

Relação entre parâmetros cinemáticos e de desempenho motor de crianças na natação

Relation between kinematic parameters and motor performance of children in swimming

FRANKEN M, MARTINS MB, DE VARGAS JLB, BRASIL FD, FREITAS VS. Relação entre parâmetros cinemáticos e de desempenho motor de crianças na natação. *R. bras. Ci. e Mov* 2020;28(2):129-135.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi comparar e correlacionar parâmetros cinemáticos e de desempenho motor no nado crawl em crianças em diferentes níveis de aprendizagem. 24 crianças nadadoras (18 do sexo masculino e seis do sexo feminino), com idade entre oito e dez anos participantes de um projeto de extensão em natação escolar foram divididas entre três grupos iniciante, intermediário e avançado que foram selecionadas de acordo com a avaliação do teste de desempenho motor (TDMNC). Foram avaliadas em uma repetição de 10m em máxima intensidade e a avaliação do TDMNC e dos parâmetros cinemáticos do nado crawl foram realizadas em conjunto. Os dados foram obtidos com uma câmera de vídeo (60 Hz - acoplada a um tripé na lateral da piscina, acima da linha da água) e um cronômetro. Foram registrados: TDMNC, frequência média de ciclos (FC), distância média percorrida por ciclo (DC), velocidade média de nado (VN), índice de nado (IN) e tempo para percorrer os 10m (T10). Comparações das variáveis entre os grupos foram realizadas e correlações entre as variáveis cinemáticas e o desempenho no TDMNC foram testadas com α de 5%. Os achados deste estudo indicam que as crianças do grupo de nível avançado apresentaram maiores valores de FC, DC, VN e IN quando comparadas às de nível iniciante e intermediário. Ainda, foram identificadas que o TDMNC e os parâmetros cinemáticos possuem alta correlação. O teste TDMNC parece ser viável para a aplicabilidade prática do profissional nas escolas e clubes de natação na avaliação da aprendizagem em crianças.

Palavras-chave: Biomecânica; Desempenho motor; Esportes aquáticos.

ABSTRACT: The objective of this study was to compare and correlate kinematic and motor performance parameters in the front crawl in children at different levels of learning. 24 swimming children (18 males and six females), aged between eight and ten years old, participating in an extension project in school swimming were divided into three beginner, intermediate and advanced groups who were selected according to evaluation of the motor performance test (MPTFC). They were evaluated in a 10m repetition at maximum intensity and the evaluation of the MPTFC and the kinematic parameters of the front crawl were performed together. Data were obtained with a video camera (60 Hz - coupled to a tripod on the side of the pool, above the water line) and a stopwatch. The following were recorded: MPTFC, stroke rate (SR), stroke length (SL), mean swimming speed (SS), swimming index (SI) and time to cover 10m (T10). Comparisons of variables between groups were made and correlations between kinematic variables and performance in MPTFC were tested with α of 5%. The findings of this study indicate that children in the advanced level group had higher values of SR, SL, SS and SI when compared to those at the beginning and intermediate levels. Also, it was identified that the MPTFC and the kinematic parameters have high correlation. The MPTFC test seems to be feasible for the professional's practical applicability in schools and swimming clubs in the assessment of learning in children.

Key words: Biomechanics; Motor performance; Aquatic sports.

Marcos Franken^{1,2}
Matheus Bolzan Martins²
José Luciano Benites de Vargas²
Frederico Deponti Brasil²
Velton da Silva de Freitas²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul

² Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Introdução

O nadar refere-se a uma ação predominantemente motora de propulsão no meio aquático. Após a etapa inicial da adaptação geral na aprendizagem em natação, o nado crawl é considerado pelo modelo americano, o primeiro estilo tradicional a ser ensinado em escolas de natação, por ser composto de movimentos alternados¹. O nado crawl é constituído por três ações principais para a sua execução: 1) da pernada; 2) da braçada; e, 3) da respiração, sendo o nado mais rápido dos quatro estilos pela sua eficiência e movimentos alternados de pernada e de braçada¹. O deslocamento eficiente do corpo na água exige uma ação coordenada de pernas, braços, tronco e cabeça, favorável à sua propulsão. Nesse sentido, a sincronização temporal dos movimentos desses vários componentes é essencial para a tarefa². Este nado também é considerado o mais praticado por nadadores amadores e por iniciantes na modalidade¹.

