



## **CORRELAÇÕES ENTRE PARÂMETROS INSPIRATÓRIOS, ANTROPOMÉTRICOS E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE JOVENS NADADORES DE AMBOS OS SEXOS**

**Palavras-Chave:** parâmetros inspiratórios, antropometria, natação.

**LARA S DE ARAUJO<sup>1</sup>, ANITA B MAROSTEGAN<sup>1</sup>, PEDRO P M SCARIOT<sup>1</sup>, CLAUDIO A GOBATTO<sup>1</sup> e FÚLVIA B MACHADO-GOBATTO<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte - LAFAE, Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

### **INTRODUÇÃO**

Os músculos inspiratórios (MI) desempenham importante papel na natação, já que são absolutamente acionados para manutenção e qualidade do nado (LEAHY et al., 2019). De modo agudo, os estímulos de nado parecem causar respostas momentâneas negativas sobre esse grupamento muscular. Entretanto, quando do treinamento nessa modalidade, são observados efeitos positivos sobre a força muscular respiratória e funções pulmonares de nadadores (YILMAZ e ÖZDAL, 2019), considerando que os estímulos crônicos aplicados à essa musculatura provocam adaptações pulmonares, resultando em maior resistência à fadiga e/ou melhora no desempenho em natação (BURTCH et al., 2017). Embora significantes, os MI ainda são pouco explorados de maneira específica em programas de treinamento físico e esportivo. Por outro lado, uma vez que esforços físicos de alta intensidade podem ocasionar o aumento da atividade dos MI, hiperventilação e consequente fadiga precoce com queda de desempenho (RODRIGUEZ et al., 2020), mais atenção deveria ser destinada à essa musculatura, em especial, em atletas de natação. Utilizando um manovacuômetro para a identificação da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imáx</sub>), é possível estimar a força muscular inspiratória (FMI) e prescrever treinamentos específicos para MI. Outro meio para estimar a FMI é avaliando o índice global de força dos músculos inspiratórios, 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, neuromusculares, biomecânicos e técnicos, além das medidas antropométricas e de composição corporal, que podem estar associados a significantes respostas na força da musculatura esquelética, principalmente da parte superior do corpo (BARBOSA et al., 2015; CROWLEY et al., 2017; KEINER et al., 2019). Destacam-se também as importantes diferenças entre homens e mulheres, em especial sobre as medidas antropométricas e composição corporal (BREDELLA, 2017; SPIESSHOEFER et al., 2020), o que pode ser ainda mais evidenciado em jovens atletas. Tendo por base a importância dos músculos inspiratórios e as características corporais para o desempenho em natação, o presente estudo objetivou determinar os parâmetros inspiratórios, antropométricos e estimar a composição corporal de jovens nadadores, investigando as possíveis correlações entre esses parâmetros. Adicionalmente, foram comparados os resultados inspiratórios, antropométricos e de composição corporal entre atletas nadadores do sexo feminino e masculino.

### **METODOLOGIA**

Para isso, foram avaliados dez jovens atletas de ambos os sexos (5 homens, 16±0 anos; e 5 mulheres, 15±0 anos). Como critérios de inclusão, foram considerados atletas treinados em natação (mínimo 2 anos), realizando um tempo médio de 16 horas semanais de treino e participando

de competições em nível ao menos regional, não sendo portadores de doenças pulmonares. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas (protocolo nº 39132120.2.0000.5404). Os avaliados e seus responsáveis receberam informações sobre os procedimentos e assinaram os termos de consentimento e assentimento, livres e esclarecidos. Após isso, em próprio ambiente de treino e com todos os cuidados éticos, as medidas antropométricas e de composição corporal foram obtidas. Posteriormente, após uma hora de intervalo para evitar a fadiga muscular inspiratória, medidas de FMI foram realizadas.

