

EFICIÊNCIA PROPULSIVA E CINEMÁTICA EM TESTE DE 50 M DE UM NADADOR ADOLESCENTE COM DEFICIÊNCIA VISUAL: UM ESTUDO DE CASO

PROPULSIVE EFFICIENCY AND KINEMATIC IN A 50 M TEST OF A TEENAGE SWIMMER WITH VISUAL IMPAIRMENT: A CASE STUDY

Marcos Franken¹

Resumo: O objetivo deste estudo foi investigar parâmetros da cinemática e da eficiência propulsiva no desempenho de 50 m de um nadador adolescente com deficiência visual (DV). Foi avaliado um nadador de 14 anos de idade (estatura: 1,58 m; envergadura: 1,65 m; massa corporal: 43,1 kg), com seis meses de experiência competitiva a nível escolar e foi classificado pelo Comitê Paralímpico Brasileiro como S12. Foram avaliados os seguintes parâmetros na distância de 50 m (T50) em nado *crawl*, sob máxima intensidade: frequência média de ciclos (FB), distância média percorrida por ciclo (DC), velocidade média de nado (VN), índice de nado (IN), eficiência propulsiva (η_p) e frequência média de pernadas (FP). Obtiveram-se os dados com duas câmeras de vídeo (60 Hz - acopladas a tripés na lateral da piscina, abaixo e acima da linha da água) e um cronômetro. Os resultados indicam uma diminuição da FB, da DC, da VN e da η_p ao longo do T50. Verificou-se também que o IN e a FP apresentaram redução nos valores ao longo do T50. Esses dados indicam que os fatores que influenciam o desempenho da natação de um nadador com deficiência visual treinado a nível escolar diferem na magnitude dos aspectos aqui avaliados daqueles dos seus homólogos convencionais.

Palavras-chave: Desempenho; Deficiência Visual; Nado Crawl.

Abstract: The aim of this study was to investigate kinematic parameters and propulsive efficiency in the 50 m performance of an adolescent swimmer with visual impairment (VI). A 14-year-old swimmer (height: 1.58 m; wingspan: 1.65 m; body mass: 43.1 kg) was evaluated, with six months of competitive experience at school level and was classified by the Brazilian Paralympic Committee as SW12. The following parameters were evaluated at a distance of 50 m (T50) in front crawl swimming, under maximum intensity: stroke frequency (SF), stroke length (SL), mean swimming speed (SS), stroke index (SI), propulsive efficiency (η_p) and mean kick rate (KR). Data were obtained with two video cameras (60 Hz - attached to tripods on the side of the pool, below and above the water line) and a stopwatch. The results indicate a decrease in SF, SL, SS and η_p throughout T50. It was also found that SI and KR showed a reduction in values throughout T50. These data indicate that the factors that influence the swimming performance of a visually impaired swimmer trained at school level differ in the magnitude of the aspects evaluated here from those of their conventional counterparts.

¹ Doutor em Ciências do Movimento Humano. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Câmpus de Santiago.

Keywords: *Performance; Visual Impairment; Front Crawl.*

Introdução

No âmbito dos fatores determinantes do desempenho na natação, a técnica desempenha um papel central no processo de treinamento ⁽¹⁾. A melhora no desempenho da natação que pode ser representada por nadar em maior velocidade, pode ser explicada pelo aumento da força propulsiva e uma diminuição no arrasto hidrodinâmico, que são alcançados principalmente com ênfase no treinamento técnico ^(1,2). Segundo Toussaint e Beek ⁽¹⁾, a frequência média de ciclos de braçadas (FB) e a distância média percorrida por ciclo de braçada (DC) representam a habilidade técnica de um nadador. Além disso, a velocidade média de nado (VN), indicador de desempenho, pode ser determinada pelo produto entre a FB e a DC ^(2,3).

O nado crawl é a forma mais rápida de locomoção aquática humana e é amplamente utilizado em treinamento e competição ⁽⁴⁾. Nesse sentido, para nadar mais rápido, é necessário produzir trabalho mecânico que será convertido em potência propulsora, com eficiência propulsiva adequada; e superar o arrasto hidrodinâmico produzido pelo aumento na velocidade, com emprego da técnica de forma adequada ⁽²⁾. Desse modo, a eficiência propulsiva (η_p) pode ser compreendida como a razão entre a potência utilizada para vencer o arrasto e a potência total produzida pelo nadador ⁽⁵⁾. Para ser eficiente no meio aquático, busca-se vencer as forças de arrasto, sem perdas significativas de aplicação na força propulsiva que ocorre quando se acelera massas de água em direções não propulsivas ⁽⁶⁾. Também, entende-se a η_p como a razão entre a potência utilizada para vencer o arrasto e a potência mecânica externa, sendo o percentual da força aplicada pelo nadador na água que realmente contribui para a propulsão ^(7,8).