Devido às características físicas do meio aquático, para uma melhor prática, é necessária atenção constante às técnicas de nado, que, quando corretamente executadas, possibilitam maior eficiência com o mínimo de custo energético, conforme a demanda da tarefa^{3,4,5}. Existem alguns instrumentos de avaliação qualitativa da técnica na natação já utilizados^{6,7,8,9}, como o teste de desempenho motor no nado crawl (TDMNC)⁸, que apresentam limitações e que outras formas mais precisas envolvem análise biomecânica. Uma das maneiras de se avaliar a técnica pode ser pelo conhecimento de parâmetros biomecânicos, tais como, as variáveis cinemáticas do nado, de modo específico, da distância média percorrida por ciclo de braçada (DC) e da frequência média de ciclos (FC), da velocidade média de nado (VN) e do índice de nado (IN)^{10,11}. A DC depende das forças aplicadas pelo nadador na água em cada braçada. A FC depende do tempo gasto nas fases propulsiva e não-propulsiva na execução da braçada. Pelo produto entre a FC e a DC, em uma determinada tarefa, pode-se obter a VN em metros por segundo ($m \cdot s^{-1}$). Desconsiderando os efeitos propulsivos de saída e/ou viradas, este é um indicador de desempenho e parâmetro de avaliação^{10,12}. O IN, de acordo com Costill et al.,¹¹ assume que o nadador que percorre a maior DC, em determinada VN, apresenta a técnica mais efetiva. Assim, o maior valor da DC e do IN são considerados indicadores de melhor técnica para alcançar maior velocidade¹³.

Diversos estudos^{3,4,10,12,14,15,16,17} encontraram como estratégia mais utilizada para o incremento de VN em natação, aumento da FC e diminuição da DC. Para as crianças que praticam a natação, as ferramentas pedagógicas parecem ser mais limitadas, possivelmente devido ao desconhecimento, por parte dos professores, sobre como acontecem as alterações biomecânicas e motoras ao executar os nados⁹. Não foram encontrados estudos que avaliassem parâmetros biomecânicos e motores em diferentes níveis de aprendizagem no nado crawl em crianças avaliadas. Há poucos trabalhos abordando parâmetros cinemáticos de nado em crianças, pois a maioria dos estudos nessa área é voltada a nadadores adultos^{4,16,17}. Portanto, estudos envolvendo esses aspectos são necessários, uma vez que um grande número de nadadores se encontra nessas faixas etárias, quando deve ser dada maior atenção ao direcionamento do desenvolvimento da técnica na modalidade¹⁸.

Mesmo compreendendo que a aprendizagem na natação pode ser medida pelo desempenho motor^{7,8}, torna-se claro que identificar fatores biomecânicos e motores de forma conjunta é importante para o professor, que a partir de uma avaliação mais precisa pode melhorar a sua abordagem pedagógica com as crianças. Analisar parâmetros biomecânicos em crianças que estão em diferentes níveis de aprendizagem no nado crawl pode oferecer informações importantes e mais detalhadas como uma ferramenta complementar na avaliação da aprendizagem, tais como, quanto o aprendiz aumenta a velocidade e como modifica o ritmo da braçada e o deslocamento do mesmo. Ainda, possíveis relações entre parâmetros biomecânicos e motores, podem demonstrar a validade da avaliação motora tendo em vista que é mais viável para a aplicabilidade prática do profissional nas escolas e clubes de natação. Além disso, a obtenção de dados de grupos de crianças nadadoras pode servir como referência para a prática pedagógica no ensino em natação.

Assim, o objetivo deste estudo foi comparar e correlacionar parâmetros cinemáticos e de desempenho motor no nado crawl em crianças em diferentes níveis de aprendizagem. A hipótese deste estudo foi de que existe correlação significativa entre parâmetros cinemáticos e o TDMNC.

