

Análise dinamométrica de ciclos respiratórios e não respiratórios em três fases em teste máximo de nado amarrado

Dynamometric analysis of breathing and non-breathing cycles at three phases in maximal tethered swimming

Karla de Jesus¹, Alexsandro Carneiro de Lima¹, Ana Beatriz Sena¹, Vitória Miranda¹, Marcos Franken^{2*}, Kelly de Jesus¹

1 Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.

2 Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santiago, Rio Grande do Sul, Brasil.

* Correspondência: marcos_franken@yahoo.com.br*

Resumo: *Objetivos:* Este artigo objetiva: (i) verificar os efeitos do período nas variáveis de força e tempo em ciclos respiratórios e não respiratórios e (ii) verificar associações entre o índice de fadiga total e o tempo aos 50 m crawl com a força e tempo em instantes notáveis do ciclo ao longo do teste máximo de 30 s em nado amarrado em ciclos respiratórios e não respiratórios. *Métodos:* Participaram deste estudo oito nadadores de ambos os sexos (idade: $16,25 \pm 6,09$ anos, estatura: $1,70 \pm 0,06$ m e massa corporal $60,50 \pm 10,50$ kg). Duas câmeras sagitais, estacionárias e sincronizadas (uma área e outra subaquática) foram utilizadas para definir ciclos respiratórios. Uma célula de carga acessou cada curva de força-tempo, as quais foram temporalmente normalizadas. *Resultados:* Diferenças entre a força máxima produzida durante os 10 e 30 s foi observada para ciclos respiratórios ($p = 0,028$). Correlações inversa e moderada entre o índice de fadiga e valores de força e tempo foram observados para a força máxima no início do ciclo em condições respiratórias e não respiratórias. Correlações inversas fortes a moderadas ($r = -0,737$ para $-0,572$, $p < 0,01$) entre o tempo aos 50 m crawl frontal e máxima força no segundo instante mais propulsivo do ciclo e correlações moderadas e direta com o tempo ($r = 0,634$ para $0,427$, $p < 0,05$) foram verificadas em ciclos respiratórios e não respiratórios. *Conclusão:* O monitoramento de força ao longo dos testes máximos é necessário, desde que as alterações técnicas podem ser observadas.

Citação: Jesus, K.; Lima, A. C.; Sena, A. B.; Miranda, V.; Franken, M.; Jesus, K. Análise dinamométrica de ciclos respiratórios e não respiratórios em três fases em teste máximo de nado amarrado. *Arq Cien do Esp.*

Recebido: 05/2024

Aceito: 08/2024

Nota do Editor: A revista "Arquivos de Ciências do Esporte" permanece neutra em relação às reivindicações jurisdicionais em mapas publicados e afiliações institucionais

Palavras-chave: Dinamometria; Força propulsiva; Padrão respiratório; Técnica.

Abstract: *Aims:* This article aims to: (i) identify the effects of the test period on force and time variables in breathing and non-breathing cycles and (ii) verify associations between total fatigue index and 50 m front crawl time with force-time values in notable cycle instants throughout a 30 s maximal tethered swimming test in breathing and non-breathing cycles. *Methods:* Eight swimmers of both genders (age: 16.25 ± 6.09 years, height: 1.70 ± 0.06 m and body mass 60.50 ± 10.50 kg) participated in this study. Two sagittal stationary and synchronized video cameras (one aerial and one underwater) were used to define the breathing cycles. A load cell assessed each horizontal force-time curve, which were temporally normalized. *Results:* Differences at maximal force generated between 10 and 30 s test period was noticed for breathing cycles ($p = 0.028$). Moderate and inverse correlations between fatigue index and force and time values were noticed at maximal force in the beginning of the cycle in breathing and non-breathing conditions. Strong to moderate and inverse



Copyright: © 2024 pelos autores. Enviado para possível publicação em acesso aberto sob os termos e condições da licença de Creative Commons Attribution (CC BY) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

correlations ($r = -0.737$ to -0.572 , $p < 0,01$) between the 50 m front crawl time and maximal force values at the second most propulsive instant of the cycle and moderate and direct correlations with time ($r = 0.634$ to 0.427 , $p < 0.05$) were noticed in breathing and non-breathing cycles. *Conclusion:* Findings highlight the need to monitor force along with maximal tests once technical changes can be evidenced.

Keywords: Dynamometry; Propulsive force; Breathing pattern; Technique.

