

## FORÇA MUSCULAR E VOLUMES RESPIRATÓRIOS EM NADADORES DE ÁGUAS ABERTAS

Adriana Oranje D'Agostini<sup>1</sup>, Wesley Lima<sup>1</sup>,  
Fabrício Madureira<sup>1</sup>, Claudio Scorcine<sup>1</sup>, Dilmar  
Guedes Jr<sup>1,3</sup>, Agatha Matheus<sup>2</sup>, Vinicius  
Lauria<sup>2,4</sup>, Victor Zuniga Dourado<sup>4</sup>, Rodrigo  
Pereira da Silva<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Metropolitana de Santos – UNIMES

<sup>2</sup>Faculdade Praia Grande – FPG

<sup>3</sup>Universidade Santa Cecília - UNISANTA

<sup>4</sup>Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

**Resumo:** A natação em águas abertas é uma habilidade complexa pelo seu ambiente imprevisível e sua performance é bastante investigada pelos aspectos biomecânicos e fisiológicos. Objetivo: avaliar a força muscular isocinética, ventilação voluntária máxima e a capacidade vital forçada produzida por nadadores recreacionais de travessia marítima. Metodologia: Foram avaliados 8 nadadores amadores experientes em travessias marítimas, de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 45 anos, com prática sistemática há mais de 10 anos. Para a coleta de dados de desempenho específico foi realizado um teste de 1500 metros nado crawl em uma piscina semi-olímpica. A força muscular foi medida em um dinamômetro isocinético, e avaliada a extensão de cotovelo do braço dominante para mensurar o pico de torque em 60, 180 e 300 graus/seg. Para a função pulmonar utilizou-se um espirômetro portátil, e foram coletados os fluxos inspirados e expirados de acordo com as normas da ATS(2007). Para análises dos dados após a confirmação da não normalidade foi utilizado o teste de Spearman. Conclusão: Foi encontrada uma correlação negativa e significativa entre o desempenho específico de natação e a extensão do cotovelo no teste de resistência no dinamômetro isocinético e no pico de fluxo expiratório, não havendo correlação para outras variáveis analisadas

Palavras – chaves: isocinético; espirometria; natação.

**Abstract:** Swimming in open waters is a complex ability due to its unpredictable environment. Its performance has been thoroughly investigated for the biomechanic and physiological features. Purpose: To assess isokinetic muscular strenght, maximum voluntary ventilation and forced vital capacity produced by recreational sea crossing swimmers. Methodology: A total of 8 amateur experienced swimmers in sea crossing of both genders, aged between 18 and 45, who achieved systematic practice over 10 years, have been evaluated. To collect specific performance data a test of 1500 meters front crawl was carried out in a semi-olympic swimming pool. Muscle strength was assessed by an isokinetic dynamometer, and the elbow extension of the dominant arm to measure torque peak at 60, 180 and 300 degrees/sec was evaluated. For lung function, a portable spirometer was used, and the inhaling and exhaling flows - in accordance with the standards of the ATS (2007) - were collected. The Spearman test was employed to analyze the correlation of data with attested non-normality. Conclusion: A significant negative correlation between the specific swimming performance and elbow extension in endurance

test was found in the isokinetic dynamometer and exhaling flow peak. We did not observe correlations for the other analyzed variables.

**Keywords:** isokinetic; spirometry; swim.

## INTRODUÇÃO

A natação de águas abertas é uma modalidade complexa por ser praticada em ambiente aberto e imprevisível (Risch e Castro, 2007). Vem em uma grande crescente em relação a adeptos no mundo. A capacidade de gerar força propulsora e manter o controle de ritmo no meio líquido é fundamental para o bom desempenho de nadadores (Maglischo e Do Nascimento, 1999). Além disso, a performance na natação atualmente, é muito investigada por dois aspectos importantes: biomecânico e fisiológico, isto é, eficiência do padrão técnico determinante do movimento e aumento das capacidades físicas como composição corporal, resistência e força muscular (Pendergast *et al.*, 2003).