Materiais e Métodos

Participaram deste estudo 24 crianças nadadoras (18 do sexo masculino e 6 do sexo feminino), com idade entre oito e dez anos. Todas realizavam aulas de natação há pelo menos seis meses de um projeto de extensão em natação escolar, com frequência de duas sessões semanais, com duração de 45 minutos cada sessão. As crianças foram recrutadas para participar do estudo de forma intencional e por conveniência. A amostra foi dividida em três grupos: *Iniciante*, *Intermediário* e *Avançado*, com oito crianças (seis meninos e duas meninas) cada, todos em fase de aprendizagem do nado *crawl*.

As características antropométricas foram obtidas previamente à aplicação do protocolo de avaliação, dos grupos iniciante, intermediário e avançado (Tabela 1). Massa corporal e estatura foram obtidas com a utilização, respectivamente, de uma balança e de um estadiômetro (Sanny; resoluções de 0,1 kg e 0,01 m). Foram seguidas as recomendações de Isak¹⁹ para a obtenção dos valores de massa corporal total e estatura.

Antes da participação nas avaliações, todos os participantes foram informados sobre os procedimentos inerentes aos testes, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado pelos pais ou responsáveis. Os participantes também forneceram 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). Os testes foram realizados no horário de aula de natação das crianças.

Como critérios de inclusão foram adotados os seguintes aspectos: possuir entre oito a onze anos de idade e possuir experiência prévia com aulas de natação de no mínimo seis meses. Como critério de exclusão aplicado, se nem um dos voluntários apresentou histórico de lesão osteomioarticular nos últimos seis meses que pudesse comprometer a técnica de nado.

Anteriormente a realização do teste de 10 m em máxima intensidade (T10) adaptado do protocolo de avaliação utilizado por Franken et al.¹⁶, as crianças foram familiarizadas com orientações. As crianças foram avaliadas em uma repetição de 10m em máxima intensidade e a avaliação do teste para medir o desempenho motor do nado crawl (TDMNC) e dos parâmetros cinemáticos do nado crawl foram realizadas em conjunto. A avaliação foi realizada em piscina de aprendizagem de 16,7m de comprimento. Anteriormente a cada teste, todos os participantes realizaram um aquecimento nas distâncias entre 50 e 100m em estilo crawl em baixa intensidade e autopercebida, assim como já estavam acostumados a realizar nas sessões de aulas de natação para os grupos iniciante, intermediário e avançado.

Procedimentos experimentais

Avaliação do Desempenho Motor do Nado Crawl

O teste TDMNC⁸ avalia o desempenho do nado considerando seis itens: posição do corpo, movimentos das pernas, fase não-propulsiva dos braços, fase propulsiva dos braços (tração e empurre), respiração e sincronização de braços, pernas e respiração. Cada item do teste é subdividido em subitens, sendo que, no total, pode-se pontuar o desempenho do nado de zero a 29. O aluno foi avaliado durante a execução do T10, por três avaliadores que observaram as crianças da borda da piscina transitando pelo ambiente para melhor visualização e tomaram nota a partir dos critérios de avaliação que constam no TDMNC⁸. Os avaliadores possuíam experiência prévia com ensino da natação de no mínimo cinco anos e atuaram de modo independente. Também, verificaram para cada subitem do teste a execução correta ou não conforme a descrição. A partir da pontuação obtida, os indivíduos foram classificados quanto aos estágios de aprendizagem em iniciante, intermediário ou avançado. No estágio iniciante, foram classificados os desempenhos de 0 a 9 pontos; no intermediário aqueles com pontuação entre 10 e 19 pontos; e no avançado os que obtiveram pontuação entre 20 e 29. Além da pontuação mínima, para ser classificado como avançado, o indivíduo não poderia obter zero em nenhum subitem do teste. Todos os testes foram realizados com uma tentativa, de forma individual em conjunto com a avaliação cinemática⁸.

Determinação das variáveis cinemáticas

O tempo para realização do T10 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 centésimos¹⁶. Quando os tempos obtidos pelos dois avaliadores eram diferentes nos décimos, utilizava-se a média do valor registrado. O início da repetição do T10 para cada participante era indicado sob voz de comando e o término quando o nadador passasse com a cabeça por uma linha imaginária projetada por meio de uma haste colocada na lateral da piscina, aos 10m. A repetição para cada participante foi realizada de dentro da piscina, sem técnica de saída de bloco, a fim de evitar efeito da saída sobre a cinemática e obter distância de nado suficiente para a coleta dos dados.