1. Introdução

É provável que quanto menor a distância do nado maior é o impacto do desempenho pela força máxima, pois está fortemente correlacionada com a velocidade de nado na técnica de crawl¹. A competência de nadadores de gerar grandes quantidades de forças propulsivas enquanto reduzem o arrasto hidrodinâmico oposto pode decidir os êxitos na competição, uma vez que os progressos das forças propulsivas carregam um aperfeiçoamento nas resultantes do desempenho, especialmente em uma corrida de velocidade^{2,3,4}. A análise do perfil de força propulsiva dos nadadores em condições específicas do gesto técnico de nado deve ser uma prioridade no controle do treinamento e na pesquisa, pois uma propulsão eficaz é fundamental para o sucesso competitivo^{2,3}.

A utilização da célula de carga no método Tethered Swimming (TSM) tem sido utilizado pelos treinadores e pela comunidade científica como um recurso direto e mais acessível para a análise da curva força-tempo^{2,5,6}. O nado amarrado tem sido o teste mais aceito para estimar as forças ao longo do ciclo de nado em protocolos de curta e média duração devido ao baixo custo, especificidade e sensibilidade no monitoramento das adaptações do treinamento pouco influenciando a validade ecológica da técnica de nado¹. O TSM é constituído com o nadador preso a um cabo inextensível e este estar vinculado a uma célula de carga fixada na borda piscina. O método abrange movimentos muito parecidos aos verificados na natação sem impedimento, além de que dispõe de uma ótima credibilidade de teste-reteste^{7,8}.

Além disso, várias são as possibilidades para análise das curvas de força obtidas pelo método de nado amarrado⁹. A medida da curva força-tempo realizada pelo nadador possibilita a mensuração de variáveis biomecânicas, tal como pico de força (F_{pico}), força média (F_{avg}), impulso de força (impF), índice de fadiga (IF) e taxa de desenvolvimento de força (RFD), onde estas variáveis são fundamentais para a manipulação e avaliação do treinamento, descrição das fases propulsivas das técnicas e identificação de assimetrias^{2,10,11}. Morouço et al.¹² afirmaram que para nadadores adolescentes, os valores obtidos no teste de nado amarrado de 30 s estão fortemente relacionados ($r = 0,78$ e $r = 0,72$, $p < 0,01$) com o desempenho de natação em provas de curta duração. A força máxima é definida por pelo menos mais duas dimensões, sendo uma delas o seu incremento no tempo, ou seja, taxa de desenvolvimento da força¹³, e outra dimensão, tal como o IF¹⁴. O declínio da velocidade do nado em 50 m está fortemente associado com os níveis de fadiga¹³, sendo esta também, por exemplo, congruente à frequência respiratória na natação, reduzindo significativamente a velocidade ao respirar a cada ciclo de braçada¹⁵.

Considerando as características fisiológicas, as capacidades aeróbica e anaeróbica podem ser determinadas no TSM pelo exemplar de potência crítica conforme a força crítica, que é a força que pode ser mantida por um ciclo pelo nadador até o esgotamento e definida por testes retangulares através da regressão linear entre força e tempo e também pelo potencial de impulso anaeróbico^{16,17}. Seifert, Chollet e Allard⁹ investigaram que a respiração intraciclo tem um papel predominante na propulsão, por outro lado, Cardelli, Lerda e Chollet¹⁸ e Pedersen e Kjendlie¹⁵ nos apresentam estudos e afirmam que ciclos não respiratórios são indicadores significativos que podem interferir no nado de forma positiva e recomendam que atletas de provas de curta duração (i.e., 50 e 100 m) respirem o mínimo possível. Variáveis que são comumente observadas em testes, como força máxima, força mínima, força média e tempo de realização das forças¹⁹, estão associadas com os melhores tempos de nadadores na técnica de nado crawl de 50 m, onde através da realização de um protocolo de teste em condições respiratórias e não respiratórias é observado que nadadores mais rápidos frequentemente produzem valores de força máxima elevados²⁰.

Assim, os objetivos do presente estudo foram: (i) comparar o perfil dinamométrico entre três períodos do teste (i.e., 10, 20 e 30 s) para os ciclos respiratórios e não respiratórios e (ii) correlacionar o índice de fadiga e tempo de 50 m na técnica de nado crawl com as variáveis de força e tempo em instantes notáveis do ciclo. Consideramos como hipóteses (i) não haver diferença entre os valores de força e tempo para os ciclos respiratórios e não respiratórios ao longo do teste e (ii) haver associação das variáveis de índice de fadiga e tempo de prova com os valores de força e tempo em diferentes períodos do teste em ciclos respiratórios e não respiratórios. O presente artigo poderá contribuir com a comunidade técnica e científica no entendimento das variações da técnica ao longo de um teste de esforço máximo que representa o perfil das provas de curta duração em natação, e intervir nos treinamentos de força e estratégias de prova.

