

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
EDUCAÇÃO FÍSICA - BACHARELADO

MARCUS DE ALENCAR MATOS

**MEDIADORES DA RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA E FORÇA
PROPULSIVA DE JOVENS NADADORES**

RECIFE
2022

MARCUS DE ALENCAR MATOS

**MEDIADORES DA RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA E FORÇA
PROPULSIVA DE JOVENS NADADORES**

Artigo apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Educação Física do Departamento de Educação Física, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como um dos pré-requisitos para conclusão do curso de Educação Física (Bacharelado).

Orientador: Prof. Dr. Rafael dos Santos Henrique
Titulação: Doutor em Educação Física

RECIFE
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Matos, Marcus de Alencar .

Mediadores de Relação Entre Maturação Biológica e Força Propulsiva de Jovens Nadadores / Marcus de Alencar Matos. - Recife, 2022.
17, tab.

Orientador(a): Rafael dos Santos Henrique
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, , 2022.

1. Força propulsiva. 2. Maturação biológica. 3. Antropometria. I. Henrique, Rafael dos Santos . (Orientação). II. Título.

790 CDD (22.ed.)

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCUS DE ALENCAR MATOS

MEDIADORES DA RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA E FORÇA
PROPULSIVA DE JOVENS NADADORES

Artigo apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Educação Física do Departamento de Educação Física, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como um dos pré-requisitos para conclusão do curso de Educação Física (Bacharelado).

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Eduardo Zapatterra Campos
Universidade Federal de Pernambuco

Tércio Araújo do Rêgo Barros
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família por ter sempre me dado a base da qual precisei para seguir os passos daquilo que tenho acreditado e defendido com muita felicidade, a prática do esporte e da atividade física para a vida. Nessa trajetória, agradeço também aos formadores dos quais tive o prazer de adquirir conhecimento, em especial ao orientador deste trabalho, Prof. Dr. Rafael dos Santos Henrique, que me acolheu no Grupo de Pesquisa em Cineantropometria e Treinamento, GPECIT – UFPE, acreditou em mim e tem me apoiado desde então. Por último agradeço aos meus companheiros de profissão e amigos próximos que têm me apoiado e me incentivado no percurso.

ABSTRACT

Introdução Características antropométricas têm sido descritas como preditoras do desempenho na natação. Embora a maturação biológica seja um fator relacionado às mudanças nos segmentos corporais, torna-se necessário compreender os mecanismos que explicam a relação entre a maturação biológica e o desempenho de nadadores, dentre as quais as variáveis antropométricas podem fazer parte. **Objetivos:** Analisar o efeito de mediação das variáveis antropométricas na relação entre maturação biológica e o desempenho de força máxima no nado atado de jovens nadadores. **Material e Métodos:** A amostra do presente estudo contou com 130 atletas de natação (meninos, $n = 53$, idade = 13.5 ± 1.7 ; meninas, $n = 77$, idade = 12.5 ± 1.8), competitivos da cidade do Recife, estado de Pernambuco, Brasil. O teste de 30s em esforço máximo no nado atado e medidas antropométricas foram coletadas, enquanto o estado maturacional foi verificado pela identificação do *Maturity Offset*. Análises de correlação e mediação foram utilizadas para avaliar a associação entre as variáveis. **Resultados:** Houve correlação da variável independente (estado maturacional) com a variável dependente (força máxima no nado atado) e com as variáveis antropométricas massa corporal, estatura, estatura sentada, área muscular do braço, envergadura e massa magra. Foram verificados efeitos de mediação total para massa magra (mais significativo), massa corporal e envergadura. Não ocorreu efeito de mediação parcial. A compreensão do caminho causal entre as variáveis dependente e independente por meio da mediação pode auxiliar na identificação de características antropométricas relevantes, que podem influenciar no desempenho de jovens nadadores.

