

## **EFEITOS DA IMERSÃO EM ÁGUA AQUECIDA SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO**

### *Effect of the Immersion in Warm Water on the Respiratory System*

*Alessandra de Almeida Fagundes<sup>1</sup>  
Robson Fernandes da Silva<sup>2</sup>*

#### **Resumo**

Durante a imersão em água aquecida ocorre um aumento no trabalho respiratório em torno de 60% em decorrência do aumento da pressão intratorácica pelo deslocamento sanguíneo da periferia para a região central do tórax e pela ação da pressão hidrostática contra a parede torácica. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da imersão em água aquecida sobre o sistema respiratório de estagiários de hidroterapia. Foram avaliados 22 indivíduos do sexo feminino que foram divididos em dois grupos, sendo o grupo 1 formado por 11 indivíduos pertencentes ao grupo controle, e o grupo 2 formado por 11 indivíduos pertencentes ao grupo experimental. Os indivíduos do grupo controle não participaram do estágio em Hidroterapia e, portanto, não foram submetidos à imersão. Todos os indivíduos realizaram exame de espirometria e manovacuometria, antes e após o período de estágio. Após o período de estudo houve um aumento estatisticamente significativo ( $p=0,026$ ) da Pressão Inspiratória Máxima (PIMAX) e uma significativa redução ( $p=0,04$ ) na Capacidade Inspiratória (CI) para o grupo experimental. Os demais parâmetros não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Os resultados deste estudo nas condições experimentais utilizadas permitem concluir que a imersão em água aquecida exerce importantes efeitos no sistema respiratório, demonstrando influência na força muscular inspiratória e na Capacidade inspiratória. Contudo, um estudo com maior número de indivíduos pode contribuir para melhor elucidar esses efeitos.

**Palavras-chave:** Imersão; Sistema respiratório; Hidroterapia.

---

<sup>1</sup> Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP  
Endereço: Rua Antonio Francisco do Nascimento, 55 – São José dos Campos – SP, CEP 12244-160  
E-mail: dealmeida\_2000@yahoo.com.br Telefone: (12) 9763-7715

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Fisioterapia da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP.

## Abstract

During the immersion in warm water an increase in the respiratory work of 60% in result of the increase of the intrathoracic pressure for the blood displacement of the periphery for the central region of the thorax and for the action of the hydrostatic pressure against the thoracic wall occurs. The objective of this study was to evaluate the effect of the immersion in warm water on the respiratory system of hidrotherapy trainees. Twenty two individuals of the feminine sex had been evaluated that had been divided in two groups, being the group 1 formed for 11 pertaining individuals to the group control, and group 2 formed for 11 pertaining individuals to the experimental group. All the individuals had carried through examination of spirometry, manovacuometry, before and after the period of training. After the period of study had a statistical significant increase ( $p=0,026$ ) of Maximal Inspiratory Pressure (PIMAX) and a significant reduction ( $p=0,04$ ) in the Inspiratory Capacity (CI) for the experimental group. The other parameters had not significant differences statistical. The results of this study in the used experimental conditions allow to conclude that the immersion in warm water exerts important effect in the respiratory system demonstrating influence in the inspiratory muscle force and in the inspiratory Capacity. However, a study with bigger number of individuals it can contribute better to elucidate these effect.

**Keywords:** Immersion; Respiratory system; Hidrotherapy.

## Introdução

A propriedade física da água que interfere diretamente sobre o sistema pulmonar é a pressão hidrostática (1, 2). Um corpo imerso na vertical sofrerá a ação desta força principalmente na caixa torácica, pois esta é maleável e move-se a cada ciclo respiratório (3). Assim, durante a imersão com a cabeça fora da água, a mecânica e a função pulmonar são alteradas de modo a interferir no comprimento e nas atividades dos músculos respiratórios (4, 5).

Em imersão com o nível da água até o processo xifóide, o abdome é empurrado para dentro e a caixa torácica expande-se na expiração final, com isso o diafragma apresentará um aumento em seu comprimento, dando a ele uma vantagem contrátil. Esse deslocamento, também irá causar uma redução do volume de reserva expiratório e volume residual. Ocorrerá diminuição da complacência pulmonar (grau de distensão) em torno de 50% dos valores, porém o tempo inspiratório e a frequência respiratória permanecem inalteradas (6, 7, 8).

Em imersão, a pressão hidrostática trabalha como uma carga para contração do diafragma durante a inspiração, resultando em um exercício para essa musculatura, além de auxiliar na sua elevação e conseqüentemente na saída do ar durante a expiração (9).