Entretanto, foram encontrados na revisão de literatura poucos estudos a respeito dos tipos de avaliações para se mensurar a força muscular e a capacidade respiratória de praticantes amadores de travessia marítima.

O dinamômetro isocinético é considerado padrão ouro para avaliação da força muscular. Algumas de suas vantagens estão no controle da velocidade do movimento, proporcionando uma avaliação do movimento por completo e sistema de adaptação do aparelho, a resistência é ajustada de acordo com a força empregada pelo avaliado. Com isso, seu uso é difundido do ambiente clínico ao desportivo tornando seu uso confiável e extremamente reprodutível (Neder *et al.*, 1999).

A natação é um esporte em que a capacidade respiratória é bastante requisitada. Assim, a espirometria, ou teste de função pulmonar, torna-se de grande importância para nadadores. O teste de espirometria avalia capacidade vital forçada (CVF) e a ventilação voluntária máxima (VVM), que são comumente utilizados para maior elucidação da capacidade de exercício e ventilação do indivíduos (Brunetto *et al.*, 2003).

A CVF representa o volume máximo de ar exalado com o maior esforço possível, a partir do ponto de máxima inspiração (Indicações, 2002) e tem como função fornecer valores diretos e indiretos da própria curva de CVF, sendo assim demonstrada em litros/segundos ou litros (Costa e Jamami, 2001). A VVM representa o volume máximo de

ar ventilado em um período de tempo por repetidas manobras respiratórias forçadas e permite o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios (Myrianthefs *et al.*, 2014). Além disso, a espirometria é capaz de avaliar as propriedades mecânicas dos pulmões, junto com a condição muscular respiratória do indivíduo. O volume de ar deslocado em litros é convertido em 60 segundos, e a medida é expressa em litros/minuto (l/min) (Costa e Jamami, 2001). Surpreendentemente a medida da força muscular respiratória não tem sido amplamente investigada no contexto da natação.

Deste modo, considerando os estudos envolvendo a relação entre força muscular e aptidão respiratória em nadadores de travessia, a hipótese do estudo é de que os indivíduos que conseguirem realizar picos de força superiores e/ou maiores volumes de VVM e CVF terão melhor desempenho específico.

## **OBJETIVOS**

Avaliar a força muscular Isocinética (pico de torque), ventilação voluntária máxima e a capacidade vital forçada produzida por nadadores recreacionais de travessia marítimas. E correlacionar o desempenho do teste de 1500 metros de natação com a função muscular e respiratória.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo com desenho transversal, cujo os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Foram avaliados 8 nadadores amadores experientes em provas de travessias marítimas. Os voluntários eram de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 45 anos. Como critério de inclusão os participantes não poderiam apresentar nenhum tipo de lesão musculo esquelética e ter no mínimo 5 anos de prática competindo em circuitos paulistas da Baixada Santista. Todos os voluntários foram avaliados em dois dias diferentes, um dia para o teste de desempenho específico e outro dia para força muscular e espirometria.

## **Delineamento**

## Testes de desempenho específico

O teste para coleta de dados de desempenho específico foi realizado na piscina de 25 metros da Universidade Metropolitana de Santos (FEFIS/UNIMES). Para mensurar o desempenho em 1500 metros nadando crawl, cada voluntário executou um aquecimento de 10 minutos nadando crawl em baixa intensidade. Os participantes receberam a instrução para nadar a distância de 1500 metros no menor tempo possível. A saída foi executada de dentro da piscina. A ordem de saída foi dada pelo treinador da equipe que obteve o tempo com o auxílio de mais 6 avaliadores, utilizando um cronômetro do relógio Polar (FT4).