Palavras-Chave: Força propulsiva; Maturação biológica; Antropometria.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2 Objetivo Específico	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1 Amostra.....	6
3.2 Instrumentos e procedimentos.....	6
3.2.1 Força propulsiva.....	6
3.2.2 Antropometria.....	7
3.2.3 Composição corporal.....	7
3.2.4 Maturação biológica.....	7
3.2.5 Análise estatística.....	8
4. RESULTADOS.....	9
5. DISCUSSÃO.....	12
6. CONCLUSÃO.....	14
REFERÊNCIAS.....	15

1 INTRODUÇÃO

As características antropométricas dos atletas têm sido investigadas enquanto preditoras do desempenho esportivo em diversos esportes coletivos e intermitentes, como o futebol (BROCHERIE, 2014) e vôlei (MELCHIORRI, 2017), ou em esportes individuais, como a natação (SAMMOUD, 2019) e o atletismo (corrida) (DESSALEL, 2019). Na natação as características antropométricas, junto aos aspectos biomecânicos e energéticos determinam a performance na modalidade (BARBOSA, 2019), seja aumentando a força propulsiva ou diminuindo a força resistiva.

Para avaliar a força propulsiva no nado, diferentes métodos diretos podem ser utilizados, como a utilização dos sensores diferenciais de pressão alocados nas palmas e dorsos das mãos, e células de carga para realização da dinamometria no nado atado, sendo este último o mais utilizado (SANTOS, 2021). O nado atado pode ser realizado de forma segmentar (somente com a propulsão dos membros superiores ou inferiores isoladamente) ou completo. Tradicionalmente os testes de nado atado são realizados com um ou mais esforços máximos de curta duração (aproximadamente 30s) e conferem estimativas em geral de força propulsiva média e pico de força propulsiva, dados em N ou kgf, com base na tensão produzida pela tração do cabo ao qual o atleta está amarrado (SANTOS, 2020). Alguns exemplos de protocolos de esforço máximo utilizados em estudos com nado atado são 3x15s (GATTA et. Al, 2016), 2x10s (MOROUÇO et. Al, 2015), 1x40s (AMARO et. Al, 2017) e 1x30s (PAPOTI et. Al, 2007).

Ao investigar a relação entre as dimensões corporais e a produção de força propulsiva do nado, Moura et. al. (2014) identificaram uma correlação existente da estatura e do percentual de gordura com a força propulsiva no nado atado, corroborando com os achados de Albuquerque et al. (2014). Fernandes et. al (2002) identificaram, em revisão sistemática, 6 características como mais preditivas do perfil de nadadores competitivos bem sucedidos, sendo elas descritas da seguinte forma: “(i) nadadores são mais altos e pesados do que a população em geral; (ii) nadadores apresentam um elevado índice envergadura/ altura, explicitando valores elevados do diâmetro biacromial e do comprimento dos membros superiores; (iii) existe uma elevada razão entre os diâmetros biacromial e bicristal, traduzindo um fator decisivo na modalidade: a promoção de um coeficiente de arrasto inferior; (iv) são observados elevados valores de comprimento e superfície dos membros dos nadadores (afetando positivamente a sua capacidade propulsiva); (v) nadadores de elite apresentam um somatotipo médio ecto-mesomorfo e as nadadoras são centrais ou mesomorfos equilibradas; (vi) nadadores apresentam um maior percentual de massa gorda do que outros

desportistas, fator este que pode gerar benefícios para flutuação. Nevill et. al. (2020) identificaram, através de uma equação alométrica, 7 características antropométricas que favorecem os nadadores em todos os nados: menor gordura corporal, ombros e quadris largos, uma maior relação envergadura / comprimento dos antebraços e perímetro maior do antebraço com menor circunferência de braço relaxado.

As dimensões corporais estão sujeitas às alterações impostas pelo processo maturacional (MALINA, 2004) e, portanto, estão relacionadas à força propulsiva no nado. Nesse sentido, é coerente estabelecer associação entre o processo maturacional e a capacidade dos atletas de produzirem força propulsiva. Buscando realizar a seleção de atletas mais aptos para o alcance de um bom desempenho, bem como para otimizar os períodos do desenvolvimento denominados de “janelas de oportunidade” no treinamento das capacidades físicas, alguns indicadores são utilizados em protocolos formais de avaliação, entre eles um dos principais é a maturação biológica (MALINA et. al., 2015).

