

# FORTALECIMENTO DA MUSCULATURA DIAFRAGMÁTICA ATRAVÉS DE ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA FUNCIONAL

SAKAI, VITOR TATSUO<sup>1</sup>

LUCHESA, CESAR ANTONIO<sup>2</sup>

Faculdade Assis Gurgacz-FAG, Cascavel-PR, Brasil  
tatsuosakai@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Atualmente a fisioterapia respiratória se utiliza de um grande arsenal de técnicas para o fortalecimento muscular respiratório, dentre estes, destacam-se os exercícios respiratórios, o uso de equipamentos como incentivadores e a eletroestimulação. Este último apresenta um baixo custo, fácil aplicação e com resultados controversos segundo a literatura atual.

A estimulação elétrica funcional (FES) é uma forma de tratamento que utiliza a corrente elétrica de baixa frequência para provocar a contração de músculos paralisados ou enfraquecidos decorrentes de lesão do neurônio motor superior, como derrames, traumas raquimedulares ou crânios encefálicos, paralisia cerebral, dentre outros (DUARTE, Armênio F. S., 2011). A resposta do diafragma à estimulação elétrica tem sido usada ao longo do tempo apenas para estudar seus mecanismos de ação e como meio de assistência ventilatória em pacientes com lesão medular de cervical alta ou em pacientes com hipoventilação alveolar. A principal aplicação clínica da técnica, no entanto, tem sido a avaliação da função do nervo frênico e paralisia diafragmática.

Para avaliar o efeito do fortalecimento muscular utiliza-se um equipamento que faz a mensuração da pressão respiratória inspiratória (P<sub>I</sub>max – pressão inspiratória máxima, FM inspiratória) e expiratória (P<sub>E</sub>max – pressão expiratória máxima, FM expiratória) conhecido por manovacuômetro. Neste teste os voluntários realizaram três manobras reproduzíveis, tanto para a P<sub>I</sub>max, quanto para P<sub>E</sub>max, sendo que o maior valor foi computado. Todos os voluntários permaneceram na posição sentada e fazendo uso de um clipe nasal para evitar escapes (NEDER, 1999). A P<sub>I</sub>max tem seu valor normal compreendido, em um adulto jovem, na faixa de -90 a -120 cmH<sub>2</sub>O, enquanto que a P<sub>E</sub>max tem seu valor normal compreendido, em um adulto jovem, na faixa de +100 a +150 cmH<sub>2</sub>O. Sabe-se que a partir dos 20 anos de idade ocorre um decréscimo anual de 0,5 cmH<sub>2</sub>O nestes valores (AZEREDO, 2002).

Já para medir a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões é utilizada a espirometria, que pode ser realizada com uma respiração lenta ou manobras expiratórias forçadas. O teste auxilia na prevenção e permite o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios. A espirometria deve ser parte integrante da avaliação de pacientes com sintomas respiratórios ou doença respiratória conhecida (PEREIRA, 2002). Para realizar este teste os sujeitos foram estimulados vigorosamente para que realizassem uma expiração explosiva no início da manobra e durante a expiração o terapeuta observou o indivíduo e estimulou positivamente para que o esforço seja mantido pelo tempo necessário. Os objetivos deste estudo são analisar a manovacuometria e espirometria, pré e pós a aplicação da FES sobre diafragma e comparar as condições respiratórias dos pacientes após a técnica na tentativa de comprovar a eficácia da utilização de corrente elétrica funcional para o fortalecimento muscular respiratório.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa trata-se de um ensaio clínico não randomizado, realizado na Clínica de Reabilitação da FAG – Faculdade Assis Gurgacz entre os meses de setembro a outubro de 2013. A população foi composta por 20 indivíduos de ambos os sexos, onde foram incluídos nesta pesquisa todos aqueles que se encaixaram nos critérios de inclusão e exclusão, e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A amostra foi composta por 20 indivíduos saudáveis que contemplaram os critérios de inclusão dessa pesquisa, a seleção foi realizada de forma aleatória. Sendo os critérios de inclusão: ter idade entre 21 e 65 anos, não possuir quaisquer patologias do sistema respiratório, com disponibilidade de comparecer ao local na data e horário estipulados e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os critérios de exclusão foram: possuir doenças pulmonares, cardiovasculares ou neurológicas, apresentar alguma contraindicação ao aparelho (FES), possuir qualquer disfunção física que as impeçam de participar do estudo, não aceitar participar da pesquisa e/ou não assinar o Termo de Consentimento, menores de 21 anos de idade e com comprometimento cognitivo. Foi aprovado pelo comitê de ética da faculdade Assis Gurgacz com o protocolo número 156/2013.

