). Os atletas foram filmados e um software foi utilizado para a determinação dos parâmetros cinemáticos em cada prova. Foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, para avaliar a interação entre as diversas variáveis e o teste t para variáveis independentes para a comparação entre as médias. O nado peito foi o mais lento dos estilos sendo que as velocidades de saída e viradas nesse estilo mostram grande influência na diferença percentual entre os índices de eficiência técnica geral, assim como na diferença percentual entre as velocidades de nado e média da prova. A velocidade média da prova foi sempre superior à velocidade de nado em todos os estilos testados, devido basicamente ao efeito positivo sobre a primeira, da saída e das viradas. O nado livre foi aquele que melhor desenvolvimento técnico demonstrou, sendo seguido pelos nados de borboleta, costas e peito. Esses resultados sugerem haver uma grande distorção em relação ao desenvolvimento técnico e físico dos nadadores de peito quando comparados com nadadores dos outros estilos. A literatura carece de dados quantitativos para a comparação da performance desse grupo com outros de mesma faixa etária.

Palavras-chave – natação – índice de eficiência – velocidade de nado

INTRODUÇÃO

A melhoria dos processos e métodos de treinamento associados aos avanços tecnológicos (Arellano, 1984), assim como a melhoria da qualidade do treinamento que têm como objetivo o aumento da velocidade de nado (Craig, 1984), são alguns dos fatores que têm determinado a grande evolução da natação. Nesse sentido, fatores fisiológicos e biomecânicos têm demonstrado ser de grande importância na otimização da performance em natação (Ungerechts, 1979).

Aspectos biomecânicos tais como: frequência de braçadas (FB), definido como o número de ciclos por minuto e o comprimento de braçadas (CB), definido como a distância nadada em cada ciclo, foram amplamente discutidos por East (1970); Ungerechts (1979); Kreighbaum e Bartels (1985); Hay (1988), dentre outros. A relação entre velocidade de nado (VN), FB e CB foram estudados por vários autores, dentre eles East (1970), Craig & Pendergast (1979a), Craig et al. (1985), Kennedy, Brown, Chengalur e Nelson (1990), Arellano, Brown, Cappaert e Nelson (1994). Swaine e Reilly (1983), estudaram sete nadadores (5 homens e 2 mulheres) e seus resultados mostraram que a frequência tinha uma relação inversa com o comprimento das braçadas. Kennedy, Brown, Chengalur e Nelson (1990), Keskinen e Komi (1988) mostraram haver uma alta e significativa correlação entre FB e CB na produção da velocidade de nado. Keskinen, Tilli & Komi (1989) citam o fato de a velocidade de nado estar relacionada com o aumento da FB enquanto CB diminui, no entanto, os autores alertam para o fato de que essa relação existe quando a intensidade de nado não é especificada. Keskinen & Komi (1993) encontraram alta e significativa correlação negativa entre FB e CB. Um estudo de quatro anos, realizado por Pendergast e Termin (2000), demonstrou que a VN aumentou significativamente a partir do primeiro ano, devido ao aumento da FBmax (8%) e do CB (16%). A análise da literatura existente mostra que há ainda controvérsias quando se pretende determinar qual dos parâmetros CB ou FB são mais importantes ou preponderantes na determinação da VN. Vorontsov et al. (1991) investigaram o comportamento da VN, FB e o CB em nadadores com idade de 11 a 16 anos. Os autores não encontraram nenhuma diferença estatística na FB ao longo da prova, apesar do decréscimo da mesma ao longo do percurso. O CB variou de maneira não significativa. O decréscimo da velocidade de nado no final da prova foi atribuída à diminuição da FB. Para Hannula e Mason (2006) velocidade de nado, frequência e comprimento de braçadas, contagem do número de braçadas

executadas em uma prova de natação competitiva devem fazer parte de um grande planejamento estratégico que deve considerar ainda a ênfase na redução das deficiências técnicas do mesmo, que enfatizar suas qualidades atléticas. Ainda de acordo com os autores, o aumento do comprimento de braçadas deve ser priorizado durante as sessões de treinamento, não no sentido de maximizá-la durante as provas, mas, sobretudo, de otimizá-la. O aumento da velocidade de nado por meio do aumento da frequência de braçadas pode significar inadequada eficiência técnica.

