



## REABILITAÇÃO COM ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA FUNCIONAL PÓS-TRANSPLANTE CARDÍACO: UMA NOVA ABORDAGEM

**Graciele Sbruzzi<sup>1,2</sup>, Christian Correa Coronel<sup>2</sup>, Graziela Nicolodi<sup>3</sup>, Aline Chagastelles Pinto de Macedo<sup>2</sup>, Marco Aurélio Vaz<sup>1</sup>, Jeam Marcel Geremia<sup>1</sup>, Thiago Dipp<sup>3</sup>, Vitor Martins<sup>2</sup>, Marciane Rover<sup>2</sup>, Rodrigo Della Méa Plentz<sup>2,3</sup>**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil<sup>1</sup>

Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul/Fundação Universitária de Cardiologia, Porto Alegre, RS, Brasil<sup>2</sup>

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil<sup>3</sup>

**Endereço para contato:**

E-mail: [roplentz@yahoo.com.br](mailto:roplentz@yahoo.com.br)

### INTRODUÇÃO:

O transplante cardíaco é hoje a única alternativa cirúrgica amplamente aceita para tratar pacientes com insuficiência cardíaca em fase terminal, cuja qualidade de vida a terapia medicamentosa otimizada não consegue manter<sup>1, 2</sup>. Existe consenso de que o transplante cardíaco, em longo prazo, aumenta a sobrevida, a capacidade de exercício, o retorno ao trabalho e a qualidade de vida desses pacientes<sup>2, 3</sup>.

Porém, após o transplante, na maioria das vezes ocorrem complicações tais como sarcopenia, fraqueza muscular generalizada<sup>4</sup> e diminuição da capacidade aeróbia<sup>5</sup>, devidas ao tempo prolongado de permanência no leito, à inatividade física e ao uso de medicamentos imunossupressores<sup>6</sup>, que resultam na diminuição da capacidade física e funcional desses pacientes. Em estudo realizado por Pierce *et al.*<sup>7</sup>, os autores observaram que há diminuição da reserva glicolítica e oxidativa da musculatura esquelética logo após o transplante cardíaco, e que a redução da capacidade oxidativa persiste ao longo do primeiro ano após a cirurgia. Também observaram que a miopatia da musculatura

esquelética periférica persiste logo após o transplante cardíaco e se mantém ao longo dos meses<sup>7</sup>.

Dessa forma, uma das terapias recomendada pela Associação Americana de Cardiologia<sup>8</sup> para esses pacientes é o exercício físico, e existem evidências<sup>9, 10</sup> dos seus benefícios em termos de aumento do consumo máximo de oxigênio<sup>9, 10</sup> e da força muscular periférica<sup>10</sup>. Além disso, a reabilitação funcional, por meio de fisioterapia respiratória e motora, também demonstra resultados satisfatórios na recuperação do paciente no pós-operatório imediato<sup>11</sup>. Porém, muitos não conseguem praticar exercícios físicos ativos logo após a cirurgia e, dessa forma, a estimulação elétrica funcional (EEF) pode ser alternativa para a reabilitação desses pacientes<sup>12</sup>.

Recentemente, nosso grupo, por intermédio de uma revisão sistemática com meta-análise<sup>13</sup>, demonstrou que a EEF aplicada em pacientes com insuficiência cardíaca crônica promove ganho similar na capacidade funcional comparado ao exercício aeróbio, demonstrando que essa intervenção pode ser alternativa para a reabilitação, em especial para aqueles pacientes que não

têm condições de realizar exercício físico de forma ativa. Outros estudos também demonstraram o efeito benéfico do tratamento com EEF em adultos críticos internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs)<sup>12, 14-17</sup>.