2. Métodos

Participantes

Oito nadadores bem treinados (seis do sexo masculino e duas do feminino; média \pm desvio-padrão; idade: $16,25 \pm 6,09$ anos, estatura: $1,70 \pm 0,06$ m, massa corporal $60,50 \pm 10,50$ kg e tempo na prova de 50 m nado livre em piscina de 50 m: $28,43 \pm 3,79$ s) se voluntariaram para contribuir com o estudo após serem informados sobre os benefícios e riscos potenciais associados à participação. O estudo foi aprovado por um comitê de ética local sob número (CAAE 795227917.5.0000.5020). Os participantes e seus responsáveis legais (se menores de 18 anos) assinaram um termo de consentimento informado antes do estudo.

Os nadadores participaram da sessão de teste após repouso de pelo menos 24 horas, período durante o qual foram solicitados a evitar exercícios extenuantes. Esse cuidado foi tomado para que nenhum efeito agudo decorrente das sessões de treinamento pudesse influenciar os resultados. Além disso, foram orientados a não consumir bebidas com cafeína e álcool no mesmo período para evitar interferir nos resultados do teste de natação amarrada. Os participantes realizaram uma familiarização do nado amarrado 10 min antes do início do teste durante o aquecimento para o mesmo, uma vez que a realização foi feita

para diminuir possíveis dificuldades durante a execução do teste, o qual consistiu em 3 x 30 s em máxima intensidade na técnica de nado crawl totalmente amarrado²¹. Os testes foram realizados durante o período competitivo do segundo macrociclo do ano numa piscina externa de 25 m com temperatura da água de 27^o C. As tentativas foram realizadas aleatoriamente e separadas por um intervalo mínimo de repouso de 20 minutos²².

Procedimentos

A curva força-tempo estacionária no nado amarrado (Figura 1), foi avaliada por um sistema composto de uma célula de carga com 4 extensômetros, capacidade de carga máxima de 2.000 N e taxa de registro de 100 Hz (CEFISE Ltda, Nova Odessa, São Paulo, Brasil). Uma extremidade foi presa a um suporte especialmente projetado fixado ao bloco de partida próximo à borda da piscina e a outra foi conectada a um cabo de aço inextensível de 5 m preso à cintura do nadador por meio de um cinto de náilon²³. A célula de carga foi calibrada um dia antes da realização dos testes seguindo as instruções do fabricante, que conta com o auxílio de um peso externo de 10 Kg, em terreno seco, a fim de ajustar a tara da célula.

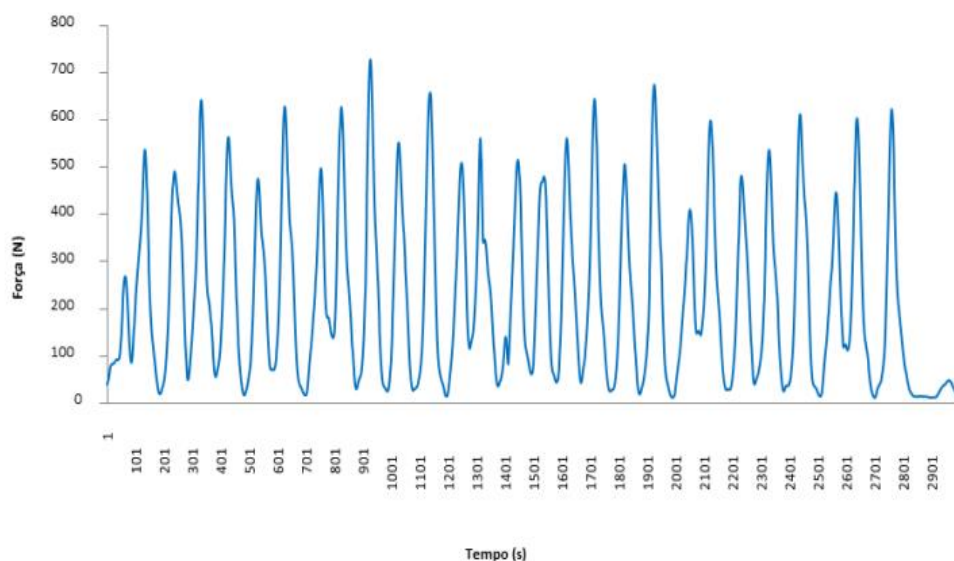


Figura 1. Exemplo individual da curva força-tempo no teste de nado amarrado de 30 s em máxima intensidade na técnica de nado crawl.