Costa et. al. (2021), ao investigar a relação entre maturação e força muscular não específica em jovens nadadores concluíram que o agrupamento para meninos de mesma idade cronológica parece adequado quando realizado por nível de desenvolvimento puberal, massa muscular e força muscular, enquanto que para as meninas o agrupamento por idade cronológica parece o mais adequado (o que evoca a possibilidade de agrupamento baseado nessas variáveis como estratégia para competição e treinamento). Oliveira et al. (2021), por sua vez, analisaram o efeito mediador da maturação biológica na relação entre variáveis antropométricas e composição corporal com a força propulsiva no nado atado em jovens nadadores. Seus resultados mostraram que a maturação teve efeito mediador para essa relação, além de indicarem relação positiva entre as variáveis antropométricas de envergadura, área muscular do braço, massa e massa magra com a força propulsiva.

Diante do exposto, fica evidente uma lacuna de conhecimento a respeito da relação causal entre a maturação biológica e variáveis de desempenho em jovens nadadores.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral:

Analisar o efeito mediador das variáveis antropométricas na relação entre maturação biológica e força máxima no nado atado a fim de compreender a relação causal para o fenômeno.

2.2 Específicos:

(I) Verificar a existência de relação entre o estado maturacional, indicadores antropométricos e força propulsiva de jovens atletas de natação;

(II) Identificar que variáveis antropométricas medeiam a relação entre maturação biológica e força propulsiva de jovens nadadores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostra

A amostra do presente estudo contou com 130 atletas de natação (meninos, $n = 53$, idade = 13.5 ± 1.7 ; meninas, $n = 77$, idade = 12.5 ± 1.8), competitivos da cidade do Recife, estado de Pernambuco, Brasil. O cálculo amostral foi realizado com o software G*Power v. 3.0.10 (Faul et al., 2007), considerando os seguintes critérios: *effect size* = 0.30; poder de 80%; and $\alpha = 5\%$.

Inicialmente cada atleta foi conduzido por um avaliador a três etapas: (1) apresentação do objetivo do estudo, (2) avaliação antropométrica e de composição corporal, e (3) avaliação da força propulsiva. Pais ou representantes legais pelos atletas foram informados sobre o procedimento de testagem e coleta e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Todos os procedimentos do estudo seguiram as diretrizes da Declaração de Helsinque e foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade de Pernambuco CEP/UPE: 522/318, seguindo as regras estabelecidas pela Comissão Nacional de Ética e Pesquisa (CONEP), resolução No. 466/2012.

3.2 Instrumentos e Procedimentos

3.2.1 Força propulsiva

A força propulsiva foi medida pelo método de nado atado, composto por um sistema de cabos ligando fixado do quadril do atleta ao bloco de partida, por um suporte de alumínio. O sistema de cabos foi conectado a aproximadamente 3 cm da linha d'água (PAPOTI et al., 2003). Para o teste, os nadadores não podem fazer nenhum exercício nas 24 horas que antecedem o teste. Um aquecimento de 10 minutos e exercício de intensidade moderada foi realizado antes do teste. Após o aquecimento, uma bóia de tração foi colocada entre as pernas do nadador para evitar que ele utilizasse as extremidades inferiores para o movimento (PAPOTI et al., 2003). O teste de nado amarrado consiste em dois esforços máximos de 30 segundos com força máxima aplicada enquanto o atleta está amarrado ao dispositivo de medição. O início e o fim do teste foram determinados por um sinal sonoro (apito) e todos os participantes foram encorajados verbalmente a fazer o máximo de esforço com a máxima velocidade. As medidas de cada atleta foram obtidas a partir do dinamômetro (Globus Ergometer, Codigné, Itália), contendo célula de carga, hardware e software, com capacidade de tração de 300 kg e uma carga nominal máxima de $2000 \pm 0,29$ N. A temperatura da água foi mantida entre 25° e 28°, conforme recomendação da *Fédération Internationale de Natation* (FINA) para atividades de natação.