Hoje existe um ensaio clínico randomizado publicado na literatura sobre o efeito da EEF, no qual foram incluídos apenas pacientes pós-transplante cardíaco. Vaquero *et al.*<sup>18</sup> randomizaram 14 pacientes para tratamento ou não com EEF, durante oito semanas após o transplante cardíaco. Os autores observaram que o grupo que recebeu tratamento com EEF apresentou maior consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub> máx), e sugerem que essa intervenção pode ser usada para melhora da capacidade funcional de pacientes transplantados cardíacos. Entretanto, os autores avaliaram só o efeito da EEF sobre o consumo máximo de oxigênio. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar os efeitos da EEF associada à fisioterapia convencional sobre a espessura do músculo quadríceps femoral de uma paciente após transplante cardíaco. Nossa hipótese é a de que um aumento da espessura dos músculos extensores do joelho dessa paciente está de forma direta relacionado com redução da sarcopenia, com o fortalecimento dessa musculatura e melhora da função muscular, o que possivelmente acelerará o processo de recuperação.

#### **Métodos**

##### **Paciente:**

Estudo de caso foi realizado com uma paciente (M.C.P.) sexo feminino, com 60 anos de idade, 61 kg de massa corporal. A paciente, com diagnóstico de insuficiência cardíaca congestiva causada por miocardiopatia dilatada classe IV (segundo a *New York Heart Association*) e fração de ejeção de 29%, foi submetida a um transplante cardíaco no dia 16 de dezembro de 2012, junto ao Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul.

##### **Procedimentos:**

A fisioterapia convencional teve início no pós-operatório imediato, e consistiu de exercícios para higiene brônquica, exercícios para reexpansão pulmonar e exercícios de mobilização passiva. Já o tratamento com EEF iniciou no 36º dia de pós-operatório. As avaliações e o tratamento com EEF foram realizadas no Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul/Fundação Universitária de Cardiologia.

##### **Protocolo de tratamento com estimulação elétrica funcional:**

A EEF foi aplicada bilateralmente com um aparelho de estimulação elétrica funcional (Eletoestimulador Fisiológico - LYNX – FMUSP, São Paulo, Brasil) nos músculos vasto medial e vasto

lateral do quadríceps femoral, em 60º de flexão de joelho, utilizando os seguintes parâmetros: corrente pulsada bifásica simétrica, frequência de 80 Hz, largura de pulso de 500 µs, tempo de contração de 5s, tempo de repouso de 10s e intensidade ajustada ao limite máximo tolerável pelo paciente. O tratamento com EEF foi aplicado duas vezes por dia (com 30 minutos de aplicação por sessão com acréscimo de um minuto a cada dois dias, totalizando 60 minutos ao dia), cinco dias por semana, durante oito semanas. Os eletrodos autoadesivos (Spes, Itália, 50 x 90 mm) foram posicionados nas áreas motoras dos músculos vasto medial e vasto lateral, definidas por mapeamento muscular (Figura 1).



**Figura 1.** Posicionamento dos eletrodos de estimulação elétrica funcional nos músculos vasto lateral e vasto medial da paciente.

##### **Avaliação da espessura muscular:**

A espessura dos músculos vasto medial e vasto lateral foi mensurada com um sistema de ultrassonografia (VIVID-i, GE, USA) e com uma sonda de arranjo linear (38 mm, 3-12 MHz). Gel solúvel em água foi utilizado entre a sonda e a pele, e posicionado no local de avaliação sem deprimir a pele. As imagens foram obtidas no plano sagital, na direção das fibras musculares. O ponto médio entre o trocânter maior e o côndilo lateral do fêmur foi utilizado como referência na obtenção das imagens do músculo vasto lateral, enquanto as medidas do músculo vasto medial foram obtidas a 30% dessa mesma distância<sup>19</sup>. A espessura muscular foi definida como a distância entre as aponeuroses superficial e profunda<sup>20</sup>. Atenção especial foi dada aos locais onde as imagens foram obtidas. Mapas feitos de plástico flexível transparente foram feitos utilizando pontos de referência anatômica e marcas na pele, para garantir que as medidas fossem obtidas nos mesmos locais de avaliação pré e pós-

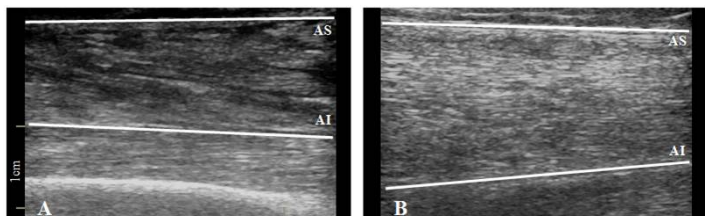
treinamento com EEF<sup>19</sup>. Todas as medidas foram realizadas pré e pós-treinamento de EEF.