O início e o final do teste foram identificados através de um sinal sonoro (apito), e ambos foram realizados 1 s entre o início da aquisição de dados para evitar efeitos inerciais e o outro apito no final do teste. Antes do sinal de partida, os nadadores adotaram uma posição horizontal com o cabo totalmente estendido e realizaram 10 s de nado amarrado em intensidade moderada. Ao apito do cronometrista, eles nadaram em intensidade máxima por 30 s, aproximadamente a distância de tempo do evento de 50 m. Os nadadores foram instruídos a seguir o padrão de respiração que normalmente aplicariam durante

uma competição e foram encorajados verbalmente durante os testes a manter o esforço máximo durante os 30 s.

A aquisição de dados foi através do software N2000 Pro (CEFISE Ltda, Nova Odessa, São Paulo, Brasil), que exportou os dados no formato .xlsx (Excel) para um computador. Como o vetor de força no sistema amarrado apresentava um ângulo de $2,53^\circ$ com a superfície da água, os dados foram corrigidos computando o componente de força horizontal²³. Os dados foram recolhidos e exportados para um software de processamento de sinal para normalização das curvas individuais (Bionica, MatLab R2007a, MathWorks Inc., Natick, MA, USA). Após essa exportação foram extraídos e calculadas as variáveis em condições de ciclos respiratórios e não respiratórios (1 ciclo em cada condição nos períodos avaliados), durante três períodos do teste (i.e., 10 s, 20 s e 30 s) e o índice de fadiga total do teste, expressado como a diminuição relativa da força do máximo valor registrado nos primeiros 10 s ao mínimo valor obtido nos últimos 5 s do teste¹². Força máxima ($F_{\text{máx 1}}$ e 2) e força mínima ($F_{\text{mín}}$) e respectivos tempos ($T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$)¹¹ foram calculados (cf. Figura 2). O tempo de prova aos 50 m na técnica de nado crawl foi assumido como o melhor tempo que os nadadores obtiveram nos 12 meses antecedentes ao teste¹⁰.

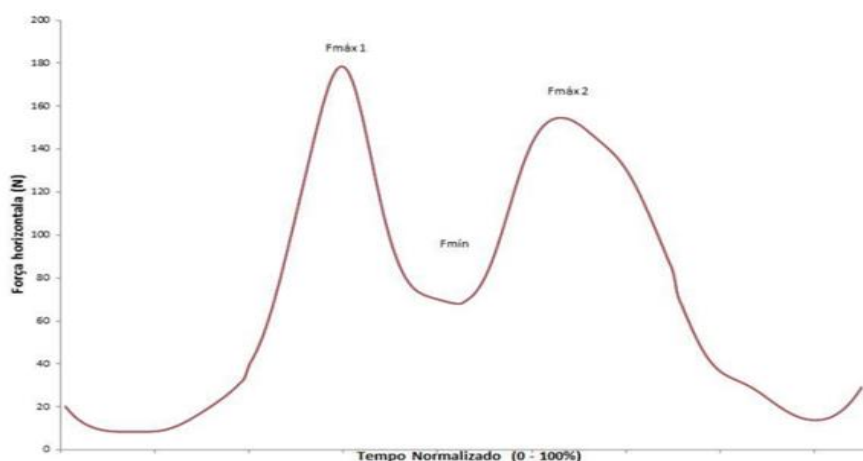


Figura 2. Exemplo da curva força-tempo individual representando a força e o tempo nos três pontos notáveis identificados em cada ciclo de nado na técnica de crawl frontal.

Os nadadores foram filmados por duas câmeras (GoPro Hero 8 Black, © 2022 GoPro Inc., San Mateo, California, USA) sagitalmente posicionadas ao plano de deslocamento (uma aérea e outra subaquática; 7 m afastadas da raia do teste) e sincronizadas com um par de leds visível em ambas para o registro dos ciclos respiratórios e não respiratórios.

Análise Estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados através do software SPSS (versão 21.0: Chicago, IL, USA). Não foram identificadas normalidade nos dados, portanto

assumimos 24 ciclos respiratórios e não respiratórios para testes não paramétricos. O teste de Friedman foi utilizado para comparar as variáveis de força e tempo entre os três momentos de teste (i.e., 10 vs. 20 vs. 30 s) em ciclos respiratórios e não respiratórios. O teste de coeficiente de correlação Rô de Spearman foi utilizado entre as variáveis de índice de fadiga total, tempo de prova em 50 m na técnica de nado crawl com os valores críticos de força e tempo na curva força-tempo nos três períodos do teste (i.e., 10, 20 e 30 s) do teste em ciclos respiratórios e não respiratórios. Foi calculada a mediana e amplitude interquartílica, que serão apresentadas como medida de tendência central e dispersão por conta do n amostral e não normalidade. Também foi calculado o tamanho do efeito seguindo as recomendações do d de Cohen²⁴ de 0,1 - < 0,3 (efeito pequeno), 0,3 - < 0,5 (efeito moderado) e $\geq 0,5$ (efeito grande) foram assumidos²⁴ com níveis de significância de $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

3. Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores de mediana e amplitude interquartílica dos pontos notáveis na comparação das variáveis de força e respectivo tempo de ciclos respiratórios e não respiratórios entre os três momentos de teste, 10 s, 20 s e 30 s.