3.2.2 Antropometria

A estatura foi medida com o uso de um estadiômetro portátil, com precisão de 0,1 cm (Sanny, São Paulo, Brasil), enquanto que a estatura sentada foi realizada com o participante sentado em um banco de madeira de 50 cm. O comprimento da perna foi obtido indiretamente subtraindo-se o valor da altura sentada pela estatura. A massa corporal (kg) foi medida utilizando uma balança portátil (Filizola, São Paulo, Brasil), com precisão de 0,1 kg. A envergadura dos braços foi obtida usando uma fita métrica (Starrett, Itu, Brasil), com precisão de 0,1 cm, com o participante em pé com os braços abduzidos num ângulo de 90° com o tronco, cotovelos estendidos e antebraços em supinação. A distância entre o ponto mais distal do 3º dedo da mão direita e esquerda nesta posição foi tomado como a envergadura, de acordo com a padronização descrita por Callaway (1991). A perimetria do braço relaxado foi medida com uma fita inelástica com uma precisão de 0,1 cm. Todas as medidas antropométricas foram feitas de acordo com procedimentos padronizados da *International Society for Advance of Kinanthropometry* (Marfell-Jones et al., 2012).

3.2.3 Composição corporal

Medidas das dobras cutâneas do tríceps e subescapular foram realizadas no hemitórax direito usando compasso de dobras cutâneas Lange (Lange, Santa Cruz, CA). Os dados de dobra cutânea, juntamente com a equação de dobras cutâneas de Slaughter et al. (1988), foram usados para estimar o percentual de gordura corporal. A massa magra foi calculada a partir da diferença entre o peso corporal e massa gorda expressa em quilogramas. A área muscular do braço (AMB) foi estimada usando a equação sugerida por Frisancho (1981):

$$AMA (cm^2) = \{[CB (cm) - \pi DCT (cm)] / 4 \pi\}$$

Nota: AMB, área muscular do braço relaxado, CB, circunferência do braço, DCT, dobra cutânea tricipital, $\pi = 3,1416$.

3.2.4 Maturação biológica

A maturação biológica foi avaliada usando o *maturity offset*, que fornece uma indicação de maturidade somática baseada nas medidas de estatura, estatura sentada e

comprimento da perna (Mirwald *et al.*, 2002). Nas meninas, o *maturity offset* é determinado pela seguinte fórmula: $-9,376 + (0,0001882 \cdot \text{interação comprimento da perna e altura sentada}) + (\text{interação de } 0,0022 \cdot \text{idade e comprimento da perna}) + (0,005841 \cdot \text{idade e interação de altura sentada}) - (0,002658 \cdot \text{interação de idade e peso}) + (0,07693 \cdot \text{relação peso por altura} \times 100)$. Nos meninos, o *maturity offset* foi identificado pela seguinte equação: $-9,236 + (0,0002708 \cdot \text{interação comprimento da perna e altura sentada}) - (0,001663 \cdot \text{interação de idade e comprimento da perna}) + (0,007216 \cdot \text{interação idade e altura sentada}) + (0,02292 \cdot \text{peso por razão de altura} \times 100)$. Nas principais análises, a maturação biológica foi tratada como uma variável contínua.

3.2.5 Análise Estatística

Toda a análise dos dados foi realizada por meio do pacote estatístico JASP 0.13. Para a estatística descritiva foram usadas médias e desvios padrão agrupados por sexo, bem como as diferenças entre os sexos através do teste t. As correlações parciais foram calculadas entre a variável independente (maturação biológica), as variáveis mediadoras (antropométricas) e a variável dependente (força máxima no nado atado) ajustadas por idade e sexo através da correlação parcial de Pearson e apenas as variáveis que apresentaram correlação significativa com as variáveis dependente e independente foram incluídas na análise de mediação que ocorreu em seguida. As análises de mediação foram realizadas isolando cada mediador proposto e em seguida simultaneamente com todos os mediadores, observando os efeitos diretos, indiretos e totais, bem como a significância dos efeitos e seus aspectos de mediação nula, parcial ou total. O nível de significância foi fixado em 5% para as estatísticas inferenciais. A mediação foi considerada significativa quando os coeficientes do efeito indireto foram significativos ($p < 0,05$). O cálculo do percentual de mediação foi realizado dividindo o efeito indireto pelo efeito total de mediação e multiplicando o valor por 100.