### Análise dos dados:

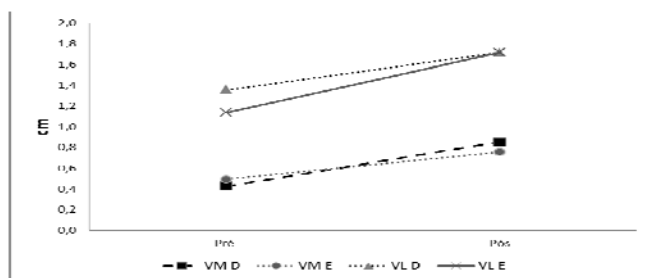
Todas as imagens de ultrassonografia foram analisadas pelo mesmo avaliador, o qual possuía experiência nesta área, por meio do software *Image-J* (*National Institute of Health, USA*). A distância entre as aponeuroses profunda e superficial foram obtidas em cinco diferentes pontos na imagem, e a média destes valores foi utilizada como sendo o valor representante da espessura muscular<sup>19</sup>. Os dados foram apresentados por estatística descritiva.

### Resultados

Após oito semanas de tratamento com EEF, houve um aumento na espessura muscular do vasto medial direito de 99,3% (0,42 vs. 0,85 cm) e de 52,7% na espessura do vasto medial esquerdo (0,49 vs. 0,75 cm). Da mesma forma, houve um aumento na espessura do vasto lateral direito de 26,5% (1,35 vs. 1,71 cm) e de 51,1% no vasto lateral esquerdo (1,13 vs. 1,71 cm) (Figuras 2 e 3).



**Figura 2.** Espessura do músculo vasto lateral esquerdo pré (A) e pós-treinamento (B) com estimulação elétrica funcional.



**Figura 3.** Valores da espessura dos músculos vasto medial (VM) e vasto lateral (VL) esquerdo (E) e direito (D) pré e pós-tratamento com estimulação elétrica funcional.

### Discussão

Foi demonstrado no presente estudo, pela primeira vez na literatura, que o tratamento com EEF associado à fisioterapia convencional promove aumento da espessura do músculo quadríceps femoral em paciente que realizou transplante cardíaco.

Existe apenas um ensaio clínico randomizado<sup>18</sup> sobre o efeito da EEF, no qual foram incluídos apenas pacientes após o transplante cardíaco, o qual demonstrou que essa intervenção promoveu aumento do VO<sub>2</sub> máx nessa população. Porém, esse trabalho avaliou apenas esse desfecho, e não avaliou os mecanismos pelos quais pode ocorrer a melhora no VO<sub>2</sub> máx. Agora o presente estudo mensurou as alterações na espessura muscular, a qual está diretamente relacionada à quantidade de material contrátil muscular e à capacidade aeróbia<sup>21</sup>.

Estudos com outras populações já demonstraram que o treinamento com EEF promove aumento da espessura muscular, sobretudo do quadríceps femoral<sup>22-24</sup>. Alguns estudos publicados nos últimos anos têm demonstrado o efeito benéfico do treinamento com EEF em pacientes adultos críticos internados em UTIs, mas esses estudos incluem pacientes com diversas doenças como sepse<sup>17</sup>, traumas, doenças neurológicas, doenças cardiovasculares, insuficiência respiratória, pneumonia, câncer, pós-transplantes e pós-cirúrgicos diversos<sup>12, 14-16, 25</sup>.

