

MÉTODO PARA ANÁLISE DA COORDENAÇÃO DE MOVIMENTOS DE NADOS ASSIMÉTRICOS NA NATAÇÃO

Santos, S.S. silvio@ufu.br

Resumo. A organização e estruturação das fases das braçadas determinam em grande parte o nível de desempenho em termos técnicos, do nado (Vaday e Nemessuri, 1971). Moré (2008) determinou diferentes fases para a análise da coordenação do nado crawl, ou seja: captura - fase não propulsiva, oposição - fase propulsiva, e sobreposição - fase propulsiva de ambos os braços. Chollet et al.(2000) desenvolveram um índice de coordenação de nado baseado na duração total de ciclos de braçadas e sua relação com a ação dos braços separadamente durante a fase subaquática do nado. Eles verificaram que para nadadores mais velozes existe uma tendência em se reduzir as fases não propulsivas durante o nado. O objetivo desse trabalho é apresentar um método de análise da coordenação dos nados assimétricos (crawl e costas) enfatizando os parâmetros biocinemáticos de tempo das fases aérea e subaquática de membros superiores, assim como dos ciclos de pernadas e sua relação com o tempo total do ciclo. A partir de imagens subaquáticas a técnica dos nados de crawl e costas puderam ser analisada, por meio da confecção de um gráfico de barras horizontais, que representam cada ação do nadador, sendo o tamanho de cada barra representativa do tempo gasto em cada uma dessas ações. Cada barra é posicionada abaixo de uma linha de tempo que mostra em relação ao tempo total do ciclo onde aquela ação ocorreu. O modelo apresentado representa de maneira clara as relações temporais das ações desenvolvidas durante um ciclo de cada nado. Duração das fases, sobreposições de ações, percentual de duração de cada fase em relação ao tempo total de ciclo podem ser observados, analisados e comparados com outros atletas ou etapas da prova.

Palavras chave: nado crawl; coordenação de nado; biocinemática

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas a melhoria dos processos e métodos de treinamento associados aos avanços tecnológicos (ARELLANO,1994), assim como horas seguidas de treinamento que têm como objetivo a melhoria da velocidade de nado (CRAIG,1984), são alguns dos fatores que têm determinado a grande evolução da natação neste período. Nesse sentido, 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), e o comprimento de braçadas (CB), 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 e 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 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 e 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. Um estudo de quatro anos, realizado por Termin e Pendergast (2000), demonstrou que a VN aumentou significativamente a partir do primeiro ano, devido ao aumento da FBmax (8%) e do CB (16%). 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. De acordo com Seifert e Chollet (2005) o nado crawl é o único estilo de natação capaz de ser executado com continuidade de ações propulsivas. Todos os outros estilos de nado apresentam limitações biomecânicas em relação a esse aspecto, em especial o nado de costas devido à sua mobilidade articular.

A organização e estruturação das fases das braçadas determinam em grande parte o nível de desempenho em termos técnicos, do nado (Vaday e Nemessuri, 1971). Moré (2008) determinou diferentes fases para a análise da coordenação do nado crawl, ou seja: captura - fase não propulsiva, oposição - fase propulsiva, e sobreposição - fase propulsiva de ambos os braços. Chollet et al.(2000) desenvolveram um índice de coordenação de nado baseado na duração total de ciclos de braçadas e sua relação com a ação dos braços separadamente durante a fase subaquática do nado. Eles verificaram que para

nadadores mais velozes existe uma tendência em se reduzir as fases não propulsivas durante o nado. Diferentemente do modelo proposto por Chollet, Challies e Chatard (2000) que utilizavam duas filmadoras perpendiculares entre si e que observavam o movimento nos planos transversal e sagital esse modelo utiliza apenas uma câmera no plano sagital do movimento. Padrões de pernadas de 6 movimentos completos por ciclo de braçada são geralmente utilizados em provas de velocidade pois a alteração dessa medida pode acarretar mudanças na coordenação de nado (SEIFERT, CHOLLET, ALLARD, 2005).