4 RESULTADOS

Os dados descritivos de todas as variáveis coletadas (idade, variáveis antropométricas, maturação biológica e força propulsiva), ajustadas por sexo, são apresentados na Tabela 1. O teste t para amostras independentes apontou diferenças significativas entre meninos e meninas para todas as variáveis analisadas. Em média os meninos apresentaram valores mais elevados na maioria das variáveis (idade, massa, estatura, estatura sentada, área muscular do braço, força máxima no nado atado, envergadura e massa magra) com exceção de massa gorda, percentual de gordura e estado maturacional, esta última tendo apresentado valores médios negativos para meninos e positivo para meninas, revelando que a maioria dos meninos se encontrava em um estado maturacional anterior ao pico de velocidade de crescimento e as meninas em um estado posterior.

Tabela 1. Dados descritivos de jovens nadadores.

Variável	Sexo	n	Média	DP	t
Idade (anos)	Meninos	53	13,585	1,791	3,351
	Meninas	77	12,506	1,811	
Massa (Kg)	Meninos	53	54,809	9,816	3,871
	Meninas	75	48,06	9,644	
Estatura (cm)	Meninos	53	165,311	11,155	5,21
	Meninas	77	156,217	8,715	
Estatura sentada (cm)	Meninos	53	81,075	8,179	4,344
	Meninas	77	75,208	7,121	
Maturity offset (anos)	Meninos	53	-0,547	1,681	-3,006
	Meninas	77	0,244	1,317	
AMC (cm ²)	Meninos	53	36,374	9,108	4,654
	Meninas	77	29,095	8,518	
FNA (KgF)	Meninos	53	25,973	10,508	3,807
	Meninas	77	20,231	6,688	
Envergadura (cm)	Meninos	53	169,764	12,664	5,551
	Meninas	77	158,434	10,513	
Gordura corporal (%)	Meninos	53	17,945	6,835	-6,274
	Meninas	75	24,814	5,528	
Massa gorda (kg)	Meninos	53	9,915	4,374	-2,781
	Meninas	75	12,178	4,645	
Massa magra (kg)	Meninos	53	44,404	10,127	5,841
	Meninas	75	35,909	6,309	

Nota: AMC, Área Muscular do Braço; FNA, Força Máxima no Nado Atado * $p < 0,05$

A Tabela 2 apresenta os dados das análises de correlação parcial das variáveis coletadas com o estado maturacional e com a força máxima no nado atado. A correlação da força máxima no nado atado com o estado maturacional é significativa. Sobre as variáveis antropométricas, para a força máxima no nado atado houve correlação significativa com a massa corporal, estatura, estatura sentada, área muscular do braço, envergadura e massa magra. Para o estado maturacional as variáveis antropométricas que se correlacionaram significativamente foram massa corporal, estatura, comprimento da perna, estatura sentada, área muscular do braço, envergadura, massa gorda e massa magra, tendo apenas o percentual de gordura apresentado uma correlação não estatisticamente significativa.

Tabela 2. Correlação parcial de Pearson

Variáveis	Força Máx NA (kgf)	Maturity Offset
FNA (kgf)	-	0,243*
<i>Maturity Offset</i> (anos)	0,243*	-
Massa corporal (kg)	0,301**	0,429**
Estatura (cm)	0,251*	0,430**
Comprimento da perna (cm)	0,084	0,342**
Estatura sentada (cm)	0,196*	0,907**
Área muscular do braço (cm ²)	0,210*	0,225*
Envergadura (cm)	0,298**	0,481**
Gordura corporal (%)	0,105	0,026
Massa Gorda (kg)	0,023	0,184*
Massa Magra (kg)	0,382**	0,445**

Nota: FNA, Força Máxima no Nado Atado. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Os resultados da análise de mediação estão descritos na Tabela 3. As variáveis estatura, estatura sentada e área muscular do braço não apresentaram efeito de mediação. As variáveis massa corporal, envergadura e massa magra apresentaram mediação completa, uma vez que a presença delas na posição de variável mediadora anulou o efeito direto de relação entre as variáveis maturação biológica e força propulsiva. A massa magra apresentou o maior e mais significativo efeito de mediação com maior percentual de mediação. Nenhuma variável

apresentou efeito de mediação parcial. Nos demais modelos os efeitos de mediação não foram observados.