A capacidade vital diminui em aproximadamente de 6 a 9%, aproximadamente de 50 a 60% dessa redução da capacidade vital se deve ao aumento do volume sanguíneo torácico, e 40 a

50% se deve às forças hidrostáticas que estão agindo em oposição à musculatura inspiratória (5). O trabalho respiratório para um volume corrente de 1 litro aumenta cerca de 60% durante a imersão até o pescoço, isso ocorre devido ao aumento do trabalho elástico (redistribuição de sangue pelo tórax), e a ação da pressão hidrostática no tórax (1, 2, 5).

## Materiais e métodos

Foram avaliados 22 indivíduos do sexo feminino, com idades variando entre 18 e 26 anos, alunas do curso de Fisioterapia, sedentárias, não fumantes e sem qualquer tipo de patologia pulmonar, que foram divididas em dois grupos, a saber: grupo controle contendo 11 indivíduos (grupo 1), que não participaram do estágio de Hidroterapia, mas estavam realizando atendimento clínico a pacientes em outros setores da Clínica de Fisioterapia, e grupo experimental contendo 11 indivíduos, que realizaram o estágio de Hidroterapia com imersão em água aquecida (grupo 2). O Grupo 2 participou do estágio clínico em fisioterapia com duração de quatro semanas, com frequência de cinco dias por semana, com três horas diárias de imersão em média, em profundidade de 1.40 cm na parte fixa da piscina, e profundidade variável na plataforma móvel. Os estagiários realizaram atendimento normalmente aos pacientes do setor de Hidroterapia.

Todos os indivíduos de ambos os grupos estudados foram submetidos a uma avaliação que

constou de espirometria e medidas da Pressão Inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>) e Pressão Expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>). Após um período de 4 semanas, equivalente ao período de estágio, ambos os grupos passaram por uma reavaliação dessas medidas, as quais foram realizadas como descrito a seguir.

As medidas de peso e estatura foram obtidas antes da realização do exame de Espirometria, para que os valores preditos para cada indivíduo fossem estimados com base nestes dados.

A estatura foi mensurada com auxílio de uma balança antropométrica, da marca Filizola. O indivíduo foi posicionado o mais ereto possível, com os calcanhares, panturrilhas, nádegas e dorso em contato com o antropômetro. Os pés foram posicionados alinhados e uma vez estabelecida esta posição, o examinador alinhou a cabeça com as mãos para que a margem orbital inferior estivesse alinhada com o meato auditivo externo e a região occipital estivesse em contato com o antropômetro.

A espirometria foi realizada por meio de um espirômetro da marca Jaeger, modelo Master Scope PC, equipado com o Lab Software versão 4.5. O equipamento foi calibrado previamente aos exames realizados. Os indivíduos foram cuidadosamente orientados quanto aos procedimentos a serem realizados para o teste de espirometria. Todos os ajustes e orientações ao paciente foram realizados de acordo com o I Consenso Brasileiro sobre Espirometria (10). No exame, foram utilizadas as manobras de capacidade vital lenta, capacidade vital forçada e ventilação voluntária máxima. Foram realizados três testes de cada manobra, conforme as

Normas previstas pelo I Consenso Brasileiro de Espirometria (10). Foram analisados os seguintes parâmetros: Capacidade Vital (CV), Capacidade Inspiratória (CI) e Ventilação Voluntária Máxima (VVM). Os indivíduos realizaram os testes sentados e com o uso de cliques nasal.

A força muscular respiratória foi obtida pelas técnicas de medidas da PI<sub>máx</sub> e da PE<sub>máx</sub> por meio de um manovacuômetro escalonado de -300 cmH<sub>2</sub>O a +300 cmH<sub>2</sub>O, contendo um orifício de 2 milímetros de diâmetro, servindo como válvula de alívio dos músculos bucais, conforme método de Black e Hyatt (11). A PI<sub>máx</sub> foi obtida com uma manobra de inspiração máxima executada a partir do volume residual (VR) e a manobra de PE<sub>máx</sub> por uma manobra de expiração máxima precedida de uma inspiração máxima, ao nível da Capacidade Pulmonar Total (CPT). Cada manobra foi realizada no mínimo três vezes com o indivíduo em posição ortostática e o maior valor foi adotado como resultado.

## Resultados

Os resultados dos Grupos Controle (G1) e Experimental (G2) estão dispostos a seguir segundo as variáveis estudadas de espirometria e força muscular respiratória.

As Tabelas 1 e 2 ilustram os valores de capacidade vital, capacidade inspiratória e ventilação voluntária máxima obtidos pela espirometria para o Grupo controle (G1) e experimental (G 2), respectivamente.