No que se referem aos nadadores paralímpicos, poucas análises biomecânicas no desempenho da natação foram realizadas visando melhor compreender as características técnicas dos nadadores com deficiência visual (DV) ^(9,10). Malone et al. ⁽⁹⁾ verificaram que conforme maior o grau de DV, menor é o desempenho, a FB e a VN nas provas de 50 e 100 m nado livre em homens e mulheres nadadores de elite. No entanto, nenhum estudo foi realizado avaliando parâmetros da cinemática e da η_p de nadadores com DV, apesar do fato de que parâmetros destas áreas são determinantes para melhorar o desempenho na

natação competitiva na etapa de formação^(11,12). Nadadores competitivos com DV tendem a nadar com menor velocidade quando comparados a nadadores convencionais sem deficiência, devido à dificuldade em determinar sua posição na piscina e em manter uma linha reta de orientação do nado.

A visão é um meio muito eficaz de monitorar com precisão a posição e a orientação de uma pessoa no ambiente⁽¹³⁾. Durante uma atividade motora, a velocidade de um indivíduo é monitorada com mais precisão por meio do “fluxo óptico”. Complementarmente, outras funções visuais, como percepção de profundidade, sensibilidade à luz, sensibilidade ao contraste e percepção de movimento também devem ser consideradas, pois influenciam na velocidade⁽¹⁰⁾. Por exemplo, atletas com percepção de profundidade prejudicada podem ter uma desvantagem em sua capacidade de avaliar a distância até a parede, e, portanto, sua capacidade de preparar uma virada ou finalização da prova de maneira ideal pode ser prejudicada. Da mesma forma, a sensibilidade prejudicada ao contraste pode afetar a capacidade dos nadadores de se orientar se eles forem menos capazes de identificar a linha preta do fundo da piscina. Portanto, se espera que a cinemática e a ηp da natação fossem alteradas em resposta a esta deficiência. Assim, o objetivo desse estudo foi investigar parâmetros da cinemática e da eficiência propulsiva no desempenho de 50 m de um nadador adolescente com DV.

Materiais e Métodos

Foi avaliado um nadador de 14 anos de idade (estatura: 1,58 m; envergadura: 1,65 m; massa corporal: 43,1 kg), com seis meses de experiência competitiva a nível escolar e que treinava com frequência de seis vezes, distância de 9000 metros e duração de seis horas semanais na respectiva modalidade. O nadador em estudo foi classificado pelo Comitê Paralímpico Brasileiro como S12: classe funcional que compreende pouca visão com a capacidade de reconhecer a forma de uma mão à uma acuidade visual de 20/600 e/ou campo visual inferior a 5°⁽¹⁴⁾. O atleta fazia parte da equipe brasileira paralímpica escolar, frequentemente envolvidos em competições regionais e nacionais e era medalhista das paralimpíadas escolares nacionais.

Antes da participação nas avaliações, o participante foi informado sobre os procedimentos inerentes aos testes, e o seu responsável assinou o Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido. O participante também forneceu assentimento oral antes da realização da coleta de dados. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com os seres humanos da instituição onde foi desenvolvido (protocolo número: 56016616.4.0000.5353). O teste de 50 m (T50) em nado *crawl*, sob máxima intensidade, foi realizado no horário de treino do participante e o mesmo estava familiarizado com os procedimentos do teste. Foi recomendado ao nadador que reduzisse o nível de exercício físico por um período mínimo de 24 horas e abster-se do consumo de qualquer substância contendo álcool e/ou cafeína nas 12 horas anteriores ao teste.

Protocolo

O teste foi realizado em piscina aberta de 25 m (temperatura da água: $28,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; temperatura do ar: $28,1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) entre as 17 e às 18 horas com saída de dentro da piscina, sem técnica de saída de bloco e posteriormente a um aquecimento padrão de 300 m, que foi realizado nadando livremente pelo participante. Esse procedimento foi utilizado com o indivíduo a fim de evitar efeito da saída sobre a eficiência e a cinemática e obter distância de nado suficiente para a coleta dos dados.