Tabela 1. Mediana e amplitude interquartílica dos pontos notáveis na comparação dos valores de força e tempo nos diferentes períodos do teste para os ciclos respiratórios e não respiratórios e tamanho de efeito.

Ciclos	Respiratório	P e Tamanho do efeito	Não Respiratório	P e Tamanho do efeito
10s_Fmáx1 / 20s_Fmáx1	0,310(169,17-379,33)	0,253	0,606(6,50-170,50)	0,129
20s_Fmáx1 / 30s_Fmáx1	0,652 (145,74-384,29)	0,112	0,197 (8,50-118,31)	0,322
30s_Fmáx1 / 10s_Fmáx1	0,143 (161,28-376,34)	0,366	0,071 (9-144,71)	0,451
10s_Fmín1 / 20s_Fmín1	0,910 (38,65-116,26)	0,028	0,245 (6,50-37,27)	0,290
20s_Fmín1 / 30s_Fmín1	0,718 (34,06-105,25)	0,070	0,561 (8,50-25,32)	0,145

30s_Fmín1 / 10s_Fmín1	0,693 (38,35-97,97)	0,098	0,081 (9-35,76)	0,435
10s_Fmáx2 / 20s_Fmáx2	0,284 (190,84- 376,71)	0,267	0,138 (6,50- 187,49)	0,371
20s_Fmáx2 / 30s_Fmáx2	0,260 (164,21- 367,75)	0,281	0,651 (8,50-154)	0,115
30s_Fmáx2 / 10s_Fmáx2	0,028* (182,45- 387,43)	0,549*	0,302 (9-180,89)	0,258
10s_Tmáx1/ 20s_Tmáx1	0,955 (6,50-30,88)	0,014	0,796 (6,50- 30,88)	0,064
20s_Tmáx1 / 30s_Tmáx1	0,414 (6,50-32,10)	0,204	0,628 (8,50- 32,88)	0,121
30s_Tmáx1 / 10s_Tmáx1	0,447 (6-32,03)	0,190	0,821 (9-31,75)	0,056
10s_Tmín1 / 20s_Tmín1	0,955 (6,50-52,38)	0,014	0,771 (6,50- 53,38)	0,072
20s_Tmín1 / 30s_Tmín1	0,338 (6,50-53,29)	0,239	0,747 (8,50- 54,25)	0,080
30s_Tmín1 / 10s_Tmín1	0,310 (6-53,92)	0,235	0,974 (9-53,63)	0,008
10s_Tmáx2 / 20s_Tmáx2	0,735 (6,50-75,50)	0,084	0,796 (6,50- 76,19)	0,064
20s_Tmáx2 / 30s_Tmáx2	0,398 (6,50-76,13)	0,211	0,583 (8,50- 77,67)	0,137

30s_Tmáx2 /	0,612 (6-77,13)	0,126	0,420 (9-77,19)	0,201
10s_Tmáx2				

O índice de fadiga total correlacionou-se significativamente com os seguintes valores de força e tempo: (i) Fmáx 1 e Tmáx1 aos 30 e 10 s em ciclo respiratório ($r = -0,482$ e $-0,460$, $p < 0,05$), (ii) Fmáx1 aos 30 s em ciclo não respiratório e Tmáx2 aos 30s em ciclo respiratório ($r = -0,527$ e $-0,519$, $p < 0,05$, respectivamente).

O tempo de prova aos 50 m correlacionou-se significativamente com Fmáx2 aos 10 ($r = -0,718$ e $-0,671$, $p < 0,01$) e 20 s em ciclos respiratório e não respiratório ($r = -0,649$ e $-0,737$, $p < 0,01$) e 30 s em ciclo respiratório ($r = -0,572$, $p < 0,01$), Tmáx1 aos 10 s em ciclo respiratório ($r = 0,502$, $p < 0,05$), Fmín aos 10 s em ciclo respiratório e não respiratório ($r = -0,450$, $-0,432$, $p < 0,05$) e Tmín aos 10 e 20 s em ciclo não respiratório ($r = 0,634$ e $0,427$, $p < 0,01$ e $0,05$).