**Tabela 1. Médias e desvios-padrão das variáveis espirométricas do Grupo Controle (G 1) obtidos durante a avaliação e reavaliação.**

G1	CV (%)	CI (%)	VVM (%)
Avaliação	102,4 ± 10,4	100,4 ± 3,9	111,8 ± 23,2
Reavaliação	105,0 ± 10,8 (NS)	99,3 ± 11,0 (NS)	112,0 ± 15,5 (NS)

CV = Capacidade Vital, CI= Capacidade Inspiratória, VVM = Ventilação Voluntária Máxima, % = porcentagem, NS = não significativo  $p \leq 0,05$

**Tabela 2. Médias e desvios-padrão das variáveis espirométricas do Grupo Experimental (G 2) obtidos durante a avaliação e reavaliação.**

G2	CV (%)	CI (%)	VVM (%)
Avaliação	109,7 ± 14,0	121,1 ± 27,0	99,3 ± 23,0
Reavaliação	113,3 ± 5,9 (NS)	104,6 ± 11,3 *	107,7 ± 16,0 (NS)

CV = Capacidade Vital, CI= Capacidade Inspiratória, VVM = Ventilação Voluntária Máxima, % = porcentagem, NS = não significativo  $p \leq 0,05$   
\* valor estatisticamente significativo ( $p \leq 0,05$ )

É possível visualizar que o Grupo Controle não apresentou diferença estatisticamente significativa nas variáveis Capacidade Vital ( $p=0,10$ ), Capacidade Inspiratória ( $p = 0,38$ ) e Ventilação Voluntária Máxima ( $p= 0,48$ ) após o período de estudo. Da mesma forma, o Grupo Experimental não apresentou diferenças estatisticamente significativas para a Capacidade

Vital ( $p= 0,2$ ) e Ventilação Voluntária Máxima ( $p=0,07$ ), embora esta última variável tenha apresentado um aumento em relação aos valores avaliados inicialmente.

Por outro lado, houve uma redução significativa ( $p=0,04$ ) na Capacidade Inspiratória dos indivíduos do Grupo experimental após o período de estudo.

**Tabela 3. Médias e desvios-padrão das Pressões Inspiratórias Máximas (PImáx), em cmH<sub>2</sub>O, obtidos na avaliação e reavaliação para os grupos Controle (G1) e Experimental (G2).**

Grupo	Avaliação	Reavaliação
G1	91,8 ± 17,2	85,45 ± 11,3 (NS)
G2	85,4 ± 21,1	94,5 ± 16,3 *

NS = não significativo

\* valor estatisticamente significativo ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 4. Médias e desvios padrão das Pressões Expiratórias Máximas (PEmáx), em cmH<sub>2</sub>O, obtidos na avaliação e reavaliação para os grupos Controle (G1) e Experimental (G2).**

Grupo	Avaliação	Reavaliação
G1	95,4 ± 8,2	92,7 ± 9,0 (NS)
G2	95,4 ± 12,1	98,1 ± 16,0 (NS)

NS = não significativo

\* valor estatisticamente significativo ( $p \leq 0,05$ )

Com relação à força muscular respiratória, as tabelas 3 e 4 ilustram os resultados da PImáx e PEmáx obtidos por ambos os grupos. É possível observar que o grupo experimental obteve aumentos na PImáx e PEmáx comparando-se os valores da avaliação com os da reavaliação. Contudo, esses incrementos apenas foram estatisticamente significativos na PImáx ( $p=0,026$ ). O Grupo Controle não apresentou alterações significativas, embora os valores de Pimáx ( $p=0,21$ ) e PEmáx ( $p= 0,09$ ) tenham apresentado uma diminuição após 4 semanas de estudo.

## Discussão

Após o período de protocolo verificamos um aumento significativo na Pressão Inspiratória Máxima (PImax) do grupo experimental quando comparados com o grupo Controle.

Nossos achados estão de acordo com os relatos de Kurabayashi et al. (4), que relatam que a pressão hidrostática trabalha como uma carga para contração do diafragma durante a inspiração, resultando em um exercício para essa musculatura, melhorando seu desempenho.

Por outro lado, nosso estudo não demonstrou alterações significativas na Pressão Expiratória Máxima (PE<sub>máx</sub>) para o grupo experimental. Este resultado é condizente com a literatura científica, uma vez que a expiração a nível de Capacidade Residual Funcional constitui-se um processo passivo (12).

Com relação às variáveis espirométricas, verificou-se que após o período de estudo, ambos os grupos não apresentaram alterações significativas na Capacidade Vital (CV). Estes resultados são diferentes daqueles descritos por Becker e Cole (1), que relatam uma redução da Capacidade Vital após a imersão de cerca de 6 a 9%, o que estaria diretamente relacionado com a ação da pressão hidrostática sobre o tórax e o aumento de volume sanguíneo intratorácico.

