



EFEITOS DO AQUECIMENTO DE MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS SOBRE A FREQUÊNCIA E COMPRIMENTO DE BRAÇADAS EM 200M NADO CRAWL

Palavras-Chave: aquecimento, músculos inspiratórios, natação

André Vinicius Soares Locce Da Silva¹, Lara Soares de Araujo¹, Carolina Cirino¹, Juan Bordon Orsi¹, Gabriela Olivo Pereira¹, Matheus Rodrigues dos Santos¹, Claudio Alexandre Gobatto¹, Fúlvia B. Manchado-Gobatto¹

1- Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte – LAFAE – Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA - UNICAMP

INTRODUÇÃO

O aquecimento tem sido alvo de investigação por muitos grupos de pesquisa, devido a sua vasta aplicação em ambientes envolvendo o exercício (MCGOWAN et al., 2015). Especificamente, o aquecimento de músculos inspiratórios (AQMI) é uma estratégia para preparar essa musculatura para o esforço subsequente (CIRINO et al., 2021), podendo ser essa uma maneira rápida e prática de ativar essa musculatura a fim de potencializar a performance de atletas (CIRINO et al., 2021). Entretanto, apesar da importância dos MIs para esforços em natação, há uma significativa lacuna de estudos objetivando investigar os efeitos do AQMI sobre o desempenho de nadadores (WILSON et al., 2014). A natação é uma das modalidades que pode ser beneficiada por estratégias como o AQMI, dado que esses esforços aplicados à musculatura inspiratória estimulam previamente a atividade da região, potencialmente ocasionando resistência a fadiga nesse grupo muscular e a melhora no desempenho de nado (BURTCH et al., 2017). Utilizando um manovacuômetro para a identificação da pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}), é possível estimar a força muscular inspiratória e prescrever treinamentos e/ou aquecimentos específicos para MI. Outra maneira de estimar a força muscular inspiratória é avaliando o índice global de força dos MI, conhecido como S-Index (AREIAS et al., 2020), por meio do analisador respiratório POWERbreathe, modelo K5 (IMT Technologies Ltd., Birmingham, UK).

Além dos parâmetros inspiratórios, são imprescindíveis para nadadores alguns aspectos fisiológicos, biomecânicos e técnicos. Dentre os parâmetros mecânicos de nado frequentemente mensurados por treinadores de natação, incluem-se o comprimento de braçadas (CB) e a frequência de braçadas (FB), sendo esses determinados utilizando apenas um cronômetro, o que facilita a avaliação da performance de maneira mais objetiva e prática, em próprios ambientes de treinamento e competição. Considerando que uma sessão aguda de AQMI pode maximizar a performance em nado, reduzindo o tempo de uma prova simulada (WILSON et al., 2014), investigar os efeitos dessa estratégia muscular sobre o CB e a FB nos parece interessante, já que há uma relação direta desses parâmetros com a performance (WAKAYOSHI et al., 1995). Entretanto, embora alguns sinais positivos venham sendo apontados pela literatura, ainda há um distanciamento da aplicação e associação do AQMI com variáveis mecânicas frequentemente determinadas e utilizadas para monitoramento da performance de nado (RICHARD & BILLAUT, 2019). No caso específico da natação, recentemente alguns autores vêm destinando esforços na investigação de

recursos que possam, tanto melhorar a performance de nado, quanto reduzir a fadiga dos MI, os quais são muito acionados durante o esforço (SHEI et al., 2016). Tendo por base os conhecimentos sobre a importância dos MI, o desempenho mecânico em natação e suas lacunas sobre a FB e o CB, o objetivo desse estudo foi investigar os efeitos do AQMI sobre a FB e o CB e suas possíveis correlações com o desempenho de nadadores universitários em prova de 200 m nado crawl.

METODOLOGIA:

Foram avaliados sete nadadores universitários de ambos os sexos (2 mulheres e 5 homens, 22 ± 3 anos). Anteriormente à execução dos procedimentos, os participantes foram informados sobre os riscos e benefícios das avaliações, as quais foram aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob protocolo 39132120.2.0000.5404. Adicionalmente, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE, bem como o Termo de Uso de Imagem, declarando consentir em participar do estudo.

Desenho experimental

Os nadadores foram submetidos a três sessões avaliativas, separadas por intervalo de 24 a 48 horas. A primeira sessão foi destinada às explicações sobre o projeto, preenchimento dos questionários sobre histórico esportivo e nível de atividade física, bem como para a familiarização com equipamentos (manovacuômetro e exercitador respiratório *POWERbreathe*[®], modelo k5). Posteriormente, os atletas foram submetidos às mensurações antropométricas e avaliações da pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) e do índice global de força (S-Index).