Tabela 3: Mediação Força Máxima no Nado Atado

Preditor	Efeito total		Mediador	Efeito direto		Efeito indireto				Percentual de mediação
	β	Erro padrão		β	Erro padrão	β	Erro padrão	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	
Maturação biológica	0,440	0,154	Estatura	0,300	0,168	0,140	0,077	-0,010	0,291	31,8%
	0,440	0,154	Massa corporal*	0,251	0,167	0,189	0,080	0,032	0,346	42,9%
	0,440	0,154	Estatura sentada	0,668	0,366	-0,228	0,332	-0,879	0,424	-51,8%
	0,440	0,154	Envergadura*	0,235	0,172	0,206	0,089	0,031	0,380	46,8%
	0,440	0,154	AMB	0,374	0,156	0,067	0,043	-0,018	0,151	15,2%
	0,440	0,154	Massa magra*	0,163	0,164	0,277	0,088	0,104	0,450	62,9%

AMB, área muscular do braço; IC, intervalo de confiança; *mediação completa

5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito de mediação das variáveis antropométricas na relação entre maturação biológica e força máxima no nado atado. Nossos achados mostram que a massa magra desempenha, dentre as variáveis antropométricas analisadas, o papel de mediação mais importante para a relação entre maturação biológica e força propulsiva no nado atado. Além disso, a massa corporal total e a envergadura também se mostraram importantes mediadores dessa relação.

Na análise descritiva as variáveis antropométricas de percentual de gordura e massa gorda foram as únicas em que as meninas apresentaram valores mais elevados que os meninos, possivelmente justificado pela maturação biológica que foi maior também para as meninas, já que mulheres aparentam ter o aumento da gordura corporal como um forte indicador de maturação, além de um percentual de gordura corporal naturalmente maior (MALINA, 2015). Os resultados apresentados no presente estudo têm clara semelhança com os de Oliveira et Al. (2021), em que o estado maturacional foi posto em análise na posição de variável mediadora, possivelmente por terem sido extraídos os dados da mesma amostra, o que não torna os achados menos interessantes, principalmente por apresentarem um caminho causal invertido, mostrando a importância de se observar a influência do estado maturacional na relação entre variáveis antropométricas e força propulsiva. Sendo a maturação um processo complexo, há importância na análise de mediação para compreender os caminhos causais da relação entre maturação e força propulsiva através de variáveis que são observáveis, facilmente avaliadas e têm relação direta com a performance quão são as antropométricas. Esses dados também podem abrir as portas para a compreensão do fenômeno propulsivo nos estudos do campo da biomecânica.

Uma possível explicação para que a massa magra tenha exercido o maior percentual de mediação pode estar relacionada à sua capacidade contrátil para a produção de trabalho. Dopsaj et. al (2020) identificaram que para o desempenho de sprint de nadadores de elite, no caso do sexo masculino, foi estabelecido que as correlações estatisticamente significativas mais importantes são observadas nas variáveis que definem a relação entre gordura e massa muscular com o potencial contrátil do corpo (índice proteína/gordura, índice de composição corporal e percentual de massa muscular), enquanto que para as mulheres as relações foram estabelecidas para variáveis que definem a quantidade relativa e absoluta de componente contrátil do corpo (percentual de massa muscular esquelética, massa livre de gordura). Dos Santos (2012) observaram que houve correlação entre massa muscular e força propulsiva de jovens nadadores, relação que se tornou mais evidente conforme maior fosse a área muscular

do braço. Strzala et. al (2020) observou que a massa muscular dos braços e do tronco influenciava moderada e fortemente a força produzida pelos membros superiores no nado atado.

Apesar de estudos prévios observarem que a área muscular do braço exerce influência positiva na força propulsiva (Dos Santos et al., 2012), nossos resultados mostraram que essa característica não mediou a relação entre maturação biológica e a força propulsiva. Futuros estudos devem aprofundar a análise acerca das razões pelas quais a área muscular do braço não mediou tal relação. Entretanto, o resultado observado para a mediação completa da envergadura pode ser justificado por característica mecânica do gesto técnico do nado, uma vez que uma maior força propulsiva pode ser potencializada pela ação de maiores alavancas para produção de força potente por parte dos membros superiores.