Em nosso estudo, os indivíduos do grupo experimental realizaram atendimento normal aos seus pacientes, com constantes mudanças de posição e tipo de atividade física, além de constantes alterações da profundidade de imersão. Talvez essas mudanças possam ter contribuído para a manutenção da capacidade Vital (CV) desses indivíduos durante o período de protocolo. Além disso, o período de protocolo foi relativamente curto, o que pode ter influenciado nestes resultados.

Por outro lado, a Capacidade Inspiratória do grupo experimental diminuiu de forma significativa após o período de estudo, ao contrário do grupo controle, o que denota um efeito da imersão sobre a função pulmonar deste indivíduos.

Acredita-se que este achado de redução da Capacidade Inspiratória em nosso estudo deva-se principalmente à redução de complacência pulmonar por ação de dois fatores: a ação da pressão hidrostática contra o tórax e o deslocamento de sangue da periferia para o tórax, o que diminuiria a complacência pulmonar, contribuindo, assim, para uma menor expansibilidade pulmonar e, portanto, uma menor Capacidade Inspiratória. Pereira e Cubero (6) confirmam nossos resultados ao constatarem em seu estudo que a ação da pressão hidrostática no tórax causa diminuição da complacência pulmonar e diminuição da Capacidade Inspiratória (CI).

Analisando ainda a função pulmonar, a variável Ventilação Voluntária Máxima (VVM) não apresentou diferenças estatisticamente significativas para ambos os grupos estudados. Contudo, o grupo

experimental apresentou uma clara tendência de aumento nesse parâmetro.

Acreditamos que o aumento da Pressão Inspiratória Máxima (PI<sub>máx</sub>), causado pelo aumento do trabalho inspiratório tenha causado essa tendência de aumento da VVM. Talvez um período de estudo maior pudesse refletir dados significativos em razão do aumento de força muscular respiratória, o que poderia contribuir para um aumento da capacidade ventilatória visualizada pela análise da Ventilação Voluntária Máxima.

### **Considerações finais**

Os resultados desse estudo nas condições experimentais utilizadas sugerem que a imersão em água aquecida pode aumentar a força muscular inspiratória e diminuir a Capacidade Inspiratória em indivíduos imersos em profundidade variável e realizando atividades com constante movimentação.

Ressalta-se, ainda, que a influência da imersão em água aquecida sobre a força muscular inspiratória gera possibilidades de utilizar este recurso como uma alternativa a protocolos de treinamento muscular respiratório em um ambiente diferenciado.

Contudo, acredita-se que um período de protocolo maior com um maior número de indivíduos seja necessário para melhor elucidar as respostas respiratórias à imersão.

### **Referências**

1. Becker BE, Cole AJ. **Terapia aquática moderna**. São Paulo: Manole; 2000.
2. Ruoti RG, Morris DM. **Reabilitação aquática**. São Paulo: Manole; 2000.
3. Schoenhofer B, Koehler D, Polkey M. Influence of immersion in water on muscle and breathing pattern in patients with severe diaphragm weakness. **The Cardiopulmonary And Critical Care Journal** 2004; 125(6):2069-74.
4. Kurabayashi H, Machida IH, Akida T, Kubota K. Comparison of three protocols for breathing exercises during immersion in 38°C water for chronic obstructive pulmonary disease. **Cme Article** 1998; 77(2):145-148.

5. Bates A., Hanson N. **Exercícios aquáticos terapêuticos**. 1 ed. São Paulo: Manole; 1998.
6. Pereira KS, Cubero LM. Alterações fisiológicas do sistema pulmonar durante a imersão. **Revista Fisioterapia UNICID** 2000; 1(1):83-90.
7. Skinner AT, Thomsom AM. **Exercícios na água**. São Paulo: Manole; 2000.
8. Hong SKP, Cerretelli JC, Rahn H. Mechanics of respiration during submersion. **Journal Of Respiration During Submersion** 1969; 27(4):535-8.
9. Candeloro JM, Caromano FA. Fundamentos de hidroterapia para idosos. **Arq. Ciênc. Saúde Unipar** 2001; 5(2):187-195.
10. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. I Consenso Brasileiro Sobre Espirometria. **J Pneumol** 1996; 22:105-64
11. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **Am Rev Respir Dis** 1969; (99):969-74.
12. Cordeiro AJAR. **Pneumologia Fundamental**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 1995.

Recebido em: 18/09/2006

Received in: 09/18/2006

Aprovado em: 08/11/2006

Approved in: 11/08/2006