4. Discussão

O presente estudo analisou o efeito do período do teste de 30 s máximo em nado amarrado no perfil da curva força-tempo na técnica de nado crawl durante ciclos respiratórios e não respiratórios e correlacionou os valores de força e tempo observados em instantes notáveis do ciclo de nado respiratório e não respiratório com o índice de fadiga total e o tempo de 50 m nado na técnica de crawl. Os resultados permitiram aceitar parcialmente as hipóteses assumidas, uma vez que: (i) somente Fmáx2 diferiu entre os instantes de 10 e 20 s do teste, (ii) o índice de fadiga está moderadamente associado com a força e tempo ao início e fim do teste, (iii) tempo de prova partilha variância moderada a alta com a força e tempo em ciclos respiratórios e não respiratórios ao longo do teste.

A análise das curvas de força-tempo permite conhecer com mais precisão a sequência das forças propulsivas durante um esforço de nado em intensidade máxima. O desempenho durante o teste de nado amarrado depende da força aplicada à água, o qual é influenciado por ambas habilidades técnicas e neuromusculares¹¹, diante disso, analisar a produção de força dos nadadores deve ser uma precedência para o comando e pesquisa do treinamento. Segundo Zera et al.²⁶ no decorrer da progressão do teste de natação amarrada é possível contemplar o treino da potência e capacidade anaeróbica dos nadadores. O padrão respiratório pode afetar a coordenação de membros superiores em nadadores de nível mediano de treinamento devido ao rolamento do tronco durante a inspiração¹⁵. Em estudos com nadadores universitários com pelo menos cinco anos de treinamento para a natação competitiva, embora os tempos de ciclos respiratórios tenham sido mais longos, as ações respiratórias não afetaram o desempenho¹⁰. A intervenção com a utilização de recursos específicos para o treinamento da força pode resultar em eventual aumento na força propulsiva em semanas subsequentes diante da necessidade de ajustes na coordenação^{9,11}. O conhecimento do lado preferido e tipo de padrão respiratório podem influenciar o perfil da curva força-tempo, uma vez que o padrão bilateral parece suprimir a assimetria¹⁵. Essas características técnicas e de coordenação e de determinação da

produção de força entre os lados do corpo, são capazes de proporcionar novas concepções para a execução prática da qualificação biomecânica e ajudar os treinadores na prescrição de exercícios que potencializem uma coordenação oposta dos membros superiores no nado crawl²⁵. Os autores reforçam que o treino de força na água deve ser desenhado para o aumento da força propulsiva e, conseqüentemente, melhora na performance.

O IF representa o declínio da força desempenhada durante o teste de 30 s refletindo a menor capacidade de produzir força e no presente estudo foi moderadamente associado com variáveis de força máxima e tempo em ciclos respiratórios e não respiratórios. Correlações entre IF e desempenho foram observadas para os 50 m, 100 m e 200 m na técnica de nado crawl ($r = 0,44$, $r = 0,39$, $r = 0,41$, respectivamente)². Os valores de tempo de prova de 50 m apresentados acima sugerem que a produção de força nos 10 s inicial do teste está altamente associada ao desempenho competitivo conforme já evidenciado em estudos prévios²¹. De fato, a força máxima em provas de 50 m mostrou correlações fortes com o desempenho na técnica de nado crawl^{2,9} reforçando que a produção de força deve ser proporcional e melhor aplicada ao longo do ciclo, principalmente nos instantes finais que parecem demonstrar maiores efeitos da fadiga. O teste de nado amarrado pode ser uma metodologia útil para entender o início dos mecanismos da fadiga (e a forma de retardar), quando esta é uma das principais restrições para desempenhos mais elevados¹². Ainda que estudos tenham sido efetuados para investigar as respostas de variáveis biomecânicas e fisiológicas no TSM, ainda não está evidente quais variáveis são mais regularmente apontadas em estudos com nadadores de diferentes níveis de desempenho.

No processo de crescimento, a capacidade de produzir força deveria ser promovida, especialmente para provas de curta duração, desde que existe uma fortíssima relação entre força absoluta e tempo de prova². O presente estudo revela associações diretas entre o tempo de prova e o tempo e inversa com a força durante o ciclo de nado, principalmente na transição dos membros superiores para o segundo maior valor de força propulsiva antes de concluir o ciclo, corroborando com estudos prévios sobre a força máxima estar associada com o desempenho na prova de 50 m²¹. Os achados no variável tempo incidem nos ciclos respiratórios e não respiratórios, embora em instantes distintos do ciclo de nado, sugerindo que o menor tempo utilizado para empregar as maiores forças da fase intermédia ao fim do ciclo partilham variância com o tempo de prova, principalmente a força máxima nos últimos 30 s do teste em ciclos respiratórios. De fato, a capacidade de produzir altos valores de força propulsiva enquanto minimizando o arrasto hidrodinâmico oposto é decisivo para a obtenção de tempos de prova mais reduzidos²⁰. Morouço et al.²¹ sugere que os resultados sejam analisados por sexo uma vez que associações entre valores máximos e mínimos diferem entre nadadores e nadadoras. De acordo com Santos et al.³, os maiores níveis de treinamento conduzem a maior quantidade de força aplicada.