Parâmetros de eficiência propulsiva e cinemática

Após o aquecimento, o participante foi orientado a realizar o T50. A coleta de dados para aquisição dos parâmetros de natação consistiu em cronometragem manual e gravação de imagens externas e subaquáticas do nado *crawl*. Para a gravação externa e subaquática, um sistema de videogrametria foi utilizado em duas dimensões com registro do nado *crawl* no plano sagital. As imagens foram coletadas na frequência de 60 Hz nos trechos de 25 m que antecederam as parciais de 25 m (T1) e 50 m (T2).

O tempo para realização do teste foi registrado com cronometragem manual (*Technos, modelo 100 lap memory, Suíça*), por dois avaliadores experientes. Para minimizar os erros decorrentes da cronometragem manual, foram registrados apenas os décimos de segundos, sem a inclusão dos centésimos⁽¹⁵⁾. Se os tempos obtidos pelos dois avaliadores fossem diferentes nos décimos, utilizava-se a média do valor registrado. O início do T50 para o participante foi indicado sob voz de comando e o término quando o nadador tocasse

com a mão na borda. O desempenho foi considerado como o tempo para percorrer o T50 m⁽¹⁶⁾.

Os dados de eficiência propulsiva e cinemática do T50 foram obtidos com a gravação de imagens externa e subaquática do nado *crawl* e a utilização do software Kinovea em duas dimensões com a gravação do nado, no plano sagital, a uma frequência de 60 Hz com duas câmeras de vídeo (Nikon, W300) que foram sincronizadas. Uma câmera foi posicionada aproximadamente 40 cm abaixo da superfície da água (câmera subaquática) e a outra câmera foi posicionada aproximadamente 90 cm acima da superfície da água (câmera externa). A distância entre a lente das câmeras e o plano de deslocamento do nadador era de, aproximadamente, 7,5 m. Essas distâncias permitiram um campo de visão de, aproximadamente, 5,0 m do plano de deslocamento do indivíduo que foram considerados para ambas as câmeras.

Com isso foram obtidas as variáveis de FB, DC, VN, IN, tempo de ciclo e FP. Previamente à gravação das repetições, a imagem de uma régua de calibração de 5 m de comprimento foi gravada ao campo de captação⁽¹⁶⁾. Os primeiros 10 m da piscina foram desconsiderados e os intervalos entre 10 e 20 m para o T1 e entre 35 e 45 m para o T2, a fim de minimizar efeitos da propulsão contra a borda da piscina. A determinação da frequência média de ciclos (FB) foi realizada a partir da entrada da mão direita na água até a próxima entrada [tempo de um ciclo (Tciclo)] ao longo de dois ou três ciclos ao centro da imagem. A FB foi calculada pelo quociente entre o número de ciclos de braçada executados e o tempo para executá-los dentro dos 5,0 m. A VN foi obtida por meio do quociente entre a distância percorrida no plano horizontal da cabeça do nadador e do tempo para deslocar dentro dos 5,0 m. A distância média percorrida a cada ciclo (DC) foi obtida pelo quociente entre a VN e a FB para cada repetição. Foram utilizados os valores de DC e VN para o cálculo do índice de nado (IN) a partir da equação $IN = VN \cdot DC$ (m²·s⁻¹)⁽¹⁷⁾. Embora possa ser compreendida como uma variável cinética, pois informa a respeito da força propulsiva, ηp é obtida por parâmetros cinemáticos⁽¹⁸⁾. A ηp foi estimada por meio de modelo simplificado proposto por Zamparo et al.⁽¹⁹⁾:

Equação 1

$$\eta p = \left(\left(\frac{v * 0,9}{2 * \pi * FB * l} \right) * \frac{2}{\pi} \right) * 100$$