O objetivo desse trabalho é descrever e comparar os parâmetros biocinemáticos de provas curtas de natação nos estilos livre, costas, borboleta e peito, assim como, as diferenças entre os seus índices de eficiência técnica, física e total.

MÉTODO

A amostra foi constituída por 22 atletas do gênero masculino, especialistas nas provas em que foram testados. Todas as provas analisadas foram de 100 metros. No estilo borboleta foram 3 atletas com idade média de $13,91 \pm 1,10$ anos, no costas 8 atletas com idade média de $13,57 \pm 0,96$, no peito 6 atletas com idade média de $13,89 \pm 1,42$ e no livre 5 atletas com idade média de $13,38 \pm 1,04$ anos. O tempo mínimo de prática de natação competitiva para o grupo foi de 5 anos. O teste consistiu de uma tomada de tempo para o percurso de 100m com a máxima velocidade no estilo de especialidade de cada nadador. Todos os testes foram filmados. Foi utilizada uma câmera de vídeo SVHSC compacta JVC com frequência de 60Hz. A câmera foi fixada em uma das laterais da piscina a uma distância aproximada de 15 metros da linha de nado. Cones externos de marcação foram alinhados fora da piscina em ambas as laterais da mesma, nas posições: 2m, 4m, 7m, 21m e 23m da borda de largada para servirem à calibração. Para tanto, foram fixados na raia e na superfície da água, cinco cones flutuantes de marcação (0,60m de altura) que se localizavam entre o nadador e a linha focal da câmera e nas seguintes posições: 2,88m, 4,71m, 7,46m, 20,29m e 22,13m, medidos à partir da borda de saída. Correções dessas posições foram feitas a partir do posicionamento do nadador nos pontos pré-fixados definidos pelos cones colocados fora da piscina. Cada rotação de 360° de um dos braços foi considerada como sendo $\frac{1}{2}$ ciclo para os nados assimétricos e, 180° de rotação de ambos os braços, para os nados simétricos. Foi utilizado o Software ST2005 para se determinar os tempos de saída, tempos de nado, tempos de viradas, as velocidades de saída, velocidades de nado, velocidades de viradas, a velocidade média da prova, a frequência e o comprimento médio de braçadas por trechos de 25m da prova assim como o número total de ciclos da prova e o número de ciclos por trecho da mesma. Foram calculados também os índices de eficiência técnica (produto entre a velocidade de nado e o comprimento médio de braçadas), eficiência física (produto entre a velocidade de nado e a frequência média de braçadas) e eficiência geral (produto entre a eficiência técnica e a eficiência física). A diferença entre as médias foi calculada utilizando-se o T test de Student com nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra o estilo e a metragem da prova nadada, o tempo total (T_{total}) gasto durante o percurso e o seu desvio-padrão, o tempo médio gasto nas saídas (considerando-se 7m), o tempo médio de cada trecho de 25m (dado em segundos), a velocidade de nado (VN), a velocidade média (VM) e a diferença percentual (DIF%) entre as velocidades. A saída mais lenta foi a de costas e a mais rápida foi a de borboleta. O percurso de 100m foi coberto em menor tempo pelos nadadores de estilo livre e o mais lento pelos nadadores do estilo peito. O tempo médio para cobrir cada trecho de 25m foi menor no estilo livre (16,22s) e maior no estilo peito (21,34s). A virada mais rápida em média aconteceu no estilo livre (3,46s) e a mais lenta no estilo peito (4,65s).

Tabela 1. Valores médios de tempo total das provas, tempo de saída e tempo médio dos trechos de 25m, tempo de virada, velocidade de nado, velocidade média e diferença percentual entre a velocidade média e a velocidade de nado.

