

# Estimulação elétrica neuromuscular *versus* treinamento de força em mulheres idosas

Neuromuscular Electrical Stimulation versus  
Strength Training in Elderly Women

Antônio Marcos Vargas da Silva<sup>1</sup>, Luis Ulisses Signori<sup>2</sup>, Guilherme Cidade Torres<sup>1</sup>,  
Daniel Steffens<sup>1</sup>, Rodrigo Della Múa Plentz<sup>2</sup>

## RESUMO

**Objetivos:** Comparar os efeitos do treinamento de força (TF) e da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) no músculo quadríceps de mulheres idosas. **Métodos:** A força muscular isotônica e isométrica do quadríceps femoral foi avaliada em oito voluntárias (69,3 ± 4,8 anos) pelo teste de uma repetição máxima (1 RM) com pesos e pelo aparelho de célula de carga, respectivamente. O TF, por meio de um programa de fortalecimento muscular localizado (FML), e a EENM foram aplicados ao quadríceps nos mesmos indivíduos, porém, em membros opostos, dois dias por semana durante seis semanas. **Resultados:** Tanto o FML (10,8 ± 2,5 *versus* 14,9 ± 2,3 kg; p = 0,001) quanto a EENM (10,1 ± 1,4 *versus* 12,8 ± 1,4 kg; p = 0,002) aumentaram a força muscular isotônica. O FML (p = 0,126) e a EENM (p = 0,062) não modificaram a força muscular isométrica. O incremento na força muscular isotônica foi maior com o FML quando comparado com a EENM (41,1 ± 16,3% *versus* 26,7 ± 11,2%; p = 0,009). **Conclusões:** O TF promoveu maior incremento de força muscular isotônica que a EENM. O TF e a EENM melhoraram a força isotônica e não alteraram a força muscular isométrica de quadríceps de mulheres idosas.

**Palavras-chave:** Idoso, exercício físico, músculo quadríceps, estimulação elétrica.

## ABSTRACT

**Objectives:** To compare the effects of strength training (ST) and neuromuscular electrical stimulation (NMES) on the quadriceps muscle in elderly women. **Methods:** The isotonic and isometric muscular strength of the quadriceps femoris was evaluated in eight volunteers (69.3 ± 4.8 years) by one maximum repetition test (1RM) with weights and by the device of load cell, respectively. The ST, by the Located Muscular Strengthening (LMS) program, and NMES were applied to the quadriceps in the same subjects, however, in opposing members, two days a week during six weeks. **Results:** As LMS (10.8 ± 2.5 *versus* 14.9 ± 2.3 kg; p = 0.001) as NMES (10.1 ± 1.4 *versus* 12.8 ± 1.4 kg; p = 0.002) increased the isotonic muscular strength. The LMS (p = 0.126) and the NMES (p = 0.062) did not modify the isometric muscular strength. The increase of the isotonic muscular strength was greater with LMS than with NMES (41.1 ± 16.3% *versus* 26.7 ± 11.2%; p = 0.009). **Conclusions:** The ST produced a major increase in isotonic muscular strength than the NMES did. The ST and NMES improved the isotonic strength and did not alter the isometric muscular strength of quadriceps in elderly women.

**Key words:** Elderly, physical exercise, quadriceps muscle, electric stimulation.

Recebido em 04/07/2007  
Aceito em 31/10/2007

<sup>1</sup>Curso de Fisioterapia  
da Universidade de  
Santa Cruz do Sul  
<sup>2</sup>Curso de Fisioterapia  
da Universidade  
de Cruz Alta.

## INTRODUÇÃO

A força muscular diminui de 1% a 2% ao ano em pessoas acima de 65 anos, em níveis maiores nas extremidades inferiores, ocorrendo perda de 1,5% ao ano da força dos músculos extensores do joelho<sup>1</sup>. As mulheres demonstram maiores declínios na força de extensores de joelho na comparação com homens, bem como apresentam perda de força mais acelerada ao longo da vida<sup>2</sup>. As mulheres também apresentam redução de fibras musculares do tipo IIA e IIB, enquanto os homens demonstram somente redução das fibras do tipo IIA<sup>3</sup>.

A perda progressiva da massa muscular e da força contrátil em idosos pode ser atenuada com a prática de atividades físicas, o que reflete na realização das atividades de vida diárias com maior segurança e eficiência<sup>4</sup>.

O treinamento de força muscular ajuda a reduzir os sintomas de várias doenças crônicas não transmissíveis, como artrite, depressão, diabetes tipo 2, osteoporose, distúrbios do sono e doenças cardiovasculares<sup>5</sup>, sendo efetivo em melhorar a mobilidade funcional e o equilíbrio de indivíduos idosos<sup>6</sup>. Além disso, o fortalecimento dos músculos dos membros inferiores, principalmente do quadríceps femoral, exerce papel fundamental na prevenção de quedas<sup>7,8</sup>.

