



ARTIGO ORIGINAL

## Pressões respiratórias máximas em nadadores adolescentes

M.A. Rocha Crispino Santos\*, M.L. Pinto, C. Couto Sant'Anna, M. Bernhoeft

Departamento de Pediatria, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Recebido em 3 de Dezembro de 2009; aceite em 25 de Outubro de 2010

### PALAVRAS-CHAVE

Pressão respiratória máxima;  
Atletas;  
Nadadores;  
Adolescentes;  
Função pulmonar

### Resumo

As pressões inspiratórias máximas (PIM) e pressões expiratórias máximas (PEM) são indicadores úteis de força muscular em atletas.

Os objetivos desse estudo foram: descrever a força da musculatura respiratória de uma equipe Olímpica júnior de natação, em repouso e após um exercício físico padronizado e determinar o diferencial de pressão inspiratória e expiratória obtido como resposta ao exercício físico.

Estudo descritivo que avaliou 28 nadadores de nível internacional, com idades variáveis entre 15 a 17 anos, sendo 19 (61%) do sexo masculino. Em repouso, os valores mais baixos de PIM foram encontrados no sexo feminino ( $p = 0,001$ ). Os valores médios alcançados no sexo masculino (M) e feminino (F) foram: PIM (cm H<sub>2</sub>O) = M: 100,4 ( $\pm 26,5$ ) / F: 67,8 ( $\pm 23,2$ ); PEM (cm H<sub>2</sub>O) = M: 87,4 ( $\pm 20,7$ ) / F: 73,9 ( $\pm 17,3$ ). Após o exercício físico foram obtidos os seguintes valores: PIM (cm H<sub>2</sub>O) = M: 95,3 ( $\pm 30,3$ ) / F: 71,8 ( $\pm 35,6$ ); PEM (cm H<sub>2</sub>O) = M: 82,8 ( $\pm 26,2$ ) / F: 70,4 ( $\pm 8,3$ ). Não foram registrados diferenciais de pressões inspiratórias e expiratórias máximas em resposta ao exercício, em ambos os sexos. Esses resultados sugerem que os nadadores olímpicos conseguiram sustentar a magnitude das pressões máximas iniciais. No entanto, outros estudos deverão ser realizados a fim de verificar se PIM e PEM poderiam ser empregados como marcadores de desempenho de atletas.

© 2009 Publicado por Elsevier España, S.L. em nome da Sociedade Portuguesa de Pneumologia. Todos os direitos reservados.

### KEYWORDS

Maximal respiratory pressure;  
Athletes;  
Swimmers;  
Adolescents;  
Lung function

### Maximal respiratory pressures among adolescent swimmers

#### Abstract

Maximal inspiratory pressures (MIP) and maximal expiratory pressures (MEP) are useful indices of respiratory muscle strength in athletes.

The aims of this study were: to describe the strength of the respiratory muscles of Olympic junior swim team, at baseline and after a standard physical training; and to determine if there is a differential inspiratory and expiratory pressure response to the physical training.

\*Autor para correspondência

Correio electrónico: marilenecs@terra.com.br (M.A. Rocha Crispino Santos).

A cross-sectional study evaluated 28 international-level swimmers with ages ranging from 15 to 17 years, 19 (61%) being males. At baseline, MIP was found to be lower in females ( $P = .001$ ). The mean values reached by males and females were: MIP (cmH<sub>2</sub>O) = M: 100.4 ( $\pm 26.5$ )/ F: 67.8 ( $\pm 23.2$ ); MEP (cmH<sub>2</sub>O) = M: 87.4 ( $\pm 20.7$ )/ F: 73.9 ( $\pm 17.3$ ). After the physical training they reached: MIP (cmH<sub>2</sub>O) = M: 95.3 ( $\pm 30.3$ )/ F: 71.8 ( $\pm 35.6$ ); MEP (cmH<sub>2</sub>O) = M: 82.8 ( $\pm 26.2$ )/ F: 70.4 ( $\pm 8.3$ ).

No differential pressure responses were observed in either males or females. These results suggest that swimmers can sustain the magnitude of the initial maximal pressures. Other studies should be developed to clarify if MIP and MEP could be used as a marker of an athlete's performance.

© 2009 Published by Elsevier España, S.L. on behalf of Sociedade Portuguesa de Pneumologia.

All rights reserved.

## Introdução

Atualmente atletas de elite de vários desportos, inclusive natação, submetem-se a treino específico para desenvolver os músculos respiratórios (MR), no intento de melhorar seus resultados competitivos.