Prova	T_{total} (s)	T_{saida} (s)	T_{trecho} (s)	T_{virada} (s)	VN_{medio} (m/s)	VM (m/s)	DIF. (%)
100B	$75,60 \pm 4,21$	$3,19 \pm 0,13$	$18,90 \pm 2,19$	$4,60 \pm 0,35$	$1,30 \pm 0,11^*$	$1,33 \pm 0,07^*$	2,25
100C	$76,98 \pm 3,86$	$4,11 \pm 0,35$	$19,25 \pm 1,30$	$3,77 \pm 0,60$	$1,23 \pm 0,09$	$1,30 \pm 0,07$	5,38
100L	$64,89 \pm 1,29$	$2,94 \pm 0,26$	$16,22 \pm 1,23$	$3,46 \pm 0,70$	$1,47 \pm 0,10$	$1,54 \pm 0,03$	4,54
100P	$85,37 \pm 5,65$	$2,97 \pm 0,05$	$21,34 \pm 2,23$	$4,65 \pm 0,56$	$1,11 \pm 0,08^*$	$1,17 \pm 0,06^*$	5,13

A maior velocidade de nado registrada aconteceu no estilo livre (1,47m/s), seguido pelos estilos borboleta (1,33m/s), costas (1,30m/s) e peito (1,17m/s). Vorontsov *et al.*(1991) encontraram velocidades de nado semelhantes ($1,52 \pm 0,07$) para atletas russos na mesma faixa etária. A mesma ordenação ocorreu em relação à velocidade média da prova (tabela 1). No entanto, a diferença entre ambas as velocidades para cada estilo variou em termos percentuais. Quanto maior for essa variação maior será, provavelmente, a influência das viradas e da saída sobre a velocidade média da prova, considerando-se que essa velocidade considera em seu cálculo, o percurso total de prova (100m), além do tempo de nado, o tempo gasto na saída e nas viradas. Dessa forma, podemos observar pela tab.1 que o nado de costas foi o que maior variação demonstrou, significando que a saída e as viradas nesse estilo tiveram grande impacto sobre o aumento da velocidade média da prova. O nado borboleta foi aquele que menor variação apresentou, demonstrando que a saída e as viradas não influenciaram o resultado final tanto quanto nos outros nados. A diferença nas velocidades de nado e média entre os estilos borboleta e peito foram significativas ao nível de $p < 0,05$, porém os tempos de saída e viradas não mostraram uma diferença estatisticamente significativa entre esses estilos. Dessa forma, podemos admitir que a grande diferença percentual entre as velocidades de nado e média (DIF.%) entre esses dois estilos se deveu basicamente à diferença apresentada nos valores de suas velocidades de nado. Portanto, de acordo com esses resultados, em especial para esse grupo testado, a saída e as viradas na prova de 100m estilo peito não tiveram grande importância no sentido de aumentar significativamente a velocidade média da prova. Houve diferença estatisticamente significativa ao nível de $p < 0,05$ entre as frequências de braçadas nos estilos livre e peito. Houve diferença estatística em relação aos parâmetros comprimento médio de braçadas e número médio de ciclos das provas entre os estilos peito e borboleta ($p < 0,02$ e $p < 0,01$), peito e costas ($p < 0,04$ e $p < 0,04$) e peito e livre ($p < 0,00$ e $p < 0,00$), respectivamente.

Tabela 2. Valores médios de quantidade de ciclos (#C), de comprimento de braçadas (CB) e frequência de braçadas (FB) por estilo. Valores marcados com *, **, Δ , $\square$, $^{\circ}$, $^{\diamond}$ apresentam diferença estatística.

Prova	#C (n ^o .)	CB (m)	FB (ciclo/s)
100B	$42,70 \pm 7,50$	$1,82 \pm 0,33^{**}$	$0,73 \pm 0,10$
100C	$40,70 \pm 5,10$	$1,80 \pm 0,21^{\Delta \square}$	$0,69 \pm 0,09^{\diamond}$
100L	$36,30 \pm 4,60$	$1,97 \pm 0,26^{^{\circ}}$	$0,76 \pm 0,09^{*\diamond}$
100P	$44,00 \pm 7,20$	$1,66 \pm 0,33^{**\Delta^{\circ}}$	$0,69 \pm 0,15^{*}$