### **Parâmetros Inspiratórios e Antropométricos**

A força muscular inspiratória foi avaliada por meio da pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>) utilizando um manovacuômetro analógico (GER-AR, São Paulo, SP, Brasil). Este dispositivo, que adota procedimento não invasivo, possui um bocal de plástico conectado a um pequeno orifício (2 mm) para evitar o fechamento glótico. Na posição sentada e com oclusão nasal, a medição foi iniciada a partir do volume residual. Após isso, foi sinalizado para que os atletas realizassem uma inspiração forte e rápida na capacidade pulmonar total, com sustentação. Para obter o melhor valor, todos os participantes realizaram de três a cinco tentativas, com intervalo de 1 minuto entre as medidas. A PI<sub>máx</sub> foi considerada o maior valor que não ultrapasse 10% de diferença entre as tentativas (ANTONELLI et al., 2019). Para estimar a FMI por medida dinâmica foi mensurado o índice de força global (S-Index), avaliado por um dispositivo inspiratório (*PowerBreathe*, modelo K5, IMT Technologies Ltd., UK). Nesse caso, os participantes foram instruídos a realizar trinta inspirações dinâmicas com fluxo de ar aberto, expirando lentamente e inspirando a maior capacidade de ar de forma rápida e profunda, sendo essa resposta dinâmica. O teste foi executado em posição ortostática e com oclusão nasal. O pico e a média do S-Index foram os maiores e os valores médios nas 30 inspirações, respectivamente (CIRINO et al., 2021), sendo essa medida derivada do pico de fluxo inspiratório médio (PIF) e medidas de volume. A PI<sub>máx</sub> e S-Index (média e pico) foram também apresentados de modo relativizado pela massa corporal dos atletas. Para a análise da antropometria e estimativa da composição corporal, foram mensuradas a massa corporal (MC) (kg) (balança digital *Multilaser*<sup>®</sup>, com capacidade máxima de 180 kg e precisão de 100g), estatura (EST) (cm), circunferências corporais (CC) (cm), incluindo o tórax (CT), envergadura (ENV) (cm) e diâmetro biepicôndilo umeral (cm) e femoral (cm) (paquímetro ósseo e fita antropométrica flexível *Cescor*<sup>®</sup>). O percentual de gordura corporal (% GC) foi estimado seguindo a proposta de Jackson e Pollock (1978) para homens e Jackson, Pollock e Ward (1980) para mulheres, considerando a somatória das espessuras de sete dobras cutâneas (peitoral, axilar média, tríceps, subescapular, abdômen, suprailíaca e coxa, mensuradas por adipômetro *Cescor*<sup>®</sup>). Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador, em triplicata, sendo o valor final considerado a mediana dos três registros. O somatotipo foi estimado pelo método proposto por Heath e Carter (1967), permitindo a indicação de predominâncias entre os três componentes morfológicos: endomorfo, ectomorfo e mesomorfo. Além disso, foram estimadas a massa óssea (MO), a massa muscular (Mm), a massa de gordura (MG) e a massa corporal magra (MCM) (POLLOCK e WILMORE, 1993).

### **Análise Estatística**

Os dados foram analisados pelo *software* STATISTICA (versão 7.0). Testes de correlação produto-momento de Pearson foram aplicados entre os parâmetros antropométricos (EST, MC, MM, Mm, MO, MG, MCM, ENV, CT) e inspiratórios (PI<sub>máx</sub>, PI<sub>máx</sub> relativizada, S-Index (pico e média), S-Index (pico e média) relativizada, PIF (pico e média) e volume (pico e média)). Adicionalmente, para comparar os dados de força muscular inspiratória (FMI - PI<sub>máx</sub> e SIndex) total e relativizado pela massa corporal entre homens e mulheres, o teste *t-Student* para amostras independentes foi