Durante o exercício a demanda corporal de oxigênio aumenta, assim como os volumes respiratórios. Este processo requer que vários músculos externos aos pulmões se contraiam intensamente de maneira coordenada. À medida que a intensidade dos exercícios aumenta, os MR precisam se contrair com mais força e rapidamente para fazer frente ao aumento do metabolismo corpóreo. Este importante papel dos MR tem gerado grande interesse no seu bom desempenho.

Estudos preliminares de treino de musculatura respiratória demonstraram que a força dos MR pode ser aumentada e que as melhoras foram específicas, segundo o tipo de treino desenvolvido, mesmo em atletas altamente treinados<sup>1</sup>. É importante assinalar que há um potencial de aumento da função dos MR mesmo em indivíduos que são submetidos regularmente a pesados exercícios físicos. Portanto, é geralmente aceite que a pressão inspiratória máxima (PIM) e a pressão expiratória máxima (PEM) são úteis para a abordagem do desempenho dos MR em adultos e em crianças.

Surpreendentemente a medida da força muscular respiratória não tem sido amplamente investigada no contexto da natação competitiva, embora este esporte seja um excepcional desafio no campo do exercício. Nadadores de nível internacional representam um grupo de indivíduos que tradicionalmente tem o mais alto desenvolvimento dos sistemas respiratório e muscular em consequência da respiração exigida pelo desporto<sup>2,3</sup>. Apesar disso, o treino dos MR pode resultar em aumento no desempenho de atletas competitivos<sup>4</sup>.

Este estudo visa três aspectos: primeiro, abordar a força basal dos MR em nadadores de nível internacional e logo após um exercício físico padrão; segundo, determinar se há diferencial de resposta na PIM e na PEM pós-exercício padrão e examinar a função pulmonar basal; terceiro, comparar PIM e PEM segundo o sexo.

## Casuística e métodos

Estudo transversal com 31 nadadores brasileiros de nível internacional realizado durante o mês de Agosto de 2006.

Os nadadores não eram fumadores e negavam quaisquer problemas de saúde. Nenhum estava recebendo medicação, suplementos energéticos ou nutricionais.

Antes da participação no estudo todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Os valores médios (desvio padrão) dos participantes, segundo o sexo foram: 1) feminino ( $n = 12$ ): idade = 16,25 ( $\pm 0,62$ ) anos; altura = 167 ( $\pm 0,06$ ) cm; peso = 56 ( $\pm 4,99$ ) Kg; modalidade de natação: velocista ( $n = 6$ ), fundista ( $n = 6$ ); 2) masculino ( $n = 19$ ): idade = 16,53 ( $\pm 0,77$ ) anos; altura = 182 ( $\pm 0,07$ ) cm; peso = 75,10 ( $\pm 7,44$ ) Kg; modalidade de natação: velocista ( $n = 9$ ), fundista ( $n = 10$ ).

O índice de massa muscular corporal (IMC) foi obtido através do peso e do cálculo de massa corporal dos participantes. Para o cálculo da massa corporal empregou-se balança Filizola® (modelo PL 200, São Paulo, Brasil) com escala digital com capacidade máxima de 300 Kg. A altura foi aferida com régua fixa. O IMC foi obtido dividindo-se a massa corporal (Kg) pelo quadrado da altura (m<sup>2</sup>). A categorização do IMC baseou-se na revisão de tabelas de crescimento do CDC<sup>5</sup>.

A força muscular respiratória foi medida através de PIM e PEM usando-se manovacuômetro analógico ( $\pm 300$  cm H<sub>2</sub>O) Medica® (modelo M120, São Paulo, Brasil). O aparelho foi calibrado segundo instruções do fabricante. Os indivíduos fizeram o exame sentados com *clip* nasal. A PIM foi medida após a expiração máxima e a PEM ao nível da capacidade pulmonar total.

Antes de serem realizados os testes os indivíduos se familiarizaram com o equipamento e foi demonstrado como as manobras deveriam ser feitas. Estas foram realizadas com pelo menos três tentativas, com intervalos de um minuto entre cada. O esforço respiratório máximo foi mantido por aproximadamente um segundo<sup>6</sup>. Foi considerado o maior valor obtido das três tentativas (diferença de no máximo 10% entre cada). Um único pesquisador usando o mesmo comando verbal realizou todos os testes. Foram adotados os valores teóricos da American Thoracic Society (ATS)/ European Respiratory Society (ERS)<sup>7</sup>.