## Força muscular

A função muscular foi avaliada em um dinamômetro isocinético (Biodex, Lumex Inc., Ronkonkoma, NY, EUA). Os participantes foram posicionados de forma protocolada (Wilk, 1991). Posição sentada com as costas e o tronco totalmente apoiados, com as tiras fixando o tronco do avaliado. Após um aquecimento específico, foi avaliado a extensão e flexão do cotovelo do braço direito. O eixo mecânico do movimento do equipamento foi alinhado com o eixo de rotação do membro avaliado. A influência da gravidade foi devidamente corrigida durante todos os testes. As medidas de calibração do aparelho foram inalteradas durante todo o estudo. O pico de Torque em Nm (PT), foi avaliado através de cinco repetições a 60 graus/seg, doze repetições a 180 graus/seg e trinta repetições a 300 graus/seg, com intervalo de três minutos entre cada série. O avaliador encorajou verbalmente o avaliados durante todo o teste.

## Espirometria

Os testes de função pulmonar foram realizados utilizando-se de um espirômetro devidamente calibrado (Quark PFT, COSMED, Pavonadi Albano, Itália) de acordo com os critérios estabelecidos pela *American Thoracic Society* (Miller *et al.*, 2005). Para a realização dos testes de CVF e VVM o voluntário foi instruído para permanecer em posição sentada, com os pés no chão e encostado na cadeira, além de usar um clipe nasal. O teste

de CVF foi realizado primeiro devido ao esforço exigido pelo teste de VVM. No teste de CVF os participantes foram orientados a respirar normalmente, e após o comando do avaliador era necessário executar uma inspiração e expiração com a maior intensidade possível. No teste de VVM após a demonstração do padrão respiratório esperado, os participantes foram instruídos a respirar o mais profundo, forte e rápido possível entre 12 a 15 segundos. Embora a instrução correta e adequada seja de suma importância, ambos os testes necessitam da cooperação e esforço do voluntário.

### Análise estatística

Após a confirmação da não normalidade, foi utilizado o teste de Spearman para analisar a correlação entre o desempenho no teste de 1500 metros e os testes de força muscular e capacidades respiratórias. O nível de significância aceito foi de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

Tabela 1 – Resultados da função pulmonar e ventilação voluntária máxima em valores absolutos e pela porcentagem do previsto.

	CFV		FEF1		PEF		VVM	
	L/min	%Prev	L/min	%Prev	L/min	%Prev	Pico	%Prev
Mediana	4,9	107,5	3,8	107,8	8,9	101,3	163,2	124
Quartil_25	3,9	97,1	3,3	95,6	8,2	83	148,2	115
Quartil_75	5,8	121,4	4,9	117,2	10,6	113,1	197	135,7

Os dados estão em forma de mediana e intervalo interquartil (Quartil); capacidade vital forçada (CFV); fluxo expiratório forçado no primeiro segundo (FEF1); pico de fluxo expiratório (PEF); ventilação voluntária máxima (VVM); litros por minuto (L/min); porcentagem do previsto (%Prev); intervalo interquartil (Quartil).

Tabela 2 – Magnitude da força produzida pelos nadadores de águas abertas para o pico de torque médio em N/m do lado dominante na ação de extensão de cotovelos em três diferentes acelerações.

	60 graus	180 graus	300 graus
Mediana	51	39,25	35,5
Quartil_25	37,5	27	27,1
Quartil_75	67	57,1	47,8

Os dados estão em forma de mediana e intervalo interquartil (Quartil). Pico de torque médio para o ângulo de 60 graus (60 graus); Pico de torque médio para o ângulo de 180 graus (180 graus); Pico de torque médio para o ângulo de 300 graus (300 graus).

Tabela 3 – Correlação entre o desempenho no teste de 1500 metros de natação com o dinamômetro isocinético e a função pulmonar.

		Função Muscular Isocinética			Função Pulmonar			
		60	180	300	CVF	VEF1	PEF	VVM
		graus	graus	graus				
1500	r	-0,53	-0,68	-0,84	-0,42	-0,41	-0,75	0,51
	p	0,17	0,06	0,01*	0,29	0,31	0,03*	0,20

Os dados estão descritos como coeficiente de correlação (r); nível de significância (p); Teste de 1500 metros de natação (1500); Capacidade vital forçada (CVF); Volume expiratório no primeiro segundo (VEF1); Pico de fluxo expiratório (PEF); Ventilação voluntária máxima (VVM).

## DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram correlação negativa entre o teste de 1500 metros e o teste de resistência muscular da extensão do cotovelo realizado no dinamômetro isocinético e na espirometria na variável do PEF. Para as demais variáveis analisadas a correlação não foi significativa.

No estudo de Santos et al (Santos *et al.*, 2011) avaliou a CFV de 31 nadadores Brasileiros de nível internacional e encontrou o resultado de 5,8 litros e 165 % do previsto, não corroborando com os achados do presente estudo. Entretanto a amostra do trabalho citado foi composta por adolescentes e metade dos nadadores eram velocistas. Já no estudo de Prateek et al (Mehrotra *et al.*, 1997), analisou 20 nadadores adolescentes Indianos e verificou os volumes de CFV de 3,38 litros, sendo inferiores ao nadadores de

travessias avaliados. Nobrega et al.(Nóbrega, 2013) avaliaram 21 atletas de natação juvenil e júnior e a CFV encontrada foi de 3,50 litros, também não corroborando com o estudo atual.

No experimento de Armour et al. (Armour *et al.*, 1993) que avaliaram oito nadadores de elite encontrou os valores de FEV1 na porcentagem do previsto de 122%, com uma diferença percentual de 16,1% ao nosso estudo. Corroborando com os dados anteriores, Santos et al (Santos *et al.*, 2011), o FEV1 foi de 4,7 litros superior aos nadadores de travessias avaliados neste estudo. Entretanto, Prateek et al.(Mehrotra *et al.*, 1997) e Nobrega et al.(Nóbrega, 2013) observaram o FEV1 de 2,95 litros e 3,58 litros respectivamente, ambos não indo de encontro aos nossos resultados

Estudo que avaliou o PEF em nadadores fundistas e velocistas encontrou resultado de 9,5 litros indo de encontro com os nossos achados. No experimento de Nobrega et al.(Nóbrega, 2013), foram encontrados valores inferiores de 7,42 litros no PEF.

Na avaliação da função muscular isocinética Moreira et al.(Moreira, 2012) avaliaram 10 nadadores com idade entre 18 e 28 anos que participavam de competições nacionais e regionais. Foi avaliado o pico de torque a 60 e 180 graus por segundo e encontraram os resultados de 70,6 N.m e 60,9 N.m respectivamente, os resultados são superiores aos do presente estudo, entretanto a amostra foi composta de atletas velocistas. Terzis et al. (Terzis *et al.*, 2003) utilizaram o dinamômetro isocinético em estudantes de educação física após 5 semanas de treinamento para arremesso de peso, e encontraram os resultados de 51N.m para os 60 graus e 37,5 N.m para 180 graus, corroborando com o presente estudo.

A correlação entre o desempenho da natação e o pico de torque a 300 graus por segundo pode estar relacionado com a alta velocidade angular durante as fases propulsivas, principalmente a de empurre como no estudo de Suito et al (Suito *et al.*, 2008), que avaliou a velocidade angular dos músculos extensores do cotovelo durante os primeiros 15 metros e os últimos 15 metros num teste dos 100 metros livre. A velocidade encontrada se manteve em aproximadamente em 300 graus por segundo nas duas condições.

Uma das hipóteses para não ter encontrado correlação no ângulo de 60 graus por segundo pode ser explicado pela especificidade do esporte(Wilson e Murphy, 1996), já que a velocidade angular do braço no nado crawl se aproxima dos 300 graus por segundo (Suito *et al.*, 2008).

Poderia se considerar como limitação do estudo a amostra pequena, em parte devido a alguns voluntários não terem completado os testes. Entretanto a amostra foi selecionada de nadadores experientes em provas de águas abertas.