O avanço da tecnologia trouxe inúmeros dispositivos eletroterápicos, que possibilitam manter ou aumentar a força muscular. Esta terapêutica, quando utilizada em músculos saudáveis, é denominada de estimulação elétrica neuromuscular (EENM) e tem como objetivo principal a melhora nas propriedades relacionadas ao treinamento, como aumento no fluxo sanguíneo intramuscular, na força e na resistência, por meio de contrações repetidas<sup>9</sup>.

A EENM tem sido utilizada no treinamento de força em sujeitos saudáveis<sup>10,11</sup> e vários estudos também vêm demonstrando que a aplicação da EENM é eficaz no incremento da força voluntária máxima e da capacidade funcional de pacientes hipoativos<sup>12-14</sup>.

Indivíduos idosos podem se tornar impossibilitados de praticar exercícios físicos regularmente por causa de suas limitações físico-funcionais, cognitivas e socioeconômicas, ficando expostos aos efeitos do sedentarismo. Nestes casos, a EENM pode ser uma estratégia de escolha para o incremento na força muscular de membros inferiores e, assim, uma medida preventiva aos desfechos indesejáveis oriundos da inatividade física que afetam a população idosa. Nesse sentido, o presente estudo objetivou analisar os efeitos da EENM e compará-los aos de um programa de treinamento de força, com base no fortalecimento muscular localizado (FML), sobre as forças musculares isotônica e isométrica de quadríceps em mulheres idosas.

## MÉTODOS

A amostra deste estudo foi composta por oito mulheres idosas com idade entre 65 e 78 anos, voluntárias e saudáveis, oriundas de um grupo de convivência para terceira idade. Os critérios de exclusão adotados foram: hipertensão arterial sistêmica não-controlada (pressão arterial sistólica > 180 mmHg e diastólica > 100 mmHg); insuficiência cardíaca; índice de massa corporal (IMC) > 30 kg/m<sup>2</sup>; distúrbios do sistema musculoesquelético que impedissem a realização das intervenções propostas; incapacidade de fornecer *feedback* sensitivo acerca das intervenções; utilização de marca-passo cardíaco; uso contínuo de betabloqueadores, antiinflamatórios esteróides ou não-esteróides, analgésicos, antidepressivos ou sedativos; áreas de tecido com infecção ativa e implantes metálicos na região de aplicação da EENM. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Santa Cruz do Sul e todas as voluntárias assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Todas as voluntárias foram submetidas aos seguintes procedimentos de avaliação da musculatura extensora de ambos os joelhos, de maneira individualizada, antes e após o programa de FML e de EENM:

- a) a força muscular isotônica foi avaliada pelo teste de 1 repetição máxima (1 RM) que é definido como a maior carga que pode ser movida por uma amplitude específica de movimento uma única vez e com execução correta<sup>15</sup>. As voluntárias já estavam familiarizadas com o teste de 1 RM e realizaram previamente ao início da avaliação uma série de dez repetições com 1 kg. O movimento executado foi o de extensão completa do joelho a partir de 90° de flexão na posição sentada em uma cadeira de Bonet. A carga inicial foi de 2 kg e o objetivo a cada tentativa deveria ser a execução de 2 repetições, respeitando-se um intervalo de 3 minutos entre as tentativas. Nas séries subsequentes, a carga era aumentada até que a participante conseguisse realizar uma única repetição completa, sendo esta identificada como carga de 1 RM;
- b) após um intervalo de 30 minutos foi realizada a avaliação da força isométrica por meio de um transmissor de pesagem (Alfa Instrumentos, modelo 3103, São Paulo, Brasil) associado ao aparelho de célula de carga (Alfa Instrumentos, modelo SV-100, São Paulo, Brasil). O aparelho de célula de carga consiste em uma dinamometria utilizada para medir força e torque na qual são usadas estruturas mecânicas instrumentadas com sensores mecânico-elétricos. A medição da força (registrada em quilogramas força – kgf) ocorreu com a fixação de sensores de estiramento (*strain gauges*) na região perimaleolar<sup>16</sup>, com o indivíduo na posição sentada e o joelho mantido em 90° de flexão, instruindo-o a realizar uma contração isométrica máxima de quadríceps;