Os dados cinemáticos das variáveis de FC, DC, VN e IN da repetição de 10m foram obtidos com a utilização do software Kinovea em duas dimensões com a gravação do nado, no plano sagital, a uma frequência de 60 Hz. Uma câmera digital (Nikon, W300) foi posicionada na borda lateral da piscina, com o centro da raia em um plano paralelo ao plano da lente da filmadora preservando uma distância de aproximadamente 7,5 m entre a câmera e o nadador. A câmera estava a uma altura de aproximadamente 1,45m da superfície da água. Essas distâncias permitiram um campo de visão de aproximadamente 5,0m do plano de deslocamento do indivíduo que foram considerados para análise dos dados. Previamente à gravação das repetições, a imagem de uma régua de calibração de 5m de comprimento foi gravada ao campo de captação¹⁵. Os primeiros 5m foram desconsiderados, a fim de minimizar efeitos da propulsão contra a borda da piscina.

Para cada repetição, a determinação da frequência média de ciclos (FC) foi realizada a partir da entrada da mão direita na água até a próxima entrada (um ciclo) ao longo de dois ou três ciclos ao centro da imagem. FC foi calculada pelo quociente entre o número de ciclos de braçada executado e o tempo para executá-lo dentro dos 5m. 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 5m. A distância média percorrida a cada ciclo (DC) foi obtida pelo quociente entre a VN e a FC para cada repetição. Foram utilizados os valores médios de DC e VN para o cálculo do índice de nado (IN) a partir da equação $IN = VN \cdot DC$ ($m^2 \cdot s^{-1}$)¹¹. O desempenho foi considerado como o tempo para percorrer os 10m¹⁵.

Todos os testes T10 foram realizados na piscina de 16,7m (temperatura da água: $31,5 \pm 0,7^\circ C$; temperatura do ar: $26,5 \pm 1,0^\circ C$) nos horários regulares das aulas.

Análise estatística

Após analisada a normalidade dos dados com a aplicação do teste de *Shapiro-Wilk*, foram calculadas médias e desvios padrão das variáveis do TDMNC e cinemáticas. Comparações das variáveis do TDMNC e cinemáticas entre os grupos foram realizadas com a aplicação de ANOVA simples com post hoc de Bonferroni. O tamanho de efeito foi calculado pela estatística η^2 de acordo com as comparações realizadas: $<0,13$: pequeno; $0,14-0,26$: médio; $>0,26$: grande²⁰. As correlações entre as variáveis do desempenho no TDMNC e cinemáticas foram testadas com aplicação do teste de correlação linear Produto-Momento de Pearson. Os cálculos foram realizados no programa SPSS v. 23.0, com o nível de significância adotado de 5%.

Resultados

A Tabela 1 apresenta as características antropométricas (idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal e tempo de prática) das crianças nadadoras.

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão das características antropométricas dos indivíduos.

Variáveis antropométricas	Iniciante, n = 8 (média e DP)	Intermediário, n = 8 (média e DP)	Avançado, n = 8 (média e DP)	p
Idade (anos)	10,50 \pm 0,57	10,23 \pm 0,69	10,59 \pm 0,50	p = 0,322
Massa corporal (kg)	34,54 \pm 5,48	35,89 \pm 6,42	35,13 \pm 7,83	p = 0,111
Estatura (m)	1,42 \pm 0,09	1,43 \pm 0,11	1,45 \pm 0,07	p = 0,089
Índice de massa corporal ($kg \cdot m^{-1}$)	17,13 \pm 1,42	17,55 \pm 1,93	16,71 \pm 2,08	p = 0,223
Tempo de prática (meses)	7,54 \pm 0,21	7,11 \pm 0,12	8,01 \pm 0,28	p = 0,091