Em que o ηp é a eficiência propulsiva da braçada (pois considera a braçada responsável por 90% da da velocidade média de nado – 0,9), v representa a velocidade média de nado, FB é a frequência média de ciclos de braçadas e l é a distância linear entre o centro do ombro e o centro da mão quando esta se encontra abaixo do ombro (transição entre as fases de puxada e empurrada da braçada), ao meio da fase propulsiva da braçada⁽²⁰⁾. O resultado da ηp foi multiplicado por 100 para ser identificado em percentual. A ηp foi estimada como descrito na equação (1). O comprimento do membro superior foi calculado com recurso a uma correção trigonométrica da distância entre a articulação escápulo-umeral e o terceiro dedo, considerando o ângulo relativo médio entre o antebraço e o braço descrito por Zamparo⁽⁸⁾ para nadadores de semelhante idade cronológica e sexo. A FP foi obtida por meio da análise das imagens de vídeo subaquática no software Kinovea com análise dos quadros da imagem correspondentes a um ciclo completo de braçadas⁽²¹⁾. O campo de visão foi de aproximadamente 5 m. A partir da identificação destes quadros foi mensurado o número de batidas de pernas durante a realização de um ciclo de braçadas. Foi considerado como um ciclo completo de pernas a cada movimento descendente e ascendente realizado por um dos membros inferiores. A FP (ciclos.min⁻¹) foi analisada conforme a Equação 2:

Equação 2

$$FP = n / Tc$$

Em que o FP representa a frequência média de pernas, o n representa o número total de ciclos de pernas e a Tc representa o tempo para a realização de um ciclo de braçada. Para sincronização de imagens obtidas por duas câmeras, foi utilizado um sinal luminoso, que foi disparado simultaneamente para ambas às câmeras por meio de um diodo emissor de luz (LED). Esta medida teve como objetivo determinar o quadro único para o início das análises de imagens obtido de ambas as câmeras⁽¹⁵⁾.

Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores das variáveis dos tempos parciais, FB, DC, VN, IN, FP e ηp que foram obtidos nos trechos T1 e T2 do nadador adolescente com DV no T50. O valor do tempo no desempenho do T50 foi 38,73 s, representando a velocidade da prova de $1,29 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabela 1: Tempo parcial, Frequência média de ciclos de braçadas (FB), Distância média percorrida por ciclo de braçada (DC), Velocidade média de nado (VN), Índice de nado (IN), Frequência média de pernadas (FP) e eficiência propulsiva (ηp) em cada trecho dos 50 m do nadador adolescente com DV.

	T1 (0 – 25 m)	T2 (25 – 50 m)
Tempo parcial (s)	17,73	21,00
FB (ciclos·min ⁻¹)	66,66	60,00
DC (m)	1,26	1,19
VN (m·s ⁻¹)	1,40	1,19
IN (m ² ·s ⁻¹)	1,76	1,41
FP (ciclos·min ⁻¹)	71,2	60,8
ηp (%)	22,29	17,05

De acordo com os resultados da Tabela 1, observou-se uma estratégia de prova de ritmo rápido-lento, onde a parte inicial da prova foi mais rápida em relação a final com diminuição da velocidade ao longo da prova, com valor superior no T1 ($1,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) e reduzindo-se em 15% ($1,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) no T2. Essa diminuição da velocidade ao longo do T50 pode ser explicada pelos seguintes resultados em valores e percentual de modificação: notável redução da FB (de 66,6 para 60,0 ciclos·min⁻¹; 9%), da DC (de 1,26 para 1,19 m; 5%), do IN (de 1,76 para 1,41 m²·s⁻¹; 19%), da FP (de 71,2 para 60,8 ciclos·min⁻¹; 14%) e da ηp (de 22,29 para 17,05%; 23%).

Discussão

Este estudo apresentou uma diminuição da FB, da DC, da VN e da ηp ao longo do T50. Verificou-se também que o IN e a FP apresentaram redução nos valores ao longo do T50.

A diminuição conjunta da velocidade, da FB, da DC e do IN está de acordo com a literatura para nadadores com DV⁽⁹⁾. Este estudo⁽⁹⁾ apresentou diminuição das variáveis cinemáticas ao longo da prova dos 100 m nado livre e consideram que as alterações mecânicas são induzidas pela fadiga em situação de competição. Complementarmente é válido salientar que, para velocidades elevadas, nadadores com DV (classe S12) utilizam a principalmente a FB para conseguirem aumentar a velocidade de nado, assim como em nadadores de elite convencionais e com alguma deficiência física ou visual^(9,12,22).

Os valores de FP encontrados no presente estudo estão muito abaixo aos reportados em nadadores competitivos convencionais⁽²¹⁾, o que pode ser explicado pelo tempo de experiência do nadador com DV, o que pode indicar que o atleta deve enfatizar o desenvolvimento da movimentação de pernas no nado crawl nas sessões de treinamento. Como a FP apresenta função importante na contribuição do equilíbrio e também da propulsão para o desempenho do nado, professores e treinadores de natação devem enfatizar e promover o desenvolvimento e a melhora da movimentação de pernas no nado crawl nas sessões de treinamento com a modalidade independente do nível de experiência do atleta convencional e com DV.