A coleta de dados foi através de uma entrevista com o indivíduo, de modo individual em uma sala. A entrevista foi composta de 6 questões, sendo 3 abertas e 3 fechadas, seguidas de avaliação inicial composta por: Pressão Arterial, Frequência Respiratória, Frequência Cardíaca, Oximetria, Padrão Ventilatório, Perfusão Periférica, Força Diafragmática (Escala de Cuello), Manovacuometria e Espirometria (Medical® Microlab 3300) com o sujeito sentado, aplicação de FES com os parâmetros: frequência de pulso: 40 Hz; largura de pulso: 250 µs; tempo de subida: 1 segundo; tempo de contração: 1 segundo; tempo de descida: 1 segundo; tempo de relaxamento: 2 segundos; tempo de estimulação: 20 minutos; intensidade: de acordo com a sensibilidade do paciente (Azeredo, 2002; Geddes, 1991), deitado em decúbito dorsal e com os braços ao longo do corpo (foi solicitado também que realizassem contrações sincronizadas com os disparos de corrente elétrica) e finalmente a reavaliação: Manovacuometria e Espirometria novamente com o indivíduo sentado.

Ao final da coleta, o presente estudo foi totalmente digitado e editado com o programa Microsoft® Word 2010. Os dados foram tabulados e comparados estatisticamente com o software IBM® SPSS 20.0 Statistics.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na pesquisa realizada verificou-se que a faixa etária dos indivíduos que participaram da pesquisa varia de 21 a 65 anos. Tendo uma média de idade de 33,90 ± 12,37 anos. No que se infere ao sexo dos 20 indivíduos entrevistados houve predominância no sexo masculino, onde: 70% foram do sexo masculino e 30% do sexo feminino.

Quanto ao tabagismo, verificou-se o predomínio de não tabagistas, onde foram constatados 55% de indivíduos não fumantes e 45% fumantes, entre os sujeitos não fumantes alguns haviam interrompido o consumo de tabaco há mais de dez anos e, portanto a literatura afirma que os indivíduos que deixaram o vício com um tempo superior a 5 anos correm o mesmo risco de apresentar patologias cardiorrespiratórias de uma pessoa que nunca fumou na vida. Para as médias de sinais vitais como Frequência Respiratória obtivemos 18,15 ± 2,23, Frequência Cardíaca 74,60 ± 9,47, SpO<sub>2</sub> 97,95 ± 1,05 e 60% apresentaram uma Pressão Arterial de 120/80 mmHg, podendo-se constatar que houve uma boa homogeneidade antropométrica, pois estão em sua maioria dentro dos níveis de normalidade (Crippa, et. al.).

A análise estatística dos dados foi realizada pelo teste Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,05$ ) exceto para VEF1/CVF inicial ( $p > 0,05$ ).

Conforme apresentado na Tabela 01 todos os indivíduos obtiveram aumento da VEF1, CVF e a grande maioria da VEF1/CVF também, comprovando assim a melhoria da capacidade ventilatória tanto inspiratória como expiratória em todos os sujeitos submetidos ao tratamento com corrente elétrica funcional.

**Tabela 01 – Resultados pré e pós-avaliação espirométrica**

| Sujeito | Pré-FES |     |          | Pós-FES |     |          |
|---------|---------|-----|----------|---------|-----|----------|
|         | VEF1    | CVF | VEF1/CVF | VEF1    | CVF | VEF1/CVF |
|         |         |     |          |         |     |          |