Gerovasili *et al.*<sup>25</sup> realizaram ensaio clínico randomizado com objetivo de avaliar se o tratamento com EEF prevenia a perda de massa muscular em pacientes internados em UTIs. Os autores randomizaram 49 pacientes adultos críticos com tempo de internação inferior a dois dias na UTI para receber ou não EEF. O grupo EEF recebia aplicação diariamente, com frequência de 45 Hz, largura de pulso de 400 µs e tempo total da sessão de 55 minutos. Foi observado que os dois grupos tiveram diminuição na área de secção transversal dos músculos reto femoral e vasto intermédio; porém, o grupo que recebeu EEF teve menor hipotrofia muscular comparado ao grupo que não recebeu essa intervenção, demonstrando que a reabilitação com esse recurso pode prevenir a perda de massa muscular nesses pacientes. Um estudo posterior publicado pelo mesmo grupo<sup>12</sup> demonstrou que sessões diárias de EEF, com os mesmos parâmetros descritos acima, preveniu o desenvolvimento da polineuropatia nesses pacientes e também resultou em menor tempo de ventilação mecânica.

Da mesma forma, Gruther *et al.*<sup>15</sup> realizaram ensaio clínico randomizado com 33 pacientes internados na UTI, divididos em dois grupos: um de pacientes com tempo de internação menor que sete dias e outro grupo de pacientes internados há mais de 14 dias. Ambos os grupos foram randomizados para receber EEF ou EEF-*sham*. A EEF foi aplicada com frequência de 50 Hz, largura de pulso de 350 µs, durante quatro semanas, nos músculos extensores do joelho. Os autores observaram que apenas os pacientes internados há mais tempo na UTI e que realizaram tratamento com EEF tiveram aumento na espessura muscular do quadríceps femoral. Esses resultados demonstram que a hipotrofia muscular está relacionada ao tempo de internação, e que o ganho de massa

muscular ocorre em maior magnitude em pacientes em situações mais graves. Em nosso estudo, a EEF iniciou no 36º dia do pós-operatório, o que provavelmente contribuiu para os efeitos benéficos observados na massa muscular após EEF.

O aumento na espessura muscular encontrado em nosso estudo, e corroborado pelos estudos descritos acima, pode ser explicado pelo fato de a EEF atuar como um estímulo elétrico e mecânico na musculatura, que promove o aumento do metabolismo muscular e da síntese proteica, revertendo, dessa forma, os efeitos catabólicos promovidos pelo imobilismo e pelo estado de saúde do paciente<sup>25, 26</sup>. Outra hipótese é de que a EEF pode exercer efeito anti-inflamatório, diminuindo os níveis de citocinas inflamatórias e melhorando a função endotelial arterial, como já demonstrado por estudo realizado com pacientes com insuficiência cardíaca<sup>27</sup>, além de promover aumento na microcirculação<sup>28</sup>.

Outro aspecto que deve ser observado são os parâmetros de EEF utilizados nos estudos, uma vez que eles são determinantes da sobrecarga mecânica que será aplicada nos músculos e na sua respectiva adaptação. A maioria desses estudos utilizou frequências de estimulação entre 45 e 100 Hz e largura de pulso entre 300 e 500 µs objetivando o recrutamento das fibras rápidas tipo II, que apresentam maior espessura e volume proteico, e são responsáveis pela maior geração de força muscular<sup>29, 30</sup>. Nosso estudo vai ao encontro dos demais trabalhos, já que utilizamos frequência de 80 Hz e largura de pulso de 500 µs.

Dessa forma, o treinamento com EEF pode ser alternativa para a reabilitação de pacientes após transplante cardíaco. Além disso, o tratamento com EEF apresenta várias vantagens: é um tratamento custo-efetivo, visto que, com a aquisição de um aparelho, é possível tratar vários pacientes; pode ser realizada com paciente que não consegue realizar o exercício convencional de forma ativa; pode ser implementada nos primeiros dias da entrada do paciente na UTI; promove efeitos agudos e crônicos, centrais e periféricos, que levam à melhora no condicionamento físico, previne a fraqueza muscular e a sarcopenia e o desenvolvimento da polineuropatia do paciente adulto crítico<sup>14</sup>.