Nas duas visitas subsequentes e aleatorizadas, foram submetidos aos testes de 200 metros nado crawl, precedido pelo AQMI experimental com carga equivalente a 40% da P_{Imáx} individual ou sessão placebo, na qual realizaram o AQMI contra um fluxo de ar aberto (com carga mínima apresentada pelo aparelho – 3cmH₂O). Em ambas as condições, os nadadores realizaram aquecimento com gestos específicos da natação (200 m nado crawl, com intensidades classificadas de baixa à moderada) e, posteriormente, submetidos à recuperação passiva de 5 minutos para que o AQMI e teste de nado fossem executados.

Mensurações da pressão inspiratória máxima e S-Index

A força máxima dos MI foi avaliada pela medida da P_{Imáx}, com a utilização de um manovacuômetro analógico (Ger-ar®, São Paulo, Brasil). As medidas foram coletadas pelo mesmo pesquisador e realizadas sob comando verbal homogêneo. O participante permaneceu sentado, em assento fixo e com encosto, proporcionando um ângulo de flexão de quadril de 90°. Sua cabeça foi mantida em posição neutra e um clipe nasal evitou o vazamento de ar pelas narinas. A P_{Imáx} foi mensurada durante esforço inspiratório iniciado a partir do volume residual e cada voluntário executou, no mínimo três e no máximo cinco esforços de inspiração máxima, tecnicamente satisfatórios. Foram consideradas como válidas as medidas sem vazamento de ar perioral, sustentados por pelo menos um segundo, e com valores próximos entre si ($\leq 10\%$). O resultado de P_{Imáx} no presente estudo foi considerado como a medida de maior valor observada durante a execução do protocolo (NEDER et al., 1999). O índice global de força dos MI, conhecido como S-Index (AREIAS et al., 2020; MINAHAN et al., 2015), foi mensurado por meio do dispositivo *POWERbreathe*, modelo K5. Essa determinação, que advém do volume total pulmonar, foi obtida com o participante em pé, realizando uma sequência de 30 ciclos respiratórios. O resultado do S-Index é revelado por um algoritmo patenteado pela marca, a qual sugere ser uma medida mais dinâmica que a determinada pelo teste convencional de P_{Imáx} (CIRINO et al., 2021).

Protocolo de aquecimento dos músculos inspiratórios

O AQMI foi realizado com um exercitador muscular inspiratório (*POWERbreathe*, modelo K5). O protocolo utilizado está baseado nos estudos de Marostegan et al. (2022) e Cirino et al. (2021). Os nadadores realizaram duas séries de quinze inspirações máximas, com um minuto de intervalo entre cada série e encorajadas com manutenção do padrão muscular inspiratório diafragmático, na posição em pé e fora da piscina, utilizando a P_{Imáx} individual como premissa para estabelecer a carga equivalente à 40% da P_{Imáx}. Após a intervenção, foram submetidos ao teste de 200 m nado crawl.

Testes de 200 m crawl

Os testes de 200 metros nado crawl foram iniciados por meio de um aviso sonoro, com os atletas efetuando a saída do bloco de partida e início da cronometragem no mesmo instante, a qual foi executada pelo mesmo pesquisador para todos os testes, demarcando tempo das parciais a cada 25 m e o tempo final. Considerou-se o final do teste a chegada do atleta à borda da piscina, encostando a primeira parte do corpo na parede, conforme regras oficiais da modalidade.

A quantificação da FB e o CB foi executada por meio de análise de vídeo. Para isso, os tiros de 200m foram registrados por uma câmera (Action Cam Sports 4K Ultra HD), a uma resolução de vídeo de 720P/120fps. A contagem de braçadas foi efetuada a cada 25 metros percorridos pelos nadadores, sendo somada para o cálculo da FB, determinada com o ciclo de braçadas (2 braçadas para uma contagem) pelo tempo final. O CB foi determinado por meio da distância percorrida e FB.

As percepções de esforço e de dispneia também foram mensuradas antes e após os protocolos por escalas de Foster et al. (2001) e Burdon et al. (1982), respectivamente. Todos os procedimentos foram executados de maneira controlada e cautelosa, visando a excelência e a fidedignidade das investigações do presente estudo.

Análise estatística

Os resultados obtidos estão apresentados em média e desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada por Shapiro-Wilk e a homogeneidade, por teste de Levene. A distribuição normal dos dados foi observada e, desse modo, a estatística paramétrica foi empregada. Test-t de *Student* para amostras dependentes foi adotado para analisar o efeito do AQMI sobre a FB e CB. Para testar a correlação entre o desempenho, FB e CB entre as duas sessões, utilizou-se teste produto x momento de Pearson. Em todos os casos, o nível de significância foi fixado em $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mencionado anteriormente, os nadadores realizaram testes de P_{Imáx}, resultando em uma força inspiratória média de 131 ± 25 cmH₂O. No que se refere ao índice global de força dos MI, a média do S-Index dos nadadores foi 101 ± 35 cmH₂O. Os resultados de média e desvio padrão para as variáveis FB, ciclo de braçadas, CB e tempo final de prova dos nadadores estão apresentados na Tabela 1. Contrapondo com nossa hipótese, o AQMI não foi capaz de melhorar o desempenho de atletas de natação quando submetidos a um teste de 200 m nado crawl, não sendo observada diferença significativa dessa estratégia sobre o tempo final de prova e os parâmetros mecânicos investigados.