As comparações apresentadas Tabela 1 indicam a homogeneidade entre os grupos, pois não foram identificadas diferenças nas variáveis antropométricas e no tempo de prática ($p > 0,05$). Nos resultados do TDMNC, a soma total média foi de $8,25 \pm 0,70$; $14,25 \pm 2,65$; $23,87 \pm 2,47$ para os grupos iniciante, intermediário e avançado, respectivamente. Entre os grupos, os valores do TDMNC foram maiores no grupo avançado quando comparada ao TDMNC dos grupos iniciante e intermediário e no grupo intermediário foi maior que no grupo iniciante ($F_{2,21}=108,87$; $p < 0,001$; $\eta^2=0,91$). A Tabela 2 apresenta os resultados das variáveis cinemáticas no nado crawl, para ambos os grupos deste estudo, com o resultado estatístico das comparações entre os mesmos.

Tabela 2. Médias, desvios padrão (DP) e resultados estatísticos das comparações da FC, da DC, da VN, do IN e do T10 dos grupos de crianças.

Variáveis Cinemáticas	Iniciante, n = 8 (média e DP)	Intermediário, n = 8 (média e DP)	Avançado, n = 8 (média e DP)
FC ($ciclos \cdot min^{-1}$)	0,82 \pm 0,05	0,87 \pm 0,11 ^b	0,93 \pm 0,07 ^c
DC ($m \cdot ciclo^{-1}$)	0,44 \pm 0,03 ^a	0,60 \pm 0,07 ^b	0,77 \pm 0,07 ^c
VN ($m \cdot s^{-1}$)	0,37 \pm 0,03 ^a	0,52 \pm 0,06 ^b	0,68 \pm 0,05 ^c
IN ($m^2 \cdot s^{-1}$)	0,16 \pm 0,02 ^a	0,31 \pm 0,06 ^b	0,52 \pm 0,07 ^c
T10 (s)	13,18 \pm 1,05 ^a	11,35 \pm 1,24 ^b	10,01 \pm 1,10 ^c

Variáveis cinemáticas: Frequência média de ciclos (FC); distância média percorrida a cada ciclo (DC); velocidade

média de nado (VN); índice de nado (IN); e, tempo de 10 metros (T10).

^a indicam diferença significativa ,entre os grupos iniciante e intermediário (p < 0,05);

^b indicam diferença significativa entre os grupos avançado e intermediário (p < 0,05);

^c indicam diferença significativa entre os grupos avançado e iniciante (p < 0,05).

As comparações apresentadas na Tabela 2 indicam que os valores das variáveis cinemáticas de DC, da VN, do IN e do T10 foram maiores no grupo avançado quando comparada aos valores dos grupos iniciante e intermediário e no grupo intermediário foram maiores que o grupo iniciante [(F_{2,21}=55,61; p < 0,001; $\eta^2=0,84$); (F_{2,21}=67,54; p < 0,001; $\eta^2=0,86$); (F_{2,21}=73,99; p < 0,001; $\eta^2=0,87$); e, (F_{2,21}=15,62; p < 0,001; $\eta^2=0,59$), respectivamente] Porém, os valores da variável cinemática de FC foram maiores no grupo avançado quando comparada aos valores dos grupos iniciante e intermediário (F_{2,21}=3,44; p = 0,048; $\eta^2=0,24$) .

Ao se analisarem todos os participantes deste estudo como um grupo único, encontraram-se correlações positivas e significativas entre o TDMNC e FC (r = 0,51; p = 0,010), DC (r = 0,91; p < 0,001), VN (r = 0,89; p < 0,001), IN (r = 0,92; p < 0,001). Isso demonstra no presente estudo, que conforme maiores foram os valores do TDMNC, maiores foram os valores das variáveis cinemáticas de FC, de DC, de VN e de IN. Por outro lado, foi encontrada correlação negativa e significativa entre o TDMNC e o T10 (r = -0,84; p < 0,001), indicando que conforme maiores foram os valores de TDMNC, menores foram os valores da variável T10.

Discussão

O objetivo deste estudo foi comparar e correlacionar parâmetros cinemáticos e de desempenho motor no nado crawl em crianças com diferentes níveis de aprendizagem. Os principais resultados indicam que os valores das variáveis cinemáticas de DC, VN, IN e T10 foram maiores no grupo avançado quando comparadas aos valores dos grupos iniciante e intermediário. No grupo intermediário as variáveis cinemáticas foram maiores quando comparados aos valores do grupo iniciante. Ainda, FC, DC, VN, IN e T10 possuem alta correlação com o desempenho no TDMNC.