Uma das limitações do presente estudo é que a força muscular não foi avaliada no início do treinamento com EEF, devido a não cooperação da paciente. Entretanto, existe relação linear positiva já comprovada na literatura entre força e espessura do músculo quadríceps femoral<sup>31, 32</sup>. Outra limitação é que esse foi um estudo de caso, sem comparação com grupo controle ou EEF placebo, não sendo possível, dessa forma, avaliar o efeito isolado da EEF na reabilitação dessa paciente. Por isso, novos estudos controlados e randomizados são necessários para avaliar o real benefício da EEF na reabilitação de pacientes após transplante cardíaco, tanto na preservação e aumento da força muscular,

quanto na capacidade funcional, prevenção da polineuropatia e melhora a longo prazo da qualidade de vida e da sobrevida.

### **Conclusão**

O tratamento com estimulação elétrica funcional associada à fisioterapia convencional promoveu aumento na espessura muscular do quadríceps femoral de uma paciente após transplante cardíaco, demonstrando o potencial dessa terapia como nova abordagem para reabilitar essa população.

### **Conflito de interesse**

Nenhum declarado.

### **Referências Bibliográficas:**

1. Bacal F, Souza-Neto JD, Fiorelli AI, Mejia J, Marcondes-Braga FG, Mangini S. II Diretriz Brasileira de Transplante Cardíaco Arq Bras Cardiol 2009;94(1 supl.1):e16-e73.
2. Dickstein K, Cohen-Solal A, Filippatos G, McMurray JJ, Ponikowski P, Poole-Wilson PA, et al. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008: the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). Eur J Heart Fail 2008 Oct;10(10):933-89.
3. Buendia F, Almenar L, Martinez-Dolz L, Sanchez-Lazaro I, Navarro J, Aguero J, et al. Relationship between functional capacity and quality of life in heart transplant patients. Transplant Proc 2011 Jul-Aug;43(6):2251-2.
4. Braith RW, Limacher MC, Leggett SH, Pollock ML. Skeletal muscle strength in heart transplant recipients. J Heart Lung Transplant 1993 Nov-Dec;12(6 Pt 1):1018-23.
5. Lanfranconi F, Borrelli E, Ferri A, Porcelli S, Maccherini M, Chiavarelli M, et al. Noninvasive evaluation of skeletal muscle oxidative metabolism after heart transplant. Med Sci Sports Exerc 2006 Aug;38(8):1374-83.
6. Canineu RFB, Cabral MM, Guimarães HP, Lopes RD, Saes LSV, Lopes AC. Polyneuropathy in the Critical Ill patient: A common Diagnosis in Intensive Care Medicine? . Revista Brasileira de Terapia Intensiva 2006;18(3):307-10.