Analisar a produção de força propulsiva dos nadadores deveria ser prioridade na pesquisa e controle do treinamento uma vez que a efetiva propulsão é fundamental para o sucesso competitivo^{10,23}. O teste de nado amarrado é um método simples, de aceitável reprodutibilidade teste-reteste e aproxima-se de replicar os padrões de atividade muscular e respostas fisiológicas similares ao nado livre, sendo útil para diagnosticar as flutuações

da força ou coordenação²¹. A análise por período de teste pode esclarecer alterações decorrentes de diferentes respostas fisiológicas e demandas de alta intensidade. Despiste os achados do presente estudo, algumas limitações devem ser consideradas, como a necessidade de analisar a força em função do sexo dos jovens nadadores numa maior amostra com avaliação simultânea de dados cinemáticos do ciclo, preferencialmente identificando o padrão respiratório e lado dominante. Estudos futuros devem analisar a contribuição relativa dos segmentos de membros superiores e inferiores e assimetrias ao longo do teste antes e após intervenções específicas de treinamento considerando diferentes níveis de treinamento.

5. Conclusão

Em sumário, diante dos resultados apresentados é possível verificar que o perfil da força ao longo do teste somente difere entre o valor de força máxima aplicada ao final do ciclo de nado entre os 10 e 30 s do teste para ciclos respiratórios, sugerindo que em ciclos respiratórios utilizados atente-se para as variações de aplicação de força ao final do ciclo. Assim, pode ser vantajoso utilizar a respiração durante uma prova de 50 m na técnica de nado crawl. O índice de fadiga correlacionou-se moderadamente e negativamente com as variáveis de força e tempo, principalmente nos 10 s iniciais do teste e o tempo dos 50 m foi fortemente reduzido quando a força máxima aplicada ao final do ciclo respiratório e não respiratório nos períodos de 10 e 20 s. Recomendamos aos treinadores que sejam controladas as variações de força aplicada durante esforços máximos, principalmente ao final dos ciclos respiratórios e que pondere - se a utilizam dos ciclos respiratórios em provas de 50 m nado crawl, uma vez que a força e respectivo tempo de aplicação ao longo do ciclo partilham variância entre si.

Contribuição dos autores: K. J.: Desenho metodológico, coleta de dados, análise dos dados, interpretação dos resultados, redação do texto do artigo, revisão crítica do artigo. A. C. L.: coleta de dados, análise dos dados, interpretação dos resultados, redação do texto do artigo, revisão crítica do artigo. A. B. S.: análise dos dados, interpretação dos resultados, redação do texto do artigo, revisão crítica do artigo. V. M.: análise dos dados, interpretação dos resultados, redação do texto do artigo, revisão crítica do artigo. M. F.: Desenho metodológico, coleta de dados, análise dos dados, interpretação dos resultados, redação do texto do artigo, revisão crítica do artigo. K. J.: Desenho metodológico, coleta de dados, análise dos dados, interpretação dos resultados, redação do texto do artigo, revisão crítica do artigo.

Financiamento da pesquisa: Este trabalho foi financiado pela Fundação Amazonense de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), Programa de Infraestrutura para Jovens Pesquisadores – Primeiro Projeto Programa PPP, nº. 004/2017 sob outorga (062.01554/2018). O presente trabalho também contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para financiamento da Bolsa de Iniciação Científica (PIB-S/0055/2022). Os financiadores não tiveram nenhum papel no desenho do estudo, coleta e análise de dados, decisão de publicar ou preparação do manuscrito.

Aprovação Ética: Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com os seres humanos da instituição onde foi desenvolvido (protocolo número: 795227917.5.0000.5020).