|               |      |      |       |      |      |       |
|---------------|------|------|-------|------|------|-------|
| Sujeito 1     | 2,63 | 3,02 | 83    | 2,63 | 3,02 | 86    |
| Sujeito 2     | 3,02 | 3,36 | 90    | 3,15 | 3,46 | 91    |
| Sujeito 3     | 2,43 | 2,43 | 100   | 2,78 | 2,8  | 99    |
| Sujeito 4     | 3,84 | 4,33 | 88    | 3,95 | 4,75 | 83    |
| Sujeito 5     | 2,94 | 3,04 | 96    | 2,94 | 3,04 | 100   |
| Sujeito 6     | 3,91 | 3,91 | 100   | 4,29 | 4,29 | 100   |
| Sujeito 7     | 3,23 | 4,03 | 80    | 3,53 | 4,22 | 83    |
| Sujeito 8     | 3,96 | 4,24 | 93    | 4,13 | 4,68 | 88    |
| Sujeito 9     | 3,45 | 3,69 | 93    | 3,45 | 3,69 | 98    |
| Sujeito 10    | 2,63 | 3,02 | 83    | 2,63 | 3,02 | 86    |
| Sujeito 11    | 2,92 | 3,22 | 91    | 2,92 | 3,22 | 92    |
| Sujeito 12    | 2,93 | 3,23 | 91    | 2,93 | 3,23 | 92    |
| Sujeito 13    | 2,97 | 3,15 | 94    | 2,97 | 3,15 | 97    |
| Sujeito 14    | 3,45 | 3,69 | 93    | 3,45 | 3,69 | 98    |
| Sujeito 15    | 2,43 | 2,53 | 96    | 2,78 | 2,8  | 99    |
| Sujeito 16    | 2,93 | 3,23 | 91    | 2,93 | 3,23 | 92    |
| Sujeito 17    | 2,63 | 3,02 | 83    | 2,63 | 3,02 | 86    |
| Sujeito 18    | 2,97 | 3,15 | 94    | 2,97 | 3,15 | 97    |
| Sujeito 19    | 2,63 | 3,02 | 83    | 2,63 | 3,02 | 86    |
| Sujeito 20    | 2,93 | 3,23 | 91    | 2,93 | 3,23 | 92    |
| Média         | 3,04 | 3,33 | 90,65 | 3,13 | 3,44 | 92,25 |
| Desvio padrão | 0,45 | 0,50 | 5,60  | 0,49 | 0,58 | 5,79  |

Na Tabela 02 são apresentados os valores obtidos através do teste de manovacuometria, onde constatou que todos os indivíduos deste estudo clínico obtiveram um aumento da força muscular respiratória. Por mais que o aumento das pressões inspiratórias e expiratórias não tenha sido significativamente elevado para todos os participantes por ser uma aplicação única deste protocolo, os efeitos da aplicação desta técnica mostram-se eficazes momentaneamente. Segundo Morgan et al., a P<sub>I</sub>max e a P<sub>E</sub>max têm sido utilizadas para identificar o risco de insuficiência respiratória e prever a sobrevida em pacientes com doenças neuromusculares.

**Tabela 02 – Resultados pré e pós-manovacuometria**

|                      | Pré-FES |        | Pós-FES |        |
|----------------------|---------|--------|---------|--------|
| Sujeito              | Plmax   | PEmax  | Plmax   | PEmax  |
| Sujeito 1            | 80      | 100    | 100     | 120    |
| Sujeito 2            | 80      | 80     | 90      | 90     |
| Sujeito 3            | 120     | 90     | 150     | 100    |
| Sujeito 4            | 140     | 120    | 170     | 160    |
| Sujeito 5            | 100     | 90     | 110     | 110    |
| Sujeito 6            | 140     | 100    | 180     | 140    |
| Sujeito 7            | 120     | 120    | 140     | 160    |
| Sujeito 8            | 130     | 130    | 160     | 150    |
| Sujeito 9            | 80      | 80     | 100     | 100    |
| Sujeito 10           | 90      | 115    | 120     | 130    |
| Sujeito 11           | 80      | 80     | 110     | 100    |
| Sujeito 12           | 110     | 120    | 140     | 160    |
| Sujeito 13           | 120     | 110    | 150     | 130    |
| Sujeito 14           | 110     | 100    | 130     | 120    |
| Sujeito 15           | 90      | 80     | 115     | 120    |
| Sujeito 16           | 130     | 130    | 140     | 150    |
| Sujeito 17           | 140     | 120    | 160     | 140    |
| Sujeito 18           | 120     | 120    | 140     | 130    |
| Sujeito 19           | 110     | 110    | 130     | 140    |
| Sujeito 20           | 130     | 120    | 150     | 150    |
| <b>Média</b>         | 111,00  | 105,75 | 134,25  | 130,00 |
| <b>Desvio padrão</b> | 20,95   | 16,98  | 24,15   | 21,45  |

Esta pesquisa limitou-se a uma sessão terapêutica única para cada indivíduo pelo fato de que grande parte da amostra estaria indisponível para ficar retornando e dando continuidade ao tratamento. Portanto, fica a sugestão para o desenvolvimento de novos estudos, com uma quantidade maior de amostra e com um número maior de aplicações desta técnica tentando manter um controle das atividades realizadas pela amostra e aprofundar o estudo sobre esta técnica de melhoria das capacidades respiratórias, que no presente estudo mostrou-se eficaz tanto na ventilação quanto no grau de força inspiratória e expiratória.