Ainda, as estratégias que as crianças e adolescentes de diferentes níveis de habilidade adotam para resolver problemas motores advindos do deslocamento na água são de aumento da FB, já que a DC fica menor, o que pode ser explicado pelo nível de habilidade e de experiência com a modalidade^(23,24). Isso pode ser explicado como a estratégia que os jovens adotam para melhorar a propulsão em diminuir a duração do ciclo e, consequentemente, aumentar a FB o que corrobora com os resultados do presente estudo. Kjendlie e Stallman⁽²⁵⁾ verificaram que nadadores adultos possuem menores valores de FB, tanto em velocidades máximas e submáximas quando comparados à crianças e adolescentes. Isso pode ser explicado não apenas a diferenças na antropometria, mas provavelmente ao nível da técnica, a qual possibilita que os adultos sejam nadadores eficazes para a mesma tarefa. Isso pode explicar os resultados encontrados no presente estudo quando comparado aos encontrados (maior DC e menor FB) em nadadores de elite com DV⁽⁹⁾.

Castro et al.⁽¹⁸⁾, em teste de 200 m nado crawl, utilizando o método bidimensional (similar ao utilizado no presente estudo), identificaram valores de ηp de $38,6 \pm 1,1\%$ em uma

velocidade média de nado de $1,52 \pm 0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, entre nadadores convencionais de nível regional e nacional. Ou seja, de toda a força aplicada pelos nadadores, a partir das braçadas, na água, apenas cerca de 38% realmente era propulsiva. Os valores encontrados no presente estudo de ηp entre 17,05% e 22,29% em uma velocidade média de nado entre $1,19$ e $1,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ nos trechos do teste de 50 m nado crawl em um nadador escolar com DV ficaram abaixo aos reportados por Castro et al. ⁽¹⁸⁾.

Ao analisar os desempenhos do nadador adolescente com DV no presente estudo, alguns aspectos devem ser considerados. De um ponto de vista puramente teórico, a falta de visão por si só não deve afetar a técnica de nado. Além disso, o comprometimento visual em si não é uma condição limitante para a execução do nado, pois não há razão fisiológica para que pessoas com DV não possam se sobressair no esporte ⁽⁹⁾. Cabe salientar, que o fato de o nadador adolescente com DV do presente estudo nadar com menor velocidade quando comparado a nadadores convencionais da mesma idade ⁽²⁶⁾, pode ser devido à dificuldade em determinar sua orientação de posição na piscina e em manter uma trajetória de linha reta de execução do nado. Na natação, o medo ou a apreensão de atingir as cordas da raia e as bordas finais também seriam um fator que implicaria no desempenho, dependendo da ocorrência e do grau de perda visual ⁽⁹⁾.

A quantidade de treinamento e os anos de experiência foram significativamente associados ao desempenho em natação de atletas com DV ⁽²⁷⁾. A falta de experiência, e não a falta de habilidade, é tipicamente a causa de atrasos no desenvolvimento motor e refinamento de habilidades em indivíduos com DV ⁽²⁸⁾. Para atingir seu maior potencial, os nadadores com DV devem ter a oportunidade de treinar em clubes competitivos com treinadores especializados e passar pelo rigoroso treinamento que é necessário para a melhora do desempenho. São recomendadas para futuros estudos, avaliações dos movimentos coordenativos e das fases da braçada na natação em jovens com DV como aspectos complementares e mais detalhados na avaliação dos parâmetros da técnica. Como aplicações práticas para o treinamento em natação paralímpica, professores devem observar o comportamento da técnica nas sessões de treino.

Considerações Finais

Esses dados indicam que os fatores que influenciam o desempenho da natação de um nadador com deficiência visual treinado a nível escolar diferem na magnitude dos aspectos aqui avaliados daqueles dos seus homólogos convencionais. Além disso, a avaliação aqui apresentada é de considerável importância para melhorar o desempenho na natação.