Apesar dos resultados encontrados, o presente estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, o desenho transversal impede a atribuição de causalidade para as relações encontradas. Desse modo, as relações observadas devem ser analisadas com cautela pois não determinam relação de causa e efeito. Embora o processo de crescimento e maturação seja dinâmico e contenha ampla variabilidade intra e entre indivíduos, estudos futuros poderiam avaliar como as mediações são mantidas ou deixam de existir ao longo do tempo. A realização do teste de nado atado também apresenta um fator que merece ser considerado. Devido à natureza estacionária do teste, a turbulência provocada pelas repetidas braçadas no mesmo local da piscina tende a promover modificações esperadas na técnica de nado e na dinâmica de força quando comparadas com as do nado livre, em que a braçada é apoiada em um fluxo laminar à frente do nadador para gerar pressão (MAGLISCHO, 2003). O nado atado, porém, é um método validado, confiável e amplamente utilizado para quantificar a força máxima exercida, e tem relação direta com o desempenho nas provas de 50m e 100m (LOTURCO et al., 2016; MOROUÇO et al., 2014).

6 CONCLUSÃO

Nossos resultados permitem concluir que massa corporal, massa magra e envergadura medeiam a relação entre maturação biológica e força propulsiva no nado atado, e devem ser consideradas como importantes na identificação e desenvolvimento de jovens atletas de natação. Estudos futuros devem realizar avaliações longitudinais a fim de acompanhar a influência dessas variáveis antropométricas e do processo de maturação biológica no desempenho de força propulsiva de jovens nadadores.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Fabíola L. et al. Height And Body Composition Determine The Arm Propulsive Force In Young Swimmers Independent Of Maturation Stage: 3505 Board# 149 May 31, 9: 30 AM-11: 00 AM. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, n. 5S, p. 941, 2014.
- AMARO, Nuno M. et al. Effects of dry-land strength and conditioning programs in age group swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 9, p. 2447-2454, 2017.
- COSTA, Taline et al. Influence of Biological Maturity on the Muscular Strength of Young Male and Female Swimmers. **Journal of Human Kinetics**, v. 78, n. 1, p. 67-77, 2021.
- DOPSAJ, Milivoj et al. Body composition in international sprint swimmers: Are there any relations with performance?. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 24, p. 9464, 2020.
- DOS SANTOS, Marcos André Moura et al. Estimate of propulsive force in front crawl swimming in young athletes. **Open access journal of sports medicine**, v. 3, p. 115, 2012.
- GILLEN, Zachary M. et al. Muscle strength, size, and neuromuscular function before and during adolescence. **European journal of applied physiology**, v. 119, n. 7, p. 1619-1632, 2019.
- BARBOSA, Tiago M. et al. Skillful swimming in age-groups is determined by anthropometrics, biomechanics and energetics. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 73, 2019.
- BÉNÉFICE, Eric et al. Differences in aerobic and anthropometric characteristics between peripubertal swimmers and non-swimmers. **International journal of sports medicine**, v. 11, n. 06, p. 456-460, 1990.
- BROCHERIE, Franck et al. Relationships between anthropometric measures and athletic performance, with special reference to repeated-sprint ability, in the Qatar national soccer team. **Journal of sports sciences**, v. 32, n. 13, p. 1243-1254, 2014.
- DESSALEW, Getachew Wassihun; WOLDEYES, Dawit Habte; ABEGAZ, Belta Asnakew. The relationship between anthropometric variables and race performance. **Open access journal of sports medicine**, v. 10, p. 209, 2019.
- DINGLE, Hugh. **Migration: the biology of life on the move**. Oxford University Press, USA, 2014.
- DINGLEY, Andrew A.; PYNE, David B.; BURKETT, Brendan. Relationships between propulsion and anthropometry in paralympic swimmers. **International journal of sports physiology and performance**, v. 10, n. 8, p. 978-985, 2015.