adotado. O nível de significância foi estabelecido em 5% e o intervalo de confiança em 95%. Os resultados são apresentados em média  $\pm$  erro padrão da média (EPM).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis antropométricas, estimativas da composição corporal e parâmetros inspiratórios para homens, mulheres e a soma de ambos os sexos (geral), estão apresentados na tabela 1 e 2, respectivamente. A ineficiência da ventilação pode se relacionar com a deficiência da força e resistência dos músculos respiratórios, causando importante redução na tolerância ao exercício (JURISCÉ et al., 2019), inclusive para a performance na natação (WILSON et al., 2014). Os nadadores avaliados em nosso estudo apresentaram elevados valores de  $PI_{m\acute{a}x}$ , com resultados semelhantes a atletas japoneses do sexo masculino, corredores de longa distância (OHYA et al., 2016) e mulheres nadadoras (OHYA et al., 2017). Além disso, a composição corporal é altamente correlacionada com a *performance* (POTTEIGER et al., 2010). Na natação, o percentual de gordura corporal pode afetar a flutuabilidade, assim como a massa corporal pode impactar no arrasto na água (FIELDS et al., 2018). Desse modo, aumentar a massa muscular pode beneficiar o desempenho na natação e prevenir lesões (ROELOFS et al., 2017). Adicionalmente, músculos respiratórios mais fortes suportam a ventilação exigida durante o nado, uma vez que a posição horizontal do corpo e a pressão hidrostática na parede torácica requerem maiores pressões inspiratórias (LEAHY et al., 2019). Nesse sentido, correlações importantes foram observadas entre as medidas de FMI e dados antropométricos e de composição corporal. A  $PI_{m\acute{a}x}$  foi positivamente correlacionada com a Mmu ( $r=0,64$ ;  $p=0,046$ ), a ENV ( $p=0,033$ ;  $r=0,67$ ) e CT ( $r=0,67$ ;  $p=0,033$ ). Para o S-Index relativizado, houve correlação positiva com a MM ( $r=0,79$ ;  $p=0,006$ ). Por outro lado, houve correlação inversa entre a GC e essa medida de força respiratória ( $r=-0,79$ ;  $p=0,006$ ). Já para a média do S-Index absoluta e relativizada, correlações positivas com a MM ( $r=0,63$ ;  $p=0,047$  e  $r=0,79$ ;  $p=0,006$ , respectivamente) e inversa com GC ( $r=-0,63$ ;  $p=0,047$  e  $r=-0,79$ ;  $p=0,006$ , respectivamente) também foram observadas. A média do pico do fluxo inspiratório (PIF) apresentou correlação positiva com MM ( $r=0,64$ ;  $p=0,046$ ) e inversa com GC ( $r=-0,64$ ;  $p=0,046$ ).

Não observamos na literatura investigações destinadas a analisar o S-Index de nadadores, dificultando comparações e estimativas de valores ideais para esses atletas. Contudo, um recente estudo comparando os valores estáticos ( $PI_{m\acute{a}x}$ ) e dinâmico (S-Index) de FMI apontou que, apesar das medidas serem capturadas por protocolos diferentes, essas possuem forte associação e boa concordância entre si (AREIAS et al., 2020). Em consonância, outro recente estudo também observou relação significativa entre a massa livre de gordura e aumento da força muscular respiratória, porém em atletas levantadores de peso (HACKETT e SABAG, 2021).

**Tabela 1.** Variáveis antropométricas, estimativas de composição corporal e somatotipo de jovens atletas de natação de ambos os sexos.

VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS E COMPOSIÇÃO CORPORAL									
Variáveis	Estatura (cm)	Massa Corporal (kg)	Idade (anos)	Gordura Corporal (%)	Massa Magra (%)	Massa de Gordura (kg)	Massa Óssea (kg)	Massa Magra (kg)	Somatotipo (predomínio)
Homens (n=5)	170,6 $\pm$ 0,6	69,5 $\pm$ 2,8	16 $\pm$ 0	12,2 $\pm$ 1,5	87,8 $\pm$ 1,5	8,5 $\pm$ 1,2	4,5 $\pm$ 0,1	39,6 $\pm$ 1,4	Mesomorfo- Endomorfo
Mulheres (n=5)	162 $\pm$ 2,5	65,3 $\pm$ 3,2	15 $\pm$ 0	25 $\pm$ 4,7	74,9 $\pm$ 4,7	18,4 $\pm$ 2,1	3,9 $\pm$ 0,1	29,3 $\pm$ 0,7	Mesomorfo- Endomorfo
Geral (n=10)	167 $\pm$ 0,0	67,4 $\pm$ 2,1	16 $\pm$ 0	17,7 $\pm$ 3,6	69,7 $\pm$ 9,8	13,5 $\pm$ 2,0	4,2 $\pm$ 0,1	34,5 $\pm$ 1,8	Mesomorfo- Endomorfo