Referências bibliográficas

1. Toussaint HM, Beek PJ. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Med.* 1992;13:8-24.
2. Barbosa TM, Costa M, Marinho DA, Coelho J, Moreira M, Silva AJ. Modeling the links between young swimmers' performance: energetic and biomechanic profiles. *Pediatr Exerc Sci.* 2010;22:379–91.
3. Craig AB, Pendergast DR. Relationships of stroke rate distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc.* 1979;11(3):278-283.
4. Platonov VN. Treinamento desportivo para nadadores de alto nível: manual para os técnicos do século XXI. São Paulo: Phorte; 2005.
5. Toussaint H. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *J Sci Med Sport.* 1998;22:409-415.
6. Truijens M, Toussaint H. Aspectos biomecânicos do desempenho máximo na natação humana. *Animal Biology.* 2005; 55: 17-40.
7. Toussaint H, De Looze M, Van Rossem B, Leijdekkers M, Dignum H. The effect of growth on drag in young swimmers. *J Appl Biomech.* 1990;6:18-28.
8. Zamparo P. Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97:52-58.
9. Malone LA, Sanders RH, Schiltz JH, Steadward RD. Effects of visual impairment on stroke parameters in Paralympic swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(12):2098–2103.
10. Fortin-Guichard D, Ravensbergen HJC, Krabben K, Allen PM, Mann DL. The Relationship Between Visual Function and Performance in Para Swimming. *Sports Med Open.* 2022;4;8(1):20.
11. Zamparo P, Capelli C, Pendergast DR. Energetics of swimming: a historical perspective. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(5):367–378.
12. Figueiredo P, Nazario R, Sousa M, Pelarigo JG, Vilas-Boas JP, Fernandes R. Kinematical Analysis along Maximal Lactate Steady State Swimming Intensity. *J Sports Sci Med.* 2014;13(3):610-5.
13. Lee DN. Visuo-motor coordination in space-time. In: *Tutorials in Motor Behavior*, GE Stelmach and J Requin (Eds.). Amsterdam: North-Holland 1980:281–295.

14. Lieberman LJ. Visual impairments. In: Winnick JP, ed. *Adapted Physical Education and Sport*. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics 2011:233–248.
15. Franken M, Ludwig RF, Cardoso TP, Silveira RP, Castro FAS. Performance in 200 m front crawl: coordination index, propulsive time and stroke parameters. *Rev Bras Cineantropm Hum*. 2016;18(3):311-321.
16. Castro FAS, Guimarães ACS, Moré FC, Lammerhirt H, Marques A. Cinemática do Nado Crawl sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. *Rev Bras Educ Fís Esp*. 2005;19(3):223-232.
17. Costill DL, Kovaleski J, Porter D, Kirwam J, Fielding R, King D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int J Sports Med*. 1985;6:266-70.
18. Castro FAS, Correia R, Fiori J, Giuliano A, Trindade C, Feitosa WG. Practical application of the simplified model to assess the arm stroke efficiency: atool for swimming coaches. *Int J Perform Anal Sport*. 2021;21:900-908.
19. Zamparo P, Pendergast DR, Mollendorf J, Termin A, Minetti AE. An energy balance of front crawl. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94:134-144.
20. Silveira RP, Soares M, Zacca R, Alves B, Fernandes R, Vilas-Boas JP. A biophysical analysis on the arm stroke efficiency in front crawl swimming: comparing methods and determining the main performance predictors. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:292.
21. Morris KS, Osborne MA, Shephard ME, Skinner TL, Jenkins DG. Velocity, aerobic power and metabolic cost of whole body and arms only front crawl swimming at various stroke rates. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:1075–1085.
22. Willig RM, Figueiredo P, Ribeiro J, Tribuzi S, Alves F, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Caracterização biomecânica da prova de 50 m livres de uma nadadora com deficiência física unilateral de membro superior. *Rev Port Ciênc Desp*. 2012;12:98-109.
23. Freudenheim AM, Basso L, Xavier Filho E, Madureira F, Silva CGS, Manoel EJ. Organização temporal da braçada do nado crawl: iniciantes “versus” avançados. *Rev Bras Ciênc Mov*. 2005;15(2):75-84.
24. Franken M, de Jesus K, de Jesus K, Castro FAS. Technical characterization of the front crawl in children during the 50-m maximum test. *Gazzet Med Ital - Arch per le Sci Med*. 2022;181(3):103-9.
25. Kjendlie P, Stallman R. Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:649–655.
26. Vitor FM, Böhme MT. Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatr Exerc Sci*. 2010;22:278–287.
27. Makris VI, Yee RD, Langefeld CD, Chappell AS, Slemenda CW. Visual loss and performance in blind athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25:265–269.
28. Winnick JP. (Editor). *Adapted Physical Education and Sport* (3rd Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics. 2000:160–180.