- DOS SANTOS, Marcos AM et al. The influence of anthropometric variables, body composition, propulsive force and maturation on 50m freestyle swimming performance in junior swimmers: An allometric approach. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 14, p. 1615-1620, 2021.
- EPSKAMP, Sacha; BORSBOOM, Denny; FRIED, Eiko I. Estimating psychological networks and their accuracy: A tutorial paper. **Behavior research methods**, v. 50, n. 1, p. 195-212, 2018.
- FERNANDES, Ricardo; BARBOSA, Tiago; VILAS-BOAS, João Paulo. Determinant kinantropometric factors in swimming. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 4, n. 1, p. 67-79, 2002.
- FIORI, Júlia Mello et al. The Impact of a Swimming Training Season on Anthropometrics, Maturation, and Kinematics in 12-Year-Old and Under Age-Group Swimmers: A Network Analysis. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 4, 2022.
- GATTA, Giorgio; CORTESI, Matteo; ZAMPARO, Paola. The relationship between power generated by thrust and power to overcome drag in elite short distance swimmers. **PloS One**, v. 11, n. 9, p. e0162387, 2016.
- GILLEN, Zachary M. et al. Muscle strength, size, and neuromuscular function before and during adolescence. **European journal of applied physiology**, v. 119, n. 7, p. 1619-1632, 2019
- KORTE, Florian et al. Play-by-play network analysis in football. **Frontiers in psychology**, v. 10, p. 1738, 2019.
- LOTURCO, I. et al. A correlational analysis of tethered swimming, swim sprint performance and dry-land power assessments. **International journal of sports medicine**, v. 37, n. 03, p. 211-218, 2016.
- MAGLISCHO, Ernest W. **Swimming fastest**. Human kinetics, 2003.
- MALINA, Robert M. et al. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. **British journal of sports medicine**, v. 49, n. 13, p. 852-859, 2015.
- MALINA, Robert M. et al. Prediction of maturity offset and age at peak height velocity in a longitudinal series of boys and girls. **American Journal of Human Biology**, v. 33, n. 6, p. e23551, 2021.
- MALINA, Robert M.; BOUCHARD, Claude; BAR-OR, Oded. **Growth, maturation, and physical activity**. Human kinetics, 2004.

- MELCHIORRI, Giovanni et al. Anthropometric and performance measures to study talent detection in youth volleyball. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 57, n. 12, p. 1623-1632, 2017.
- MULLEN, G. John (Ed.). **Swimming science: Optimizing training and performance**. University of Chicago Press, 2018.
- MOROUÇO, Pedro G. et al. Relative contribution of arms and legs in 30 s fully tethered front crawl swimming. **BioMed research international**, v. 2015, 2015.
- MOROUÇO, Pedro G. et al. Tethered swimming can be used to evaluate force contribution for short-distance swimming performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 11, p. 3093-3099, 2014.
- MOURA, Tatiane et al. Height and body composition determine arm propulsive force in youth swimmers independent of a maturation stage. **Journal of human kinetics**, v. 42, p. 277, 2014.
- NEVILL, Alan M. et al. Key somatic variables associated with, and differences between the 4 swimming strokes. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 7, p. 787-794, 2020.
- OLIVEIRA, Mariana et al. Anthropometric variables, propulsive force and biological maturation: A mediation analysis in young swimmers. **European journal of sport science**, v. 21, n. 4, p. 507-514, 2021.
- PAPOTI, Marcelo et al. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 538, 2007.
- PAPOTI, Marcelo et al. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 126-130, 2005.
- SAMMOUD, Senda et al. Key somatic variables in young backstroke swimmers. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 10, p. 1162-1167, 2019.
- SANTOS, Catarina C. et al. Avaliação das forças propulsivas em natação com recurso a métodos diretos: uma revisão sistemática.
- STRZAŁA, Marek et al. Body composition and specific and general strength indices as predictors of 100-m front crawl performance. **Acta of Bioengineering & Biomechanics**, v. 22, n. 4, 2020.
- TAKAGI, Hideki et al. How do swimmers control their front crawl swimming velocity? Current knowledge and gaps from hydrodynamic perspectives. **Sports Biomechanics**, p. 1-20, 2021.