A tabela 2 mostra o número médio de ciclos (#C), o comprimento médio (CB) e a frequência média (FB) de ciclos nas diferentes provas. Houve diferença estatisticamente significativa com $p < 0,05$ entre as frequências de braçada dos estilos costas e livre. Em relação ao comprimento de braçadas houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre o estilo peito e os estilos borboleta, costas e livre. Vorontsov *et al.*(1991) encontraram valores de $59 \pm 7,3$ ciclos/min e $1,55 \pm 0,19$ m para a frequência e o comprimento de braçadas para o estilo livre em atletas da mesma faixa etária, respectivamente. Esses valores são 21% superiores e 22% inferiores àqueles encontrados nesse trabalho (ver tab.2), demonstrando uma diferença de ênfase dos atletas brasileiros em relação à estratégia para o alcance e manutenção de sua maior velocidade de nado quando comparados aos atletas russos da mesma faixa etária e para essa prova.

Tabela 3. Índices de Eficiência Técnica (IET), Índices de Eficiência Física (IEF), Índices de Eficiência Total (IETT).

Prova	IET	IEF	IETT
100B	2,36	0,95	2,23
100C	2,22	0,85	1,89
100L	2,90	1,11	3,22
100P	1,84	0,77	1,41

O índice de eficiência técnica (IET) que relaciona o comprimento da braçada e a velocidade de nado alcançada foi maior no estilo livre e menor no estilo peito (ver tabela 3). O índice de eficiência física que relaciona a velocidade de nado e a frequência de braçadas foi maior no estilo livre e menor no estilo costas. O índice técnico geral (IETT) calculado a partir da velocidade de nado foi maior no estilo livre e menor no estilo peito. Esses índices procuram relacionar o aspecto técnico do nado (CB), o aspecto de preparação física (FB) com a velocidade desenvolvida pelo nadador. Espera-se com eles que a maior frequência e o maior comprimento de braçadas quando associados à maior velocidade de nado seja usado como parâmetro de referência para a medição desses dois aspectos tão importantes para análise da performance dos nadadores. Nesse sentido, pode-se constatar que os nadadores obtiveram melhor performance no estilo livre, seguido pelos estilos borboleta, costas e peito. O índice de eficiência técnica total (IETT) está extremamente correlacionado com a velocidade de nado ($r=0,994$) e inversamente correlacionado com o tempo de nado ($r=-0,974$). A partir desses índices pode-se constatar que o estilo livre (3,60) é aquele mais bem desenvolvido pelos nadadores desse grupo sendo o nado mais fracamente desenvolvido, o peito (1,60).