Estudos analisando as adaptações de parâmetros cinemáticos em grupos de nadadores de acordo com o aumento dos níveis de experiência e de volume de treinamento⁵ e diferentes níveis de habilidade² encontraram pequena diminuição da DC e aumento da FC em nadadores adultos. Os resultados encontrados, em relação aos efeitos do nível de prática, mostraram que a eficiência de nado é influenciada pelo volume de treinamento, e é alcançada por meio do treinamento específico de desenvolvimento da técnica⁵. Ainda, as estratégias que as crianças de diferentes níveis de habilidade adotam para resolver aspectos da tarefa advindos do deslocamento na água são de aumento da FC em crianças com nível de aprendizagem avançado, já que a DC diminui nas crianças iniciantes quando comparadas as de nível de habilidade avançadas². Os resultados dos parâmetros cinemáticos também podem ser explicados pela velocidade média empregada pelo grupo de crianças nadadoras no presente estudo. De fato, de acordo com Seifert et al.²¹, a organização motora na natação está relacionada às restrições definidas por Newell²², impostas pelo corpo, ambiente e tarefa. Como a natação é realizada em um ambiente aquático, alterações na velocidade de nado implicam alterações nas restrições impostas por (i) o corpo, uma vez que a velocidade de nado determina a intensidade e as respectivas adaptações fisiológicas¹; (ii) o ambiente, uma vez que o arrasto hidrodinâmico é proporcional à velocidade ao quadrado²¹; e, (iii) a tarefa, nadar em distâncias curtas ou longas, em velocidades altas ou baixas, implica ajustes nas restrições impostas por ambos os nadadores em relação ao corpo e o meio ambiente.

Freudenheim et al.² avaliaram a organização temporal da braçada em cinco crianças do grupo nível inicial (GI) e seis do grupo nível avançado (GA). A tarefa foi nadar a mesma distância de dez metros no estilo crawl do protocolo do presente estudo em velocidade confortável. As crianças do GA executaram ciclos de braçadas mais rápidos com maiores valores de FC quando comparado ao grupo GI. Porém, a variabilidade do intervalo de tempo total entre as ações dos braços de ambos os grupos foi à mesma (braçadas direita e esquerda). Esses resultados estão de acordo com os encontrados no presente estudo no qual as crianças nadadoras do grupo de nível avançado apresentaram maiores valores de FC para aumentar a VN quando comparado com as crianças de nível iniciante. Com base nos valores encontrados no presente estudo, crianças que conseguem manter maiores valores de DC durante um teste de natação geralmente falham em manter os valores de FC ao longo do nado, devido à possível ocorrência de fadiga e falta de experiência em nadar a uma velocidade constante com o máximo esforço. A redução da FC estaria relacionada à incapacidade de manter um ritmo de nado que permitisse uma maior FC. Por outro lado, tentar eliminar o efeito da redução de FC nos valores de VN aumentaria a DC.

De acordo com Yanai²³, o incremento da VN pode acontecer sob duas condições: agudamente, quando ocorre aumento da FC e cronicamente, em resposta a treinamento, quando ocorre aumento da DC e do IN. Além disso, o efeito crônico possibilita um aumento da capacidade para realizar trabalho devido aos músculos que atuam nas fases propulsivas da braçada do nado crawl (peitoral maior, grande dorsal, redondo maior, entre outros) o que leva a uma maior DC devido a maior força e resistência muscular localizada dessa musculatura^{5,24}. Zamparo, Carrara e Cesari²⁵ ao avaliarem nadadores