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. Mouroço PG, Marinho DA, Keskinen KL, Badillo JJ, Marques MC. Tethered swimming can be used to evaluate force contribution for short-distance swimming performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28:3093-3099.
2. Morouço P, Keskinen KL, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *J App Biomech.* 2011;27(2):161169.
3. Santos CS, Marinho DA, Neiva HP, Costa MJ. Propulsive forces in human competitive swimming: a systematic review on direct assessment methods. *Sports Biomech.* 2021;9:1-21. doi: 10.1080/14763141.2021.1953574
4. Oliveira M, Henrique RS, Queiroz DR, Salvina M, Melo W, dos Santos MM. Anthropometric variables, propulsive force and biological maturation: a mediaton analysis in young swimmers. *Eur J Sport Sci.* 2020;21(4):507-514. doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1754468>.
5. Dopsaj M, Matković I, Zdravković I. The relationship between 50m – freestyle results and characteristics of tethered forces in male sprint swimmers: a new approach to tethered swimming test. *Phys Educ Sport.* 2000;1(7):15-22.
6. Amaro N, Marinho DA, Batalha N, Marques MC, Morouço P. Reliability of tethered swimming evaluation in age group swimmers. *J Hum Kinetics.* 2014;41(1):155–162. doi: <http://doi.org/10.2478/hukin-2014-0043>
7. Kjendlie PL, Thorsvald K. A tethered swimming power test is highly reliable. *Port J Sport Sci.* 2006;6:231–233.
8. Dos Santos KB, Bento P, Pereira G, Payton C, Rodacki A. Front crawl swimming performance and bi-lateral force asymmetry during land-based and tethered swimming tests. *J Sci Med Sport.* 2017;16(4):574–580.
9. Barbosa AC, Valadão PF, Wilke CF, et al. The road to 21 seconds: A case report of a 2016 Olympic swimming sprinter. *Int J Sports Sci Coach.* 2019;14(3):393-405.
10. Psycharakis SG, Soultanakis H, González Ravé JM, Paradisis GP. Force production during maximal front crawl tethered swimming: exploring bilateral asymmetries and differences between breathing and non-breathing conditions. *Sports Biomech.* 2021;3:1-15.
11. Barbosa AC, Ferreira THN, Leis LV, Gourgoulis V, Barroso R. Does a 4-week training period with hand paddles affect front crawl swimming? *J Sports Sci.* 2020;38(5):511-517. doi: doi.org/10.1080/02640414.2019.1710382.
12. Morouço PG, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Evaluation of Adolescent Swimmers through a 30-S Tethered Test. *Pediatr Exerc Sci.* 2012;24(2):312–321. doi:10.1123/pes.24.2.312.
13. Lemos LJDCS, Voltan DZ. Equipamentos Auxiliares e Desempenho na Natação: uma Revisão Sistemática/Auxiliary equipment and performance in swimming: a systematic review. *J Interdisc Biociênc.* 2020;5(1):24-30.
14. Ascensão A, Magalhães J, Oliveira J, Duarte J, Soares J. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Rev Port Ciênc Desp.* 2003;3(1):108-123.
15. Pedersen T, Kjendlie PL. The effect of the breathing action on velocity in front crawl sprinting. *Port J Sport Sci.* 2006;6(supl 2):75-77.
16. Ikuta Y, Wakayoshi K, Nomura T. Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. In JP Troup, AP Hollander, D Strass, SW Trappe, JM Cappaert, & TA Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. London: E & Spon, 1996. p. 146–151.
17. Papoti M, da Silva AS, Araujo GG, et al. Aerobic and anaerobic performances in tethered swimming. *Int J Sports Med.* 2013;34:712–719.
18. Seifert L, Chollet D, Allard P. Arm coordination symmetry and resping effect in front crawl. *Hum Mov Sci.* 2005;24(2):234256.

19. Cardelli C, Lerda R, Chollet D. Analysis of breathing in the crawl as a function of skill and stroke characteristics. *Percept Mot Skills*. 2000;90(3):979-987.
20. Silva AF, Figueiredo P, Ribeiro J, et al. Integrated analysis of young swimmers' sprint performance. *Motor Control*. 2019;23(3):354-364.
21. Morouço PG, Marinho DA, Izquierdo M, Neiva H, Marques MC. Relative contribution of arms and legs in 30 s fully tethered front crawl swimming. *BioMed Res Int*. 2015;2015:563206.
22. Keiner M, Wirth K, Fuhrmann S, Kunz M, Hartmann H, Haff GG. The influence of upper - and lower - body maximum strength on swim block start, turn, and overall swim performance in sprint swimming. *J Strength Cond Res*. 2021;35(10):2839-2845.
23. Carvalho DD, Soares S, Zacca R, et al. In-water and on-land swimmers' symmetry and force production. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:5018. doi:10.3390/ijerph16245018.
24. Tomczak A, Tomczak E. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. *Trends Sport Sci*. 2014;1:19-25.
25. Dos Santos KB, Pereira G, Papoti M, Bento PCB, Rodacki A. Propulsive force asymmetry during tethered-swimming. *Int J Sports Med*. 2013;34, 606-611. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327575>.
26. Zera JN, Nagle EF, Connel E, et al. Gender Differences and the Influence of Body Composition on Land and Pool-Based Assessments of Anaerobic Power and Capacity. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;28(13):7902. doi: 10.3390/ijerph19137902.