CONCLUSÃO

Segundo os resultados encontrados, pode-se concluir que o nado peito é o mais lento dos estilos sendo que as velocidades de saída e viradas nesse estilo mostram grande influência na diferença percentual entre os índices de eficiência técnica geral, assim como na diferença percentual entre as velocidades de nado e média da prova; a velocidade média da prova foi sempre superior à velocidade de nado em todos os estilos testados, devido basicamente ao efeito positivo sobre a primeira, da saída e das viradas; o nado livre foi aquele que melhor desenvolvimento técnico demonstrou, sendo seguido pelos nados de borboleta, costas e peito nessa ordem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARELLANO, R., BROWN, P. CAPPAERT, J., NELSON, R. C. 1994. Analysis of 50-, 100-, and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *Int. J. of Sport Biomech* 2, 189-199.
- CHOLLET, D; CHALIES, S. CHATARD, J. C. 2000. A new index of coordination for the crawl: Descriptions and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**. V-21, p.54-59..
- CRAIG, A. B. 1984. The basics of swimming. *Swimming Technique*. 20 (4), 22-27.
- CRAIG, A. B., SKEHAN, P., PAWELCZYK, J. A. ;BOOMER, W. L. 1985. Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. *Med. and Sci. in Sports Exerc.* Madison, 6, 625- 634.
- CRAIG, A. B.; PENDERGAST, D. R. 1979. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Med.Sci.Sports*. 11, 278-283.
- EAST, D. E. 1970. Swimming: An analysis of stroke frequency, stroke lenght and performance. *New Zealand Journal of health, physical education and recreation*. 3, 16 -27.
- HANNULA, D.; MASON, B. 2006. Understanding efficient technique. Monthly Newsletter of the Canadian Swimming Coaches & Teachers Association. April/May, pag.2-6
- HAY, J. 1988. The status of research on the Biomechanics of swimming. In: Ungerechts, B.E., Wilke, K., Reischle, K.(eds). *Swimming Science V. Human Kinetics*, Champaign, Ill., 3 - 14.
- KENNEDY, P.; BROWN, P.; CHENGALUR, S.; NELSON, R. 1990. Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100-meter events. *Int. J. of Sports Biomech*. Champaign, 2, 187-197.
- KESKINEN, K.; KOMI, P. 1988. Interaction between aerobic/anaerobic loading and biomechanical performance in free style swimming. In: Ungerechts,B.E., Wilke, K., Reischle, K., eds. *Swimming Science V, Human Kinetics*, Champaign,III, , 285-293.
- KESKINEN, K., TILLI, L.; KOMI, P. 1989. Maximum velocity swimming:Interrelationships of stroking characteristics, force prodution and anthropometric variables. *Scand.J. Sports Sci*. 11(2), 87-92.
- KREIGHBAUM, E.; BARTELS, K. M. 1985. *Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement*. 2. ed. New York. Macmillan Publishing Compagn.
- MORÉ, F.C. 2008. Determinação de coordenação de nado por meio da análise cinética e cinemática do estilo crawl. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SWAINE, I.; REILLY, T. 1983. The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on a biokinetic swim bench. *Med. and Sci. in Sports Exercise*. Madison, 5, 370-375.
- TERMIN, B.; PENDERGAST, D.R. 2000.Training using the stroke frequency – velocity relationship to combine biomechanical & metabolic paradigms, *Journal of Swimming Research*, Vol.14, Fall.
- UNGERECHTS, B. 1979. Über den Wert der Zugzahl -Ermittlung im Schwimmsport. *Leistungssport*. Berlin, 5, 353-356.

- VADAY, M ;NEMESSURI, M. 1971. Motor pattern of freestyle swimming. In: LEWILLIE,L;CLARYS,J.P. **Swimming science I**. Brussels: Université libre de bruxelles.p.167-173.
- VORONTSOV, A.R., BINEVSKY, D.A. 1991. Time and dynamic parameters of front crawl arm pull in boy-swimmers 11-16 years of age. Annual scientific report of Swimming Department. Central State Institute of Physical Culture, Moscow.

ABSTRACT

Coaches have been particularly interested in the aspects of performance in swimming, determined by physiological and biomechanical factors (Ungerechts, 1979). Biomechanical aspects such as stroke frequency (SF), the Stroke length (SL) and swimming velocity (SV), average speed (S), number of cycles, Start speed and Turn speed, were studied and widely discussed by many authors among them, East (1970), Craig and Pendergast (1979a), Craig et al. (1985), Kennedy, Brown, Chengalur and Nelson (1990), Arellano, Brown, Cappaert and Nelson (1994). The aim of this study is to describe and analyze the different kinematics parameters that influence and determine the performance in swimming. Twenty two male athletes with an average age of 15.2 ± 1.9 years were tested in 100 meters in the butterfly, back, breast and free styles. The athletes were filmed and a software was used for the determination of kinematic parameters in each test. We used the Pearson correlation coefficient to assess the interaction between the variables and the T test for independent samples to compare the means. The breaststroke was the slowest of the styles being that the start speeds and turns in this style show great influence on the percentage difference between the overall technical efficiency, as well as the percentage difference between the speeds of swimming and average of trials. The average speed of the test were higher than the swimming speed in all tested styles, mainly due to the positive effect of the start and turns. The freestyle was the one that best technical development has shown, followed by the butterfly, back and breaststroke. These results suggest a large distortion in relation to technical and physical development of breast swimmers compared to swimmers of other styles. The literature lacks quantitative data to compare the performance of this group with other same age group.