Durante a prova de piscina houve aquecimento de 10 minutos seguido de 30 minutos de treino padronizado de carga máxima segundo o protocolo do Comitê Olímpico brasileiro<sup>8</sup>. Os participantes foram instruídos para alcançar seu tempo mais rápido na prova de natação livre de 1200 m.

As provas foram realizadas em piscina coberta de 25 m. A temperatura da água era de 26 °C. As provas foram realizadas no mesmo período do dia para evitar possíveis variações térmicas ao longo do dia.

As medidas de PIM e PEM foram realizadas imediatamente antes e após o treino na piscina. O pós-teste foi realizado logo a seguir ao término da prova de natação livre de 1200 m para minimizar o tempo de recuperação da musculatura respiratória pós-exercício. Os valores basais foram comparados com os valores pós-exercício buscando possíveis diferenças de PIM e PEM.

A espirometria basal (capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEMS) e pico expiratório forçado ou *Peak flow* (PF) foi realizada com o indivíduo em pé, antes de os atletas serem submetidos ao treino físico a após as medidas de

força ventilatória. Foi empregado espirometro portátil (Micro Medical®, Kent, United Kingdom) Segundo a rotina preconizada pela European Respiratory Society<sup>9</sup>.

Os indivíduos foram instados a inspirar profundamente e realizar a manobra de CVF. Este procedimento foi repetido até que três traçados satisfatórios fossem obtidos. Foi selecionado o maior valor de VEMS. O VEMS e a CVF foram calculados em percentuais dos valores teóricos ou preditos. Também foi considerado o maior valor de PF.

Os resultados foram apresentados através de médias, desvios padrão e percentagens. A análise estatística foi realizada separadamente para homens e mulheres, com emprego do pacote estatístico SPSS for Windows v15.0<sup>10</sup>.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para investigar a distribuição dos dados. A análise de força muscular respiratória foi pareada (intra-grupo) e não pareada (inter-grupos) com o t-teste. A significância estatística foi estabelecida com o valor  $p \leq 0,05$ .

## Resultados

A amostra foi de 31 indivíduos, correspondente à equipe de nadadores juniores de brasileiros de padrão internacional.

O IMC foi maior no sexo masculino que no feminino:  $22,75 \pm 1,8 \text{ kg/m}^2$  e  $20,11 \pm 1,6 \text{ kg/m}^2$ , respectivamente ( $p < 0,001$ ). Três (15,8%) atletas masculinos foram classificados como de risco de sobrepeso e os demais com peso adequado.

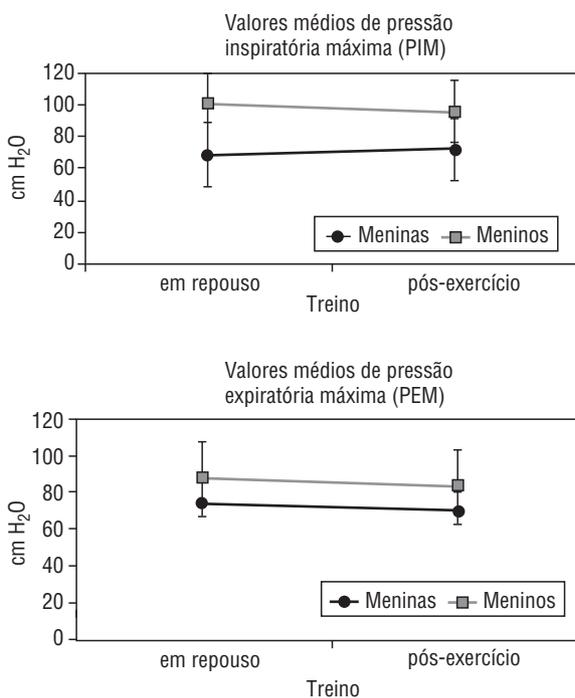
Três atletas masculinos foram excluídos da análise da diferença na resposta das pressões respiratórias (PIM e PEM) ao esforço físico. Eles alegaram fadiga para não concluir o exame.

Os seguintes valores médios (DP) foram encontrados nos testes basais: PIM =  $85,6 \text{ cm H}_2\text{O}$  ( $\pm 10,2$ ); PEM =  $89,3 \text{ cm H}_2\text{O}$  ( $\pm 6,7$ ); VEMS =  $4,7 \text{ L/seg}$  ( $\pm 0,5$ ); VEMS%predito =  $121,6$  ( $\pm 13,7$ ); CVF =  $5,8 \text{ L}$  ( $\pm 0,5$ ); CVF%predito =  $165,7 \text{ L}$  ( $\pm 1,1$ ) e PF =  $9,5 \text{ L/seg}$  ( $\pm 1,6$ ).