máster de três níveis técnicos distintos, encontraram que em altas velocidades os nadadores mais técnicos obtiveram maiores valores de FC e DC. Além disso, a medida que o nível técnico diminuía entre os três grupos, o mesmo acontecia para o tempo de experiência prática com a natação²⁵. No presente estudo, isso pode explicar os valores da DC e do IN apresentarem diferença entre os grupos de crianças nadadoras (iniciante, intermediário e avançado). Possivelmente, o melhor nível de aprendizagem das crianças do grupo avançado possibilitou que estas apresentassem maiores valores tanto da FC como da DC e do IN. Assim, poderíamos especular este fenômeno que seria um efeito crônico da aprendizagem do nado crawl a demanda da mesma tarefa, neste caso a máxima intensidade de exercício. Kjendlie et al.²⁶ reportaram que nadadores adultos apresentaram menores valores de FC, tanto em velocidades máximas e submáximas quando comparados a crianças nadadoras. Os autores²⁶ explicaram que as causas não devem ser atribuídas apenas a diferenças na antropometria entre adultos e crianças, mas provavelmente no nível da técnica, a qual possibilita que os adultos sejam nadadores mais eficazes para a mesma tarefa. Neste sentido, os parâmetros cinemáticos estudados apresentam diferenças possivelmente como resposta à velocidade no nado crawl em resposta a demanda da tarefa, entre os níveis de aprendizagem das crianças nadadoras. Craig e Pendergast¹⁰ demonstraram que, quanto maior for o nível de desempenho na natação, menor será o número de possíveis combinações entre a DC e a FC a serem adotadas pelo nadador e, maior será a capacidade de manter os valores de DC e FC ao longo de um esforço a ser realizado.

As correlações significativas encontradas no presente estudo entre o desempenho motor no TDMNC e os parâmetros cinemáticos (FC, DC, VN, IN e T10) podem ser explicadas pela relação direta entre a velocidade e variáveis cinemáticas (quanto maior a velocidade, maior a DC, por exemplo). Vitor e Böhme²⁷ encontraram em nadadores adolescentes com idades entre 12 e 14 anos do sexo masculino em fase de treinamento, uma correlação positiva e significativa entre a velocidade e a DC no desempenho da distância de 100 metros em nado estilo crawl ($r = 0,53$, $p < 0,05$), corroborando com os achados do presente estudo, porém, não encontraram relação entre a velocidade e a FC, concordando de forma parcial com os nossos achados. Adicionalmente, os valores do IN foram maiores nas crianças dos grupos intermediário e avançado do presente estudo quando comparados as do grupo iniciante, o que pode ser explicado pela dependência da velocidade e da DC para a melhora do desempenho e do nível de aprendizagem²⁷. As relações diretas entre desempenho no TDMNC e as variáveis cinemáticas parecem mostrar que as crianças podem nadar mais rápido quando conseguem aplicar maior força nas ações propulsivas dos membros superiores. A diferença entre os grupos sugere uma maior eficiência de nado das crianças do grupo avançado, fato que pode ser explicado pelos maiores valores da DC, do IN e da velocidade de acordo com o aumento do nível de aprendizado e de treinamento na natação²⁸.

O incentivo à utilização de parâmetros cinemáticos deve ser constante entre professores e treinadores de natação, não apenas entre nadadores competitivos, mas também entre nadadores de diferentes níveis, desde o aprendizado, até o nível competitivo, por possibilitar avaliação do quadro e da evolução da técnica de maneira satisfatória e provendo fundamentos para a prescrição da aprendizagem e do treinamento na modalidade¹⁶. Como limitações metodológicas do estudo, indicamos o fato de o teste ter sido realizado em uma única tentativa, o que pode afetar o desempenho das crianças e, que consideramos apenas a ação espacial e temporal do movimento dos membros superiores do nadar. Em futuros estudos, seria fundamental considerar outros elementos tais como, os movimentos da perna e sua relação com a braçada e a respiração, bem como a avaliação dos movimentos coordenativos e das fases da braçada na natação em crianças como aspectos complementares e mais detalhados na avaliação da aprendizagem. Além do mais, recomenda-se como aplicação prática deste estudo, a utilização do teste TDMNC como instrumento de trabalho qualitativo para os professores envolvidos com a natação, tendo em vista a relação significativa que este teste teve com parâmetros cinemáticos de forma mais precisa para poder observar o comportamento da técnica nas suas tarefas pedagógicas.