## CONCLUSÃO

Podemos concluir com este trabalho, que a aplicação de FES mostrou-se efetiva no aumento de força muscular respiratória, pois houve uma melhora da atuação diafragmática nos indivíduos que participaram desta pesquisa. Porém por ter sido uma única aplicação desta técnica em cada indivíduo, o ganho de força muscular comprovado na avaliação pós FES provavelmente retornou ao valor inicial, por isso novos estudos com um maior número de amostra e aplicações da técnica podem ser realizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estimulação Elétrica, Diafragma, Força Muscular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEREDO, C.A.C. **Fisioterapia Respiratória Moderna**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002.  
 AZEREDO, C.A.C. **Fisioterapia Respiratória no Hospital Geral**. São Paulo: Manole, 2000.  
 BETHLEM, N. **Pneumologia**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2002.  
 FIEP BULLETIN - Volume 84- Special Edition - ARTICLE II - 2014 (<http://www.fiepbulletin.net>)

- CARVALHO, M. **Fisioterapia Respiratória – Fundamentos e Contribuições**.5. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2001.
- COSTA, D. **Fisioterapia Respiratória Básica**.São Paulo: Atheneu, 1999.
- CRINER, G. et al. **Variability of Electrophrenic Diaphragm Twitch Stimulation Over Time in Normal Subjects**.Philadelphia: Respiratory Physiology, 1999.
- CUELLO, A.F.; MASCIANTONIO, L.; MENDOZA, S.M. **Estimulação Diafragmática Elétrica Transcutânea**. [s.l.]: Medicina Intensiva, 1991.
- CRIPPA, F. **COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS E DA FORÇA MUSCULAR DE MENINAS DE 9 A 11 ANOS PRATICANTES E NÃO PRATICANTES DE EXERCÍCIO FÍSICO REGULAR**Cinergis – Vol 14, n. 1, p. 1-10 Jan/Mar, 2013
- DUARTE, Armênio F. S.; VIEIRA, Mayla F. **FES –Estimulação Elétrica Funcional**. 2011. Disponível em <<http://www.fisioweb.com.br>>. Acessado em 19 de março de 2013.
- GEDDES LA, Voorhees WD, Babbs CF. **Electroventilation, Proc. 5<sup>th</sup> Purdue Conf. CPR & Defibrillation**. Am J Emerg Med. 1985;3(4):337-9.
- GEDDES LA, Voorhees WD, Lagler R, Riscili C, Foster K, BourlandJD. **Electrically produced artificial ventilation**.Med Instrument.1988;22(5):263-71.
- GEDDES LA, Simmons A. **Artificial respiration in the dog by percutaneous bilateral phrenic nerve stimulation**.Am J Emerg Med. 1991;9(6):527-9.
- HAMIL, J.; KNUTZEN, K.M. **Bases Biomecânicas do Movimento Humano**. São Paulo: Manole, 1999.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
- KAPANDJI, A.I. **Fisiologia Articular**.5. ed. São Paulo: Panamericana, 2000.
- MORGAN, R.K., McNally, S., Alexander, M., Conroy, R., Hardiman, O., Costello, RW.**Use of Sniff nasal-inspiratory force to predict survival in amyotrophiclateral sclerosis**.Am J Respir Crit Care Med. 2005;171(3):269-74.
- NEDER, JA, ANDREONI S, LERARIO MC, NERY LE. **Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation**. Braz J Med Biol Res. 1999;32(6):719-27.
- PEREIRA, Carlos AC. **Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia**. 2002. Disponível em <<http://www.sbpt.org.br/>>. Acessado em 04 de maio de 2013.
- SCANLAN, C.; WILKINS, R.; STOLLER, J. **Fundamentos da Terapia Respiratória de Egan**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2004.
- SOUCHARD, P.E. **O Diafragma**.2. ed. São Paulo: Summus Editorial, 1989.
- TARANTINO, A.B. **Doenças Pulmonares**.5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- TAYLOR, AE. **Clinical Respiratory Physiology**.Saunders, 1989.
- WEST, JB. **Fisiologia respiratória moderna**. 5th ed. São Paulo: Manole; 1996.

Autor correspondente: Vitor Tatsuo Sakai  
Rua: Pedro Ivo, 607 - Ap. 203.  
CEP: 85812-171 Cascavel-PR