O tempo final de prova nos 200m crawl foi $180,8 \pm 47,2$ e $186,2 \pm 52,7$ s, para os esforços precedidos ou não por AQMI a 40% da P_{Imáx}, o que não foi estatisticamente diferente ($P = 0,15$). Houve correlação significativa entre o desempenho do tempo final de prova nas duas sessões ($r = 0,99$, $P < 0,001$), determinando que os atletas que participaram do estudo mantiveram um padrão de esforço para as duas sessões. Diferente do observado em nosso estudo, Wilson et al. (2014) sugeriram o efeito do protocolo de AQMI determinado por 2 séries de 30 repetições com carga de 40% da P_{Imáx}, sendo capaz de otimizar o tempo em prova de natação.

Assim como reportado na tabela 1, a FB, os ciclos de braçadas e o CB não foram influenciados pelo aquecimento de MI aqui empregado. Tais resultados podem estar associados ao volume utilizado no protocolo que

adotamos (2 séries de 15 repetições) a 40% da P_{Imáx} individual, com 1 minuto de pausa entre as séries. Em estudo anterior, Wilson et al. (2014) avaliaram atletas de elevado desempenho em natação, submetidos ao teste de 100 m nado livre, precedido ou não por AQMI. Na oportunidade, os autores identificaram diminuição do tempo de prova de 100 m quando os nadadores executaram o esforço após AQMI, sendo o estímulo inspiratório realizado em conjunto com aquecimento específico da natação (sem intervalo entre o aquecimento global e o AQMI), mas com protocolo estabelecido em 2 séries de 30 repetições.

Tabela 1. Variáveis mecânicas dos atletas universitários para a comparação do AQMI entre as sessões.

Variáveis	AQMI controle	AQMI 40%	Teste t pareado	Teste t pareado
FB (ciclos/segundos)	0,41±0,03	0,42±0,03	P=0,92	r=0,67, P=0,100
NB (ciclos)	77±18	77±17	P=0,85	r=0,97, P<0,001
CB (metros/ciclo)	2,77±0,72	2,76±0,66	P=0,82	r=0,98, P<0,001
Tempo final (segundos)	186,2±52,7	180,8±47,2	P=0,15	r=0,99, P<0,001

AQMI: Aquecimento de músculos inspiratórios; FB: Frequência de braçadas; NB: Número de Braçadas; CB: Comprimento de braçadas; Resultados (n=7) expressos como média ± DP; P<0,05.

A intervenção escolhida aqui, caracterizada por 2x15 repetições a 40% da P_{Imáx}, foi baseada em achados positivos da pré-ativação para outras modalidades (MAROSTEGAN et al., 2022; CIRINO et al., 2021; MEROLA et al., 2019). Lomax e Castle (2011) investigaram a fadiga de MI na natação em prova semelhante a realizada neste estudo (200m), sendo um de seus objetivos examinar o impacto da fadiga muscular inspiratória (FMI) sob as variáveis FB e CB, dentre outros. O aumento da frequência respiratória e de respirações tomadas durante o teste, em resposta a FMI, reflete a tentativa de aliviar a dispneia (LOMAX e CASTLE, 2011), que é uma sensação conhecida por se intensificar na presença de FMI. Especificamente, o ato de respirar interrompe o rolamento do corpo e reduz a força propulsiva criada pelas mãos (SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005). Se a frequência respiratória for elevada, particularmente se o padrão respiratório mudar de bilateral para unilateral como consequência, pode resultar em uma ação de braçada menos simétrica e ocorre um desequilíbrio na distribuição de potência entre o braço direito e esquerdo (LOMAX e CASTLE, 2011), sendo uma dificuldade que pode ser comum para alguns nadadores ao atingir a FMI influenciando seu desempenho, na tentativa de manter a propulsão.

A coordenação de braço mais econômica ocorre quando o CB é aumentado e a FB é reduzida para uma determinada velocidade (WAKAYOSHI et al., 1995). Se ocorrer o contrário devido ao aumento de frequência respiratória, o custo de energia associado ao movimento para frente aumentará (LOMAX e CASTLE, 2011). Dessa forma, tendo por base os diferentes aspectos que podem influenciar os parâmetros mecânicos de nado e sua relação com a atividade dos músculos inspiratórios, consideramos a necessidade de novos estudos nesse caminho. Por fim, pontuamos que nossos resultados foram obtidos em amostra composta por nadadores de nível universitário, não sendo possível a transposição desses achados àqueles atletas de elevado desempenho ou grupo de nadadores recreacionais.