Muito tem-se relatado e estudado acerca dos aspectos biomecânicos dos nados e da sua coordenação com ênfase na ação dos braços, no entanto, ainda são escassos na literatura modelos de análise que considerem a ação simultânea de membros superiores e inferiores. Métodos que identifiquem os aspectos biocinemáticos específicos das ações dos membros superiores ao longo do ciclo, tais como: sobreposição de fases durante o ciclo, duração delas etc., podem esclarecer muitos dos aspectos técnicos envolvidos nos parâmetros frequência e comprimento de ciclo.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é apresentar e aplicar um método de análise da coordenação dos nados assimétricos, costas e crawl, enfatizando os parâmetros biocinemáticos das ações de membros superiores e inferiores dos mesmos para um único ciclo de braçada.

2. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

A partir de imagens subaquáticas a técnica dos nados de crawl e costas puderam ser analisados, por meio da confecção de um gráfico de barras horizontais, que representam cada ação do nadador, sendo o tamanho de cada barra representativa do tempo gasto em cada uma dessas ações. Cada barra é posicionada abaixo de uma linha de tempo que mostra em relação ao tempo total do ciclo onde aquela ação ocorreu. Procedimentos para a aplicação do processo de análise do nado:

2.1. Sobre a aquisição das imagens

Fazer imagens a partir de filmagens subaquáticas no plano sagital do movimento, usando filmadora digital. Deve-se observar no mínimo 1 ciclo completo de braçada, tomando-se o cuidado para que todo o corpo do atleta possa ser observado durante o ciclo. A Câmera filmadora deve estar fixada dentro da água na lateral da piscina com foco perpendicular à direção de nado a uma profundidade aproximada de 30cm abaixo da superfície da água.

2.2. Sobre as características do nado a ser analisado

O atleta deve nadar à máxima velocidade observando as características de nado de sua prova, seja ela de curta ou média distancias.

2.3. Sobre a análise das imagens

As imagens precisam ser observadas à partir de um software que possibilite a observação quadro-a-quadro, com avanço e retrocesso das mesmas, assim como possibilitar o controle de tempo de cada ação do atleta. Para esse trabalho utilizou-se o software livre KINOVEA 8.15.

2.4. Sobre a confecção do gráfico

O gráfico representativo das fases dos nados é composto por sete linhas horizontais para o nado de crawl e nove para o costas. A primeira linha representa o tempo total gasto na execução de um ciclo de braçada e, as outras as diferentes fases da braçada (tração, finalização, aérea e pernada no crawl) e tração, finalização, recuperação, aérea e pernada, no costas. A fase de tração inicia-se com o ombro em completa flexão e termina quando o cotovelo posiciona-se imediatamente abaixo da linha de projeção vertical do ombro; a finalização termina quando a mão se encontra na superfície da água; a fase aérea inicia-se quando a mão abandona a água e termina quando ela toca a água tendo o ombro sua completa flexão; a fase de recuperação do nado costas inicia-se quando o cotovelo está totalmente estendido ao final da fase de finalização e termina quando a mão atinge a superfície da água. O ciclo de perna é computado à partir da posição mais profunda na água de um dos pés sua elevação e posterior descida do mesmo até o seu ponto inicial.

A linha de tempo horizontal com subdivisões a partir do tempo de duração de um único ciclo de braçada tem na sua extremidade esquerda o valor zero. A extremidade direita da reta de tempo tem valor igual ao tempo total de um ciclo de

braçada. As subdivisões da linha de tempo são feitas de acordo com a frequência de aquisição da filmadora, 24Hz, 30Hz, 60Hz ou mais. As linhas iniciaram-se quando se iniciava a ação de tração de cada um dos membros superiores e foram interrompidas quando essas ações terminavam. Cada linha representa a duração temporal de cada ação assim como onde elas têm seu início e término, dentro do ciclo, tendo como referencia a primeira linha (linha de tempo). Pode haver uma linha suplementar representativa da fase de deslize do nado, quando essa fase existir no nado.

3. APLICAÇÃO DO MODELO NA ANÁLISE DO NADO CRAWL

Considerando que um ciclo foi completado em 1,33 segundo e que a linha de tempo foi dividida em 39 partes, teremos cada ponto sobre a reta fixado em intervalos de 0,035 segundo. O ciclo foi iniciado com o ombro direito em completa flexão, punho no prolongamento do antebraço, cotovelos, quadris e joelhos em completa extensão e tornozelos em flexão plantar.