Resultados expressos como média  $\pm$  EPM.

**Tabela 2.** Parâmetros inspiratórios dos atletas de jovens atletas de natação de ambos os sexos.

PARÂMETROS INSPIRATÓRIOS										
Variáveis	PImáx (cmH <sub>2</sub> O)	PImáx relativa (cmH <sub>2</sub> O/kg)	S-Index médio (cmH <sub>2</sub> O)	S-Index médio relativo (cmH <sub>2</sub> O/kg)	SIndex pico (cmH <sub>2</sub> O)	SIndex pico relativo (cmH <sub>2</sub> O/kg)	PIF média (L/s)	PIF pico (L/s)	Volume média (L)	Volume pico (L)
Homens (n=5)	138±18	1,96±0,1	123,6±11,8	1,7±0,1	139,7±10,8	2,0±0,1	6,8±0,6	7,7±0,4	3,1±0,2	3,5±0,2
Mulheres (n=5)	108±4	1,68±0,1	76,9±4,7	1,1±0,1	92,4±3,2	1,4±1	4,4±0,2	5,2±0,1	2,2±0,1	2,7±0,1
Geral (n=10)	123±10	1,6±0,2	100,2±9,8	1,3±0,1	116,0±9,5	1,5±0,2	5,6±0,5	6,5±0,4	2,6±0,2	3,1±0,2

**PImáx:** pressão inspiratória máxima; **S-Index:** índice de força global; **PIF:** pico do fluxo inspiratório; **cmH<sub>2</sub>O:** centímetros de água. Resultados expressos como média ± EPM.

Comparando as variáveis entre nadadores e nadadoras, a média do S-Index ( $p=0,006$ ;  $t=3,66$ ) e o valor relativizado para esse parâmetro ( $p=0,02$ ;  $t=2,83$ ) revelou que os homens apresentaram valores superiores em relação às mulheres. O mesmo foi observado para o S-Index pico absoluto ( $p\leq 0,005$ ;  $t=4,15$ ) e relativizado ( $p=0,01$ ;  $t=3,15$ ) (TABELA 2). Além disso, assim como esperado, os homens apresentam média de envergadura superior em relação às mulheres ( $p\leq 0,05$ ;  $t=3,78$ ), assim como a estatura média ( $p=0,01$ ;  $t=3,30$ ) (TABELA 1), o que pode justificar também, maiores médias de volume pico e médio ( $p=0,02$ ;  $t=2,78$  e  $p=0,02$ ;  $t=2,85$ , respectivamente) (TABELA 2). Indivíduos do sexo masculino, por exemplo, apresentam espessura do diafragma maior e conseqüentemente, valores médios superiores para o volume e fluxo pulmonar capazes de gerar resultados superiores de PImáx (SPIESSHOEFER et al., 2020). As diferenças entre a composição corporal de homens e mulheres é classicamente conhecida, principalmente na distribuição da gordura corporal e massa muscular (BREDELLA, 2017). Ainda, o padrão de distribuição de gordura na parte superior do corpo é negativamente associado à função das vias aéreas, e o aumento da massa magra corporal resulta em modificações positivas das variáveis espirométricas em indivíduos saudáveis (MAIOLO et al., 2003). Portanto, programas de treinamento físico geral e específicos para nadadores, bem como a associação com exercícios que promovam o desenvolvimento da FMI podem ser aliados em prevenir a fadiga desses músculos (ÖZDAL, 2015), e ainda o treinamento muscular respiratório específico ou o aquecimento de MI pode ser importante no fortalecimento e na prevenção fadiga induzida pelo exercício (OUESLATI et al., 2018). O presente estudo sugere atenção aos parâmetros inspiratórios, antropométricos e à composição corporal, já com jovens atletas.