Conclusões

Os achados deste estudo indicam que as crianças de nível avançado apresentaram maiores valores de FC, DC, VN e IN quando comparadas às de nível iniciante e intermediário. Tais mudanças podem ser devidas às adaptações cinemáticas do melhor nível de aprendizagem no teste qualitativo TDMNC. Ainda, foram identificados que o TDMNC e os parâmetros cinemáticos possuem alta correlação. Assim, o presente estudo mostra como aplicação prática, a viabilidade da avaliação qualitativa da aprendizagem na natação em crianças, por meio do teste TDMNC, por professores e treinadores nas escolas e clubes envolvidos com a modalidade.

Agradecimentos

Aos voluntários avaliados, pela disponibilidade para a realização dos testes e aos colegas que ajudaram na coleta de dados.

Referências

1. Maglischo EW. *Swimming fastest*. Champaign: Human Kinetics, 2003.
2. 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.
3. Sparrow WA, Newell KM. Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. *Psych Bull & Rev*. 1998;5(2):173-196.

4. Caputo F, Lucas R, Greco CC, Denadai B. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2000;8(3):7-13.
5. Mazzola PN, Jacques MM, Silva IF, Castro FAS. Cinemática do Nado Crawl de Nadadores Não-Competitivos. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2008;16(3):1-20.
6. Langendorfer SJ, Bruya LD. *Aquatic readiness.* Champaign: Human Kinetics, 1995.
7. Freudenheim AM, Gama RIRRB, Moisés MP. La habilidad nadar (re)visión. *Rev Cienc Activid Fís.* 1996;4(7/8):139-55.
8. Corazza ST, Pereira EF, Villis JMC, Katzer JI. Criação e validação de um teste para medir o desempenho motor do nado crawl. *Rev Bras Cineantropom Desemp Hum.* 2006;8(3):73-8.
9. Madureira F, Gollegã DG, Rodrigues HF, Oliveira TAC, Dubas JP, Freudenheim AM. Validação de um instrumento para avaliação qualitativa do nado "Crawl". *Rev Bras Ed Fís Esp.* 2008;22(4):273-84.
10. 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.
11. 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.
12. Hay JG, Guimarães ACS. A Quantitative Look at Swimming Biomechanics. *Swim Tech.* 1983;20(2):11-17.
13. Pelayo P, Wille F, Sidney M, Berthoin S, Lavoie J. Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar scholl pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *J Sports Med Phys Fit.* 1997;37(3):187-193.
14. Toussaint HM, Beek PJ. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Med.* 1992;13:8-24.
15. 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.
16. Franken M, Carpes FP, Diefenthaler F, Castro FAS. Relação entre cinemática e antropometria de nadadores recreacionais e universitários. *Rev Motriz.* 2008;14(3):329-336.
17. 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.
18. Platonov VN. *Treinamento desportivo para nadadores de alto nível: manual para os técnicos do século XXI.* São Paulo: Phorte, 2005.
19. ISAK. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). *International standards for anthropometric assessment: A manual for teaching materials for accreditation.* 2nd. Ed., 2006.
20. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral. Sciences,* 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers 1988:281-285.
21. Seifert L, Schnitzler C, Bideault G, Alberty M, Chollet D, Toussaint HM. Relationships between coordination, active drag and propelling efficiency in crawl. *Hum Mov Sci.* 2015;39:55-64.
22. Newell KM. Constraints on the development of coordination. In: *Motor development in children: aspect of coordination and control.* M.G. Wade and H.T.A. Whiting (Eds.). Dordrecht: Nijhoff. 341-360, 1986.
23. Yanai T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. *J Biomech.* 2003;36:53-62.
24. Grimston SK, Hay JG. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 1986;18(1):60-8.
25. Zamparo P, Carrara S, Cesari P. Movement evaluation of front crawl swimming: Technical skill versus aesthetic quality. *PLoS One.* 2017;12(9):1-12.
26. Kjendlie P, Stallman R. Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91:649-655.
27. Vitor FM, Böhme MT. Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatr Exerc Sci.* 2010;22:278-287.
28. Silva A, Figueiredo P, Soares S, Seifert L, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Front Crawl Technical Characterization of 11- to 13-Year- Old Swimmers. *Pediatr Exerc Sci.* 2012;24:409-419.