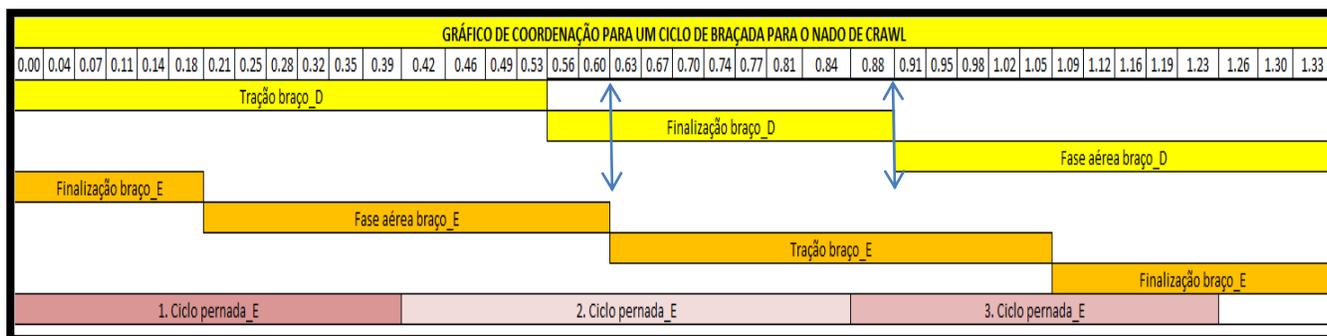


Gráfico 1. Representação das fases do nado estilo crawl de um nadador

Tempo de apoio e tração do braço direito foi de 0,53s. O percentual de duração em relação ao tempo total de ciclo foi 40%. Tempo de apoio e tração do braço esquerdo foi de 0,47s. O percentual de duração em relação ao tempo total de ciclo foi 35%. A finalização do braço direito durou 0,34s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi 25%. A finalização do braço esquerdo durou 0,37s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 28%. A fase aérea do braço direito durou 0,47s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi 35%. Fase aérea do braço esquerdo 0,4s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo 30%. O primeiro, segundo e terceiro ciclo de pernas durou 0,36s, 0,45 e 0,38 respectivamente. Os seus valores percentuais em relação ao tempo total de ciclo foram 27%, 34% e 28%, respectivamente. Houve uma sobreposição de ações de tração dos braços direito e esquerdo entre os tempos 0,60 e 0,88.

Dessa forma, o ciclo completo durou aproximadamente 1,34 segundo. A fase de tração dos braços durou 1,0 seg. sendo 0,53s. para o braço direito e 0,47 para o esquerdo. A fase de finalização durou 0,71s. sendo 0,34s. para o braço direito e 0,37s. para o braço esquerdo. A fase aérea durou cerca de 0,87s. sendo 0,47s. para o braço direito e 0,40s. para o braço esquerdo. Para cada ciclo de braçada foram realizados 3 ciclos de pernas sendo o tempo médio dispendido na ação das pernas de 0,40s. para cada ciclo. Houve um atraso de 0,07s. entre o final da tração do braço direito e o início da tração do braço esquerdo; O tempo total de ação do braço direito foi de 1,34s.; O tempo total de ação do braço esquerdo foi de 1,24s. O tempo da fase subaquática do braço direito foi de 0,87s. O tempo da fase subaquática do braço esquerdo foi de 0,84s. Pode-se notar uma assimetria entre o início da fase de tração do braço esquerdo (0,25s. antes do término da finalização do braço direito) e o braço direito (0,18s. antes do término da finalização do braço esquerdo). Diferentes durações de tempo da fase de tração apresentadas nessa simulação (0,47s. e 0,53s.) sugerem quantidades diferentes de força aplicadas em cada membro durante a fase propulsiva.

4. APLICAÇÃO DO MODELO NA ANÁLISE DO NADO COSTAS

Considerando que um ciclo foi completado em 1,37 segundo e que a linha de tempo foi dividida em 39 partes, teremos cada ponto sobre a reta fixado em intervalos de 0,035 segundo. O ciclo foi iniciado com o ombro direito em completa flexão, punhos no prolongamento do antebraço, cotovelos, quadris e joelhos em completa extensão e tornozelos em flexão plantar.