## CONCLUSÕES

Nossos resultados indicam que atletas com composição corporal considerada mais saudável, isto é, com baixo percentual de gordura corporal e maior quantidade de massa magra, apresentam melhores resultados para os parâmetros inspiratórios aqui analisados, em especial a PImáx e o S-Index. O percentual de gordura corporal interferiu negativamente no pico de fluxo inspiratório e a envergadura e a circunferência do tórax apresentaram correlações significantes e positivas com alguns parâmetros inspiratórios. Por fim, jovens nadadores apresentaram resultados mais elevados para parâmetros inspiratórios, muito possivelmente devido às diferenças antropométricas e de composição corporal em relação às nadadoras. Nossos resultados reforçam a importância da prescrição de esforços físicos individualizados para esses atletas e, quando possível, atenção específica ao treinamento para músculos inspiratórios.

## REFERÊNCIAS

- ANTONELLI, C. B. B; HARTZ, C. S; SANTOS, S. D. S., *et al.* Effects of Inspiratory Muscle Training With Progressive Loading on Respiratory Muscle Function and Sports Performance in High-Performance Wheelchair Basketball Athletes: A Randomized Clinical Trial. **Int J Sports Physiol Perform**, 31172823, 2019.
- 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. 459–464, 2020.
- BARBOSA, T. M., MORAIS, J.E., MARQUES, M.C., COSTA, M.J., MARINHO, D.A. The power output and sprinting performance of young swimmers. **J Strength Cond Res**. n. 20, p. 440–450, 2015.
- BREDELLA, M.A. Sex Differences in Body Composition. In: Mauvais-Jarvis F. (eds) Sex and Gender Factors Affecting Metabolic Homeostasis, Diabetes and Obesity. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, vol 1043, 2017.
- BURTCH, A.R., OGLE, B.T., SIMS, P.A., HARMS, C.A., SYMONS, T.B., FOLZ, R.J., ZAVORSKY, G.S. Controlled Frequency Breathing Reduces Inspiratory Muscle Fatigue. **J Strength Cond Res**, v. 31, n.5 p.1273-1281, 2017.
- CIRINO, C., GOBATTO, C.A., PINTO, A.S. *et al.* Complex network model indicates a positive effect of inspiratory muscles pre-activation on performance parameters in a judo match. **Sci Rep**. 11, 11148, 2021.
- CROWLEY, E.; HARRISON, A. J., LYONS, M. The Impact of Resistance Training on Swimming Performance: A Systematic Review. **Sports Med**, v. 47, n. 11, p. 2285–2307, 12 nov. 2017.
- FIELDS, J.B., MERRIGAN, J.J., WHITE, J.B., JONES, M.T. Body Composition Variables by Sport and Sport-Position in Elite Collegiate Athletes. **J Strength Cond Res**. 32(11):3153-3159, 2018.
- HACKETT, D.A., SABAG, A. Lung function and respiratory muscle strength and their relationship with weightlifting strength and body composition in non-athletic males. **Respir Physiol Neurobiol**. 286:103616, 2021.
- HEATH, B.H., CARTER, J.E. A modified somatotype method. **Am J Phys Anthropol**. 27(1):57-74, 1967.
- KEINER, M., WIRTH, K., FUHRMANN, S., KUNZ, M., HARTMANN, H., HAFF, G.G. 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**, v. Publish Ah, n. 20, p. 1–7, 15 ago. 2019.
- JACKSON, A.S., POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr**. 40(3):497-504, 1978.