CONCLUSÕES:

Os resultados do nosso estudo não revelaram efeito positivo do AQMI sobre as variáveis mecânicas de nado investigadas, bem como sobre o desempenho em teste de 200m crawl. Tais achados podem estar relacionados ao protocolo de AQMI adotado, composto por volume de 2 séries de 15 repetições, com um minuto de intervalo entre cada série, para a modalidade esportiva alvo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (PIBIC) pelo auxílio de bolsa IC, bem como a Faculdade de Ciências Aplicadas (UNICAMP) por sediar o projeto. Agradecemos também ao apoio financeiro concedido pela FAPESP (Regular, proc. 2018/05821-6), que possibilitou a aquisição de equipamentos utilizados no presente estudo.

BIBLIOGRAFIA

- AREIAS, G. DE S., SANTIAGO, L.R., TEIXEIRA, D.S, REIS, M.S. Concurrent Validity of the Static and Dynamic Measures of Inspiratory Muscle Strength: Comparison between Maximal Inspiratory Pressure and S-Index. **Braz J Cardiovasc Surg**, v. 35, n. 4, p. 459–4, 2019.
- AREND, M.; KIVASTIK, J.; MÄESTU, J. Maximal inspiratory pressure is influenced by intensity of the warm-up protocol. **Resp Physiol Neurobi**, v. 230, p. 11-15, 2016.
- BURDON, J. G. et al. The perception of breathlessness in asthma. *Am Rev Respir Dis* [Internet]. 1982 Nov;126(5):825–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7149447>
- BURTCH, A. R. et al. Controlled Frequency Breathing Reduces Inspiratory Muscle Fatigue. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 5, p. 1273–1281, maio 2017.
- CARDELLI, C.; CHOLLET, D.; LERDA, R. Analysis of the 100-m front crawl as a function of skill level in non-expert swimmers. *J Hum Mov Stud* 36: 51–74, 1999.
- CHENG, C.F. et al. Inspiratory muscle warm-up attenuates muscle deoxygenation during cycling exercise in women athletes. **Resp Physiol Neurobi**, v.186, p.296-302, 2013.
- CIRINO, C. et al. Complex network model indicates a positive effect of inspiratory muscles pre-activation on performance parameters in a judo match. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 1 dez. 2021.
- FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, fev. 2001.
- LOMAX, M.; CASTLE S. Inspiratory muscle fatigue significantly affects breathing frequency, stroke rate, and stroke length during 200-m front-crawl swimming. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 10, p. 2691-2695, 2011.
- MAROSTEGAN, A. B.; GOBATTO, C. A. ; RASTEIRO, F. M. ; HARTZ, C. S. ; MORENO, M. A. ; MANCHADO-GOBATTO, F. B. . Effects of different inspiratory muscle warm-up loads on mechanical, physiological and muscle oxygenation responses during high-intensity running and recovery. **Scientific Reports**, v. 12, p. 11223, 2022
- MCGOWAN, C. J. et al. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 45, n. 11, p. 1523–1546, 1 nov. 2015.
- MEROLA, P.K., ZACCANI, W. A., FARIA, C. C., BERTON, D. C., VERGES, S., & FRANCHINI, E. High load inspiratory muscle warm-up has no impact on Special Judo Fitness Test performance. **Ido Movement for Culture**. v.19, p. 66-7, 2019.
- MINAHAN, C. et al. Repeated-sprint cycling does not induce respiratory muscle fatigue in active adults: measurements from the powerbreathe® inspiratory muscle trainer. **Journal of sports science & medicine**, v. 14, n. 1, p. 233, 2015.
- NEDER, J. A.; ANDREONI, S.; LERARIO, M. C.; NERY, L. E. Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Braz J Med Biol Res**, v. 32, n. 6, p. 719-727, 1999.
- RICHARD, P.; BILLAUT, F. Effects of inspiratory muscle warm-up on locomotor muscle oxygenation in elite speed skaters during 3000 m time trials. **European journal of applied physiology**, v. 119, n. 1, p. 191–200, 30 jan. 2019.
- SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; ALLARD, P. Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl. **Hum Mov Sci** 24: 234–256, 2005.
- SHEI, J. et al. Effect of flow-resistive inspiratory loading on pulmonary and respiratory muscle function in sub-elite swimmers. **The Journal of Sports Medicine and physical fitness**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.minervamedica.it>>.
- WAKAYOSHI, K., D'acquisto, L., Cappaert, J. and Troup, J. (1995) Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. **International Journal of Sports Medicine** 16(01), 19-23.
- WILSON, E. E. et al. Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. **British journal of sports medicine**, v. 48, n. 9, p. 789–791, 2014.