Gráfico 2. Representação das fases do nado estilo costas de um nadador

O tempo de apoio e tração do braço direito durou 0,43s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 31%. Tempo de apoio e tração do braço esquerdo durou 0,43s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 31%. A finalização do braço direito durou 0,27s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 20%. A finalização do braço esquerdo durou 0,24s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 18%. A fase de recuperação dos braços direito e esquerdo foi de 0,23s. e 0,20s., respectivamente. Os seus valores percentuais para ambos os braços foram de 17% e 15%, respectivamente. A fase aérea do braço direito durou 0,36s. O seu percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 26%. A fase aérea do braço esquerdo durou 0,47s. O seu valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 34%. O três primeiros ciclos de pernas duraram 0,47s, 0,43 e 0,47, respectivamente. O valor percentual em relação ao tempo total de ciclo foi de 34%, 31% e 34%, respectivamente. Houve uma interrupção do movimento entre o final da finalização e o início da recuperação do braço direito. Não há sobreposição entre as ações de tração dos dois braços. Portanto, o ciclo completo durou aproximadamente 1,37 segundo. A fase de tração dos braços durou 0,86 seg. sendo 0,43s. para cada um dos braços. A fase de finalização durou 0,51s. sendo 0,27s. para o braço direito e 0,24s. para o braço esquerdo. A fase aérea durou cerca de 0,83s. sendo 0,36s. para o braço direito e 0,47s. para o braço esquerdo. A fase de recuperação dos braços até a superfície da água durou aproximadamente 0,43 s. sendo 0,23 para o braço direito e 0,20 para o braço esquerdo. Para cada ciclo de braçada foram realizados 3 ciclos de pernas sendo o tempo médio dessa ação de 1,37s. O tempo médio dispendido na ação das pernas foi de 0,46s. para cada ciclo. O tempo total de ação do braço direito foi de 1,29s. O tempo total de ação do braço esquerdo foi de 1,34s. O tempo da fase subaquática do braço direito foi de 0,93s. O tempo da fase subaquática do braço esquerdo foi de 0,87s. O modelo mostra diferenças entre a soma dos tempos das fases de finalização e recuperação de ambos os braços mostrando uma maior velocidade do braço esquerdo em relação ao direito. Para garantir um maior equilíbrio no ciclo a fase aérea do braço esquerdo mostrou ser 8% mais lenta na mesma fase que o braço direito.

5. CONCLUSÃO

O modelo apresentado representa de maneira clara as relações temporais das ações desenvolvidas durante um ciclo dos nados assimétricos crawl e costas. Duração das fases, sobreposições de ações, percentual de duração de cada fase em relação ao tempo total de ciclo podem ser observados, analisados e comparados inclusive inter- ou intra- atletas inclusive em etapas diferentes da prova. Ele mostra ainda as assimetrias de fases de ambos os braços o que repercute negativamente na técnica de nado. A detecção de tais assimetrias é de fundamental importância para a melhoria da técnica dos nados.

6. 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 length 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, Ill.**, 285-293.
- KESKINEN, K., TILLI, L.; KOMI, P. 1989. Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production 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 Company.
- 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.
- SEIFERT, L.; CHOLLET, D. 2005. A new index of flat breaststroke propulsion: a comparison of elite men and women. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 23, n. 3, p. 309-320.
- SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; ALLARD, P. 2005. Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl. **Human Movement Science**. V24, p. 234-56.
- 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.

ABSTRACT

The organization and structure of the phases of strokes largely determine the performance's level in technical terms, the swimming (Vaday and Nemessuri, 1971). Moré (2008) determined different phases for the coordination analysis of free style, ie capture - no propulsive phase, opposition - propulsive phase, and overlapping - propulsive phase of both arms. Chollet et al. (2000) developed a swimming coordination index based on the total time of strokes cycles and its relation to the action of the arms separately during the underwater phase of the swim. They found that for faster swimmers there is a tendency to reduce non-propulsive phases during swimming. The aim of this paper is to present an analysis method of the coordination of free style and backstroke, emphasizing the kinematics parameters. From underwater images the free style and the backstroke could be seen through the making of a horizontal bar graph representing each action swimmer. The size of each bar representing the time spent in each phase of the swim. The bar is positioned below a timeline that shows the total cycle time where that action has occurred. The model presents clearly the time relationships of the actions taken during a cycle of each swim. Steps duration, actions overlap, percentage duration of each phase in relation to the total cycle time can be observed, analyzed and compared with other athletes or stages of the race.

Keywords: front crawl; coordination of swimming; biocinematica