- JACKSON, A.S., POLLOCK, M.L., WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med Sci Sports Exerc**. 12(3):175-81, 1980.
- JURIĆ, I., LABOR, S., PLAVEC, D., LABOR, M. Inspiratory muscle strength affects anaerobic endurance in professional athletes. **Arh Hig Rada Toksikol**. 1;70(1):42-48, 2019.
- LEAHY, M.G., SUMMERS, M.N., PETERS, C.M., MOLGAT-SEON, Y., GEARY, C.M., SHEEL, A.W. The Mechanics of Breathing during Swimming. **Med Sci Sports Exerc**, v.51, p.1467-1476, 2019.
- MAIOLO, C., MOHAMED, E.I., CARBONELLI, M.G. Body composition and respiratory function. **Acta Diabetol**. Suppl 1:S32-8, 2003.
- OHYA, T., HAGIWARA, M., CHINO, K., SUZUKI, Y. Maximal inspiratory mouth pressure in Japanese elite male athletes. **Respir Physiol Neurobiol**. 230:68-72, 2016.
- OHYA, T., HAGIWARA, M., CHINO, K., SUZUKI, Y. Maximal inspiratory mouth pressure in Japanese elite female athletes. **Respir Physiol Neurobiol**. 238:55-58, 2017.
- OUESLATI, F.; BERRIRI, A.; BOONE, J., *et al.* Respiratory muscle strength is decreased after maximal incremental exercise in trained runners and cyclists. **Respir Physiol Neurobiol**, 248, p. 25-30, 2018.
- ÖZDAL, M. Acute effects of aerobic and two different anaerobic exercises on respiratory muscle strength of well-trained men. **Eur J Sport Sci**. 4 (4):7-12, 2015.
- POLLOCK, M.L., WILMORE, J.H. Exercícios na Saúde e na Doença: Avaliação e Prescrição para Prevenção e Reabilitação. **MEDSI Editora Médica e Científica Ltda.**, 233-362, 1993.
- POTTEIGER, J.A., SMITH, D.L., MAIER, M.L., FOSTER, T.S. Relationship between body composition, leg strength, anaerobic power, and on-ice skating performance in Division I men's hockey athletes. **J Strength Cond Res**. 24(7):1755–1762, 2010.
- RODRIGUEZ, F. R.; AUGHEY, R. J.; BILLAUT, F. The Respiratory System during Intermittent-Sprint Work: Respiratory Muscle Work and the Critical Distribution of Oxygen. **Respiratory Physiology**. Publisher: IntechOpen, 2020.
- ROELOFS, E.J., SMITH-RYAN, A.E., TREXLER, E.T., HIRSCH, K.R. Seasonal Effects on Body Composition, Muscle Characteristics, and Performance of Collegiate Swimmers and Divers. **J Athl Train**. 52(1):45-50, 2017.
- SALES, A.T., FREGONEZI, G.A., RAMSOOK, A.H., GUENETTE, J.A., LIMA, I.N., REID, W.D. Respiratory muscle endurance after training in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. **Phys Ther Sport**. 17:76-86, 2016.
- SPIESSHOEFER, J., HERKENRATH, S., HENKE, C., LANGENBRUCH, L., SCHNEPPE, M., RANDERATH, W., YOUNG, P., BRIX, T., BOENTERT, M. Evaluation of Respiratory Muscle Strength and Diaphragm Ultrasound: Normative Values, Theoretical Considerations, and Practical Recommendations. **Respiration** 99:369-381, 2020.
- YILMAZ Ö.F., ÖZDAL M. Acute, chronic, and combined pulmonary responses to swimming in competitive swimmers. **Respir Physiol Neurobiol**, n. 259 p. 129-135, 2019.
- WILSON, E.E., MCKEEVER, T.M., LOBB, C., SHERRIFF, T., GUPTA, L., HEARSON, G., MARTIN, N., LINDLEY, M.R., SHAW, D.E. Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. **Br J Sports Med**. 48(9):789-91., 2014.