Os valores médios de PIM e PEM são apresentados na figura 1.

Não houve diferenças nos valores médios basais de PIM e PEM comparados com os valores pós-exercício em ambos os sexos. Além disso, em ambos os sexos os valores médios de PIM e PEM mostravam valores idênticos, exceto quanto ao valor basal de PIM no sexo masculino que foi maior do que no feminino ( $p < 0,001$ ).

A tabela 1 mostra índices ventilatórios alcançados em ambos os sexos. Os valores mais elevados de VEMS e PF foram encontrados nos atletas masculinos em comparação com os atletas femininos ( $p < 0,001$ ). Por outro lado, não houve diferença entre os sexos quanto a CVF ( $p > 0,05$ ).



**Figura 1** Valores médios de pressão inspiratória máxima e de pressão expiratória máxima de nadadores, segundo os sexos.

**Tabela 1** Valores médios dos parâmetros ventilatórios obtidos em repouso

Gênero (n)	VEMS (litros/ minuto)				CVF (litros)				PFE (litros/ segundo)	
	X	DP	%predito	DP	X	DP	%predito	DP	X	DP
Feminino (n = 12)	3,6	0,4	137,9	16,9	3,9	0,4	142,7	18,2	6,8	1,2
Masculino (n = 19)	4,9	0,5	128,9	15,1	5,6	0,7	162,7	17,6	8,9	1,4

## Discussão

Este é o primeiro estudo, de nosso conhecimento, que enfoca variações de PIM e PEM em atletas brasileiros.

O principal achado deste trabalho é que PIM e PEM de nadadores adolescentes de ambos os sexos não variaram significativamente após esforço físico. Portanto, não houve resposta quanto ao diferencial de PIM e PEM ao exercício, sugerindo que os 28 atletas poderiam manter a magnitude de suas pressões respiratórias iniciais. Isto é compreensível porque atletas de nível internacional costumam se superar nos exercícios de natação e estavam fisicamente preparados, por isso a sessão de exercícios não induziu o decréscimo de sua força muscular respiratória.

Na avaliação ao nível basal, observou-se a diferença quanto ao sexo na PIM, cujos valores médios mais elevados ocorreram no sexo masculino. Diferenças na estrutura e na morfologia pulmonar entre os sexos, como reduzida capacidade vital e fluxos expiratórios, reduzido diâmetro das vias aéreas e da superfície de difusão estão relacionadas a idade e a altura no sexo masculino. Estas diferenças podem ter efeito na resposta ventilatória, no trabalho muscular e nas trocas gasosas durante o exercício. A consequência deste acometimento pulmonar tem a capacidade potencial de afetar a capacidade aeróbica e a tolerância aos exercícios influenciando a resposta aos treinos<sup>11-13</sup>. Apesar disso, não observamos diferença quanto ao sexo nas medidas de PEM no presente estudo.

Os valores espirométricos de ambos os sexos estavam acima dos teóricos. Este achado é semelhante aos de Armour, Donnelly e Bye<sup>14</sup>. Isto sugere que adolescentes nadadores podem deter grandes volumes pulmonares não devido a maior força muscular inspiratória ou diferenças em altura, massa gorda, distensibilidade alveolar, idade ao início dos treinos ou tamanho do esterno ou profundidade torácica mas por desenvolverem tórax amplo, com aumento do número de alvéolos mais do que aumento no tamanho do alvéolo. Mesmo o maior volume pulmonar estático em nadadores é descrito como consequência de um crescimento adaptacional<sup>15,16</sup>.

Três nadadores masculinos alegaram fadiga. Suas características físicas não mostravam nada que pudesse explicar a impossibilidade de completar o teste. Apesar de vários estudos mostrarem que, em geral, atletas tem maior resistência à fadiga, nenhum deles oferece evidência suficiente da associação entre treinamento atlético e resistência à fadiga de músculos respiratórios<sup>17,18</sup>. A influência de uma predisposição genética comum para o atletismo e fortes músculos respiratórios não deve ser ignorada<sup>19,20</sup>. É importante ressaltar que a cada medição do PMI foi feita a partir do volume residual, o que foi mostrado para aumentar o exercício seguinte. Como resultado, o diafragma pode ser colocado em menos de uma ótima posição e, assim, torná-la menos capaz de desenvolver uma pressão adequada<sup>3</sup>.

Sabe-se que a manutenção do peso corporal adequado é importante para o desempenho atlético. De acordo com os percentis de IMC adotados no presente estudo três nadadores foram considerados de risco para sobrepeso<sup>20</sup>. O IMC deve ser usado com cautela para classificar obesidade em nadadores de nível internacional devido a seu elevado peso corporal, às custas de sua desenvolvida massa muscular<sup>20,21</sup>.