7. Pierce GL, Magyari PM, Aranda JM, Jr., Edwards DG, Hamlin SA, Hill JA, *et al.* Effect of heart transplantation on skeletal muscle metabolic enzyme reserve and fiber type in end-stage heart failure patients. *Clin Transplant* 2007 Jan-Feb;21(1):94-100.
8. Pina IL, Apstein CS, Balady GJ, Belardinelli R, Chaitman BR, Duscha BD, *et al.* Exercise and heart failure: A statement from the American Heart Association Committee on exercise, rehabilitation, and prevention. *Circulation* 2003 Mar 4;107(8):1210-25.
9. Didsbury M, McGee RG, Tong A, Craig JC, Chapman JR, Chadban S, *et al.* Exercise training in solid organ transplant recipients: a systematic review and meta-analysis. *Transplantation* 2013 Mar 15;95(5):679-87.
10. Hsieh PL, Wu YT, Chao WJ. Effects of exercise training in heart transplant recipients: a meta-analysis. *Cardiology* 2011;120(1):27-35.
11. Coronel CC, Bordignon S, Bueno AD, Lima LL, Nesralla I. Variáveis perioperatórias de função ventilatória e capacidade física em indivíduos submetidos a transplante cardíaco. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2010;25(2):190-96.
12. Routsis C, Gerovasili V, Vasileiadis I, Karatzanos E, Pitsolis T, Tripodaki E, *et al.* Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Crit Care* 2010;14(2):R74.
13. Sbruzzi G, Ribeiro RA, Schaan BD, Signori LU, Silva AM, Irigoyen MC, *et al.* Functional electrical stimulation in the treatment of patients with chronic heart failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010 Jun;17(3):254-60.
14. Maffioletti NA, Roig M, Karatzanos E, Nanas S. Neuromuscular electrical stimulation for preventing skeletal-muscle weakness and wasting in critically ill patients: a systematic review. *BMC Med* 2013 May 23;11(1):137.
15. Gruther W, Kainberger F, Fialka-Moser V, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Spiss C, *et al.* Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. *J Rehabil Med* 2010 Jun;42(6):593-7.
16. Karatzanos E, Gerovasili V, Zervakis D, Tripodaki ES, Apostolou K, Vasileiadis I, *et al.* Electrical muscle stimulation: an effective form of exercise and early mobilization to preserve muscle strength in critically ill patients. *Crit Care Res Pract* 2012;2012:1-8.
17. Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, Bonelli I, Vidomlansky SR, Attie S, *et al.* Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *J Crit Care* 2012 Jun;27(3):319.e1-.e8.
18. Vaquero AF, Chicharro JL, Gil L, Ruiz MP, Sanchez V, Lucia A, *et al.* Effects of muscle electrical stimulation on peak VO<sub>2</sub> in cardiac transplant patients. *Int J Sports Med* 1998 Jul;19(5):317-22.
19. Baroni BM, Rodrigues R, Franke RA, Geremia JM, Rassier DE, Vaz MA. Time Course of Neuromuscular Adaptations to Knee Extensor Eccentric Training. *Int J Sports Med* 2013 Mar 22:ahead of print.
20. Kubo K, Kanehisa H, Azuma K, Ishizu M, Kuno SY, Okada M, *et al.* Muscle architectural characteristics in women aged 20-79 years. *Med Sci Sports Exerc* 2003 Jan;35(1):39-44.
21. Nuhr MJ, Pette D, Berger R, Quittan M, Crevenna R, Huelsman M, *et al.* Beneficial effects of chronic low-frequency stimulation of thigh muscles in patients with advanced chronic heart failure. *Eur Heart J* 2004 Jan;25(2):136-43.
22. Hasegawa S, Kobayashi M, Arai R, Tamaki A, Nakamura T, Moritani T. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol* 2011 Aug;21(4):622-30.
23. Vaz MA, Baroni BM, Geremia JM, Lanferdini FJ, Mayer A, Arampatzis A, *et al.* Neuromuscular electrical stimulation (NMES) reduces structural and functional losses of quadriceps muscle and improves health status in patients with knee osteoarthritis. *J Orthop Res* 2013 Apr;31(4):511-6.

24. Minetto MA, Botter A, Bottinelli O, Miotti D, Bottinelli R, D'Antona G. Variability in Muscle Adaptation to Electrical Stimulation. *Int J Sports Med* 2012 Jan 7:online.

25. Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaos K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, *et al.* Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care* 2009;13(5):R161.

26. Bouletreau P, Patricot MC, Saudin F, Guiraud M, Mathian B. Effects of intermittent electrical stimulations on muscle catabolism in intensive care patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1987 Nov-Dec;11(6):552-5.

27. Karavidas AI, Raisakis KG, Parissis JT, Tsekoura DK, Adamopoulos S, Korres DA, *et al.* Functional electrical stimulation improves endothelial function and reduces peripheral immune responses in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006 Aug;13(4):592-7.

28. Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, *et al.* Short-term systemic effect of electrical muscle stimulation in critically ill patients. *Chest* 2009 Nov;136(5):1249-56.

29. Delitto A, Snyder-Mackler L. Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. *Phys Ther* 1990 Mar;70(3):158-64.

30. Sbruzzi G, Schaan BD, Pimentel GL, Signori LU, Da Silva AN, Oshiro MS, *et al.* Effects of low frequency functional electrical stimulation with 15 and 50 Hz on muscle strength in heart failure patients. *Disabil Rehabil* 2011;33(6):486-93.

31. Chi-Fishman G, Hicks JE, Cintas HM, Sonies BC, Gerber LH. Ultrasound imaging distinguishes between normal and weak muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 2004 Jun;85(6):980-6.

32. Freilich RJ, Kirsner RL, Byrne E. Isometric strength and thickness relationships in human quadriceps muscle. *Neuromuscul Disord* 1995 Sep;5(5):415-22.