## CONCLUSÃO

Os resultados encontrados nesse presente estudo demonstram correlação negativa e significativa entre o teste de 1500 metros e o teste de 300<sup>o</sup>/seg realizado no dinamômetro isocinético e o PEF. Para as demais variáveis analisadas a correlação não foi significativa, não foram observados nenhum distúrbio ventilatório (Mandell *et al.*, 2007) nos avaliados e a força muscular vai ao encontro da literatura (Suito *et al.*, 2008).

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Epidemiologia e Movimento Humano (EPIMOV), pela disponibilidade dos materiais utilizados nessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARMOUR, J.; DONNELLY, P.; BYE, P. The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? **European respiratory journal**, v. 6, n. 2, p. 237-247, 1993. ISSN 0903-1936.

BRUNETTO, A. F. et al. Relação entre capacidade ventilatória e exercício em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica moderada-grave. **Rev Bras Fisioter**, v. 7, n. 1, p. 41-7, 2003.

COSTA, D.; JAMAMI, M. Bases fundamentais da espirometria. **Rev Bras Fisioter**, v. 5, n. 2, p. 95-102, 2001.

INDICAÇÕES, I. Provas de função pulmonar em crianças e adolescentes. **J Pneumol**, v. 28, n. Supl 3, p. 207, 2002.

MAGLISCHO, E. W.; DO NASCIMENTO, F. G. **Nadando ainda mais rápido**. Manole, 1999. ISBN 8520409970.



MANDELL, L. A. et al. Infectious Diseases Society of America/American Thoracic Society consensus guidelines on the management of community-acquired pneumonia in adults. **Clinical infectious diseases**, v. 44, n. Supplement 2, p. S27-S72, 2007. ISSN 1058-4838.

MEHROTRA, P. et al. STUDY OF PULMONARY FUNCTIONS IN SWIMMERS OF LUCKNOW CITY. **Indian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 41, n. 1, p. 83-86, 1997. ISSN 0019-5499.

MILLER, M. R. et al. Standardisation of spirometry. **Eur Respir J**, v. 26, n. 2, p. 319-38, Aug 2005. ISSN 0903-1936 (Print)

0903-1936 (Linking). Disponível em: <

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=16055882](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16055882) >.

MOREIRA, N. C. Reprodutibilidade do pico de torque do músculo tríceps braquial em nadadores treinados. 2012.

MYRIANTHEFS, P. et al. Spirometry may underestimate airway obstruction in professional Greek athletes. **The clinical respiratory journal**, v. 8, n. 2, p. 240-247, 2014. ISSN 1752-699X.

NEDER, J. A. et al. Reference values for concentric knee isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 29, n. 2, p. 116-126, 1999. ISSN 0190-6011.

NÓBREGA, A. S. Efeitos da técnica respiratória de Buteyko na Espirometria de Nadadores de Competição. 2013.

PENDERGAST, D. et al. Energy balance of human locomotion in water. **Eur J Appl Physiol**, v. 90, n. 3-4, p. 377-386, 2003. ISSN 1439-6319.

RISCH, O.; CASTRO, F. Desempenho em natação e pico de força em tethered swimming. Anais do XII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2007. p.441-6.

SANTOS, M. R. C. et al. Pressões respiratórias máximas em nadadores adolescentes. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, v. 17, n. 2, p. 66-70, 2011. ISSN 0873-2159.

SUITO, H. et al. The effect of fatigue on the underwater arm stroke motion in the 100-m front crawl. **Journal of applied biomechanics**, v. 24, n. 4, p. 316-324, 2008. ISSN 1065-8483.

TERZIS, G. et al. Relationship between shot put performance and triceps brachii fiber type composition and power production. **European journal of applied physiology**, v. 90, n. 1-2, p. 10-15, 2003. ISSN 1439-6319.

WILK, K. Isokinetic Testing-Setup and Positioning. **Biodex System II Manual, Applications/Operations**, 1991.

WILSON, G. J.; MURPHY, A. J. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. **Sports Medicine**, v. 22, n. 1, p. 19-37, 1996. ISSN 0112-1642.