Uma das limitações do presente estudo seria a não realização de espirometria após o exercício físico que poderia levar a possível observação de mudanças nos volumes pulmonares. Contudo, o caráter descritivo deste estudo torna impossível estabelecer relações causais. Outra limitação seria a motivação dos indivíduos em realizar as manobras de respiração forçada após a prova de natação. Isto é difícil de avaliar, entretanto, como os exames foram realizados durante os treinos pré-olímpicos, acreditamos que os atletas estivessem altamente motivados.

## Conclusão

Não foram observadas diferenças nos valores médios basais de PIM e PEM em ambos os sexos e após o treino físico padrão a que foram submetidos os atletas. Este resultado sugere que nadadores possam manter a magnitude das pressões máximas iniciais, nas quais homens apresentam valores basais mais elevados de PIM.

Considerando a peculiaridade da natação, pode-se supor que a medida da função muscular respiratória poderia ser relevante para indicar a saúde respiratória e monitorizar o progresso do treinamento muscular respiratório de nadadores. Estudos longitudinais enfocando PIM e PEM deveriam ser realizados visando esclarecer se ambas as medidas podem ser empregadas como guia de programa de treino intensivo e como marcador de desempenho de atletas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA) e a Jon Haliburton pelo auxílio na tradução do artigo.

Um dos autores (MLP) recebeu bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-Brasil).

## Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Bibliografia

1. Sonnetti DA, Wetter TJ, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respir Physiol.* 2001;127:185-99.
2. Lomax ME, McConell AK. Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200m swim. *J Sports Sci.* 2003;21:659-64.
3. McKay EE, Braund RW, Chalmers RJ, Williams CS. Physical work capacity and lung function in competitive swimmers. *Brit J Sports Med.* 1983;1:27-33.
4. Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108. Doi10.1007/s00421-009-1228-x.
5. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. A SAS program for the CDC growth charts. Disponível em: <http://www.cdc.gov/nccdphp/dnpa/growthcharts/resources/sas.htm>. último acesso: Mar 2009.

6. Neder JA, Andreoni S, Castelo-Filho A, Nery LE. Reference values for lung function tests. I. Static volumes. *Braz J med Biol Res.* 1999;32:703-17.
7. ATS/ ERS. American Thoracic Society/ European Respiratory Society. Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:518-624.
8. Brazilian Aquatic Sports Confederation (Confederação Brasileira dos Desportos Aquáticos). Disponível em: <http://www.cdba.com.br>. último acesso: Dec 2008.
9. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardization of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26:319-38.
10. SPSS. Statistical package for social sciences (SPSS). Version 15,0 for Windows 2004.
11. Harms, CA. Does gender affect pulmonary function and exercise capacity? *Respir Physiol Neurobiol.* 2006;151:124-31.
12. Matecki S, Prioux J, Jaber S, Hayot M, Prefaut C, Ramonatxo M. Respiratory pressures in boys from 11-17 years old: a semi-longitudinal study. *Pediatr Pulmonol.* 2003;35:368-74.
13. Matecki S, Prioux J, Amsallen F, Denjean A, Ramonatxo M. Pressions respiratoires maximales chez l'enfant: les exigences méthodologiques. *Rev Mal Respir.* 2004;21:1116-23.
14. Armour J, Donnelly PM, Bye PT. The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? *Eur Respir J.* 1993;6:237-47.
15. Cordain L, Tucker A, Moon D, Stager JM. Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Res Q Exerc Sport.* 1990;61:70-4.
16. Mickleborough TD, Stages JM, Chatham K, Lindley MR, Ionesco AA. Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *Eur J App Physiol.* 2008;103:635-46.
17. Martin BJ, Stagger JM. Ventilatory endurance in athletes and non-athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1981;13:21-6.
18. Coast JR, Clifford PS, Henrich TW, Stray-Gundersen J, Johnson RL. Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22:811-15.
19. McConnel AK, Caine MP, Sharpe GR. Inspiratory muscle fatigue following running to volitional fatigue: the influence of baseline strength. *Int J Sports Med.* 1997;18:169-73.
20. Jonnalagadda SS, Skinner R, Moore L. Overweight athlete: fact or fiction? *Curr Sports Med Rep.* 2004;3:198-205.
21. Ode JJ, Pivarnik JM, Reeves MJ, Knous J L. Body mass index as a predictor of percent fat in college athletes and nonathletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:403-9.