- c) todas as voluntárias receberam o FML e a EENM na região anterior da coxa, correspondente à musculatura do quadríceps, em membros inferiores opostos definidos por sorteio. O período de intervenção foi de seis semanas, com frequência de duas sessões semanais, perfazendo o total de doze sessões. O avaliador não teve conhecimento quanto ao membro treinado com o FML ou com a EENM;
- d) cada sessão do programa de FML foi executada por meio de 4 séries de 15 contrações concêntricas para o movimento de extensão de joelho, com intensidade inicial de 60% da carga máxima e incremento para 70% após seis sessões de treinamento;
- e) após o FML, aplicou-se a EENM com um aparelho de estimulação elétrica (Quark®, modelo Dualpex 992 Sport, Piracicaba, SP, Brasil) durante 20 minutos no membro contralateral, duração de pulso de 400  $\mu$ s, onda retangular, bifásica e simétrica, frequência de pulsos de 50 Hz, tempo de subida e de descida de 2 segundos, manutenção da contração de 5 segundos e intervalos de 10 segundos. Com as voluntárias sentadas em uma cadeira foram executadas em média 60 contrações/sessão de EENM com o joelho a 60° de flexão<sup>17</sup>. A intensidade inicial foi adotada conforme tolerância à corrente elétrica e ajustadas para a ocorrência apenas de contrações isométricas. A sobrecarga foi sugerida gradualmente ao nível máximo de intensidade tolerada.

Os resultados estão expressos em média  $\pm$  desvio-padrão e valores mínimo e máximo (Tabela 1). Para comparação entre os momentos antes (pré) e depois (pós) do FML ou da EENM foi utilizado o teste *t* de Student pareado. O teste *t* de Student não-pareado foi realizado para comparar as medidas basais entre os membros

a receber o FML ou a EENM e para mensurar as diferenças entre o delta de variação percentual ( $\Delta\%$ ) do FML e da EENM. O  $\Delta\%$  foi calculado para comparar as diferenças encontradas com o FML *versus* EENM, por intermédio da seguinte fórmula:  $\Delta\% = (\text{força muscular pós} \times 100\%) / \text{força muscular pré} - 100$ . As análises foram realizadas no *software* Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versão 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA), adotando-se o nível de significância em 5%.

## RESULTADOS

As voluntárias tinham  $67,8 \pm 3,8$  kg de peso corporal,  $1,63 \pm 0,05$  m de altura e IMC de  $25,7 \pm 1,4$  kg/m<sup>2</sup>. As idades de cada participante e as forças musculares isotônica e isométrica de quadríceps em resposta ao FML e a EENM estão apresentadas na Tabela 1. O FML foi instituído no membro inferior esquerdo de quatro voluntárias e no membro inferior direito das outras quatro, sendo a EENM aplicada no membro oposto.

Na avaliação inicial, não se observaram diferenças entre o membro inferior que seria treinado com o FML e o membro que receberia a aplicação da EENM, nem quanto à força muscular isotônica ( $10,8 \pm 2,5$  *versus*  $10,1 \pm 1,4$  kg;  $p = 0,305$ ) ou quanto à força muscular isométrica ( $27,9 \pm 4,7$  *versus*  $28,6 \pm 3,9$  kgf;  $p = 0,409$ ) de quadríceps.

Houve alteração significativa na força muscular isotônica de quadríceps tanto através do programa de FML (pré:  $10,8 \pm 2,5$  *versus* pós:  $14,9 \pm 2,3$  kg), quanto com a EENM (pré:  $10,1 \pm 1,4$  *versus* pós:  $12,8 \pm 1,4$  kg) (Figura 1). O aumento com o FML foi de 38,4% e com a EENM de 25,9%.

O programa de FML (pré:  $27,9 \pm 4,7$  *versus* pós:  $32,7 \pm 7,0$  kgf;  $p = 0,126$ ) e a EENM (pré:  $28,6 \pm 3,9$  *versus* pós:

**Tabela 1.** Valores individuais quanto à idade e à força muscular de quadríceps em resposta ao FML e a EENM

Voluntária	Idade (anos)	Força isotônica (kg)				Força isométrica (kgf)			
		FML		EENM		FML		EENM	
		Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
1	65	15	19	12	14	35	45	36	44
2	73	7	12	8	11	22	27	26	30
3	78	12	16	10	13	31	40	29	37
4	66	10	15	9	13	31	35	29	32
5	72	9	14	10	13	21	24	23	25
6	65	12	16	12	15	27	29	28	30
7	65	9	12	10	11	27	32	31	34
8	70	12	15	10	12	29	31	28	31
Média	69,3	10,8	14,9	10,1	12,8	27,9	32,7	28,6	32,6
DP	4,8	2,5	2,3	1,4	1,4	4,7	7,0	3,9	5,5
Mín.-Máx.	65-78	7-15	12-19	8-12	11-15	21-35	24-45	23-36	25-44

FNL: fortalecimento muscular localizado; EENM: estimulação elétrica neuromuscular; pré: antes; pós: depois; DP: desvio-padrão; Mín.-Máx.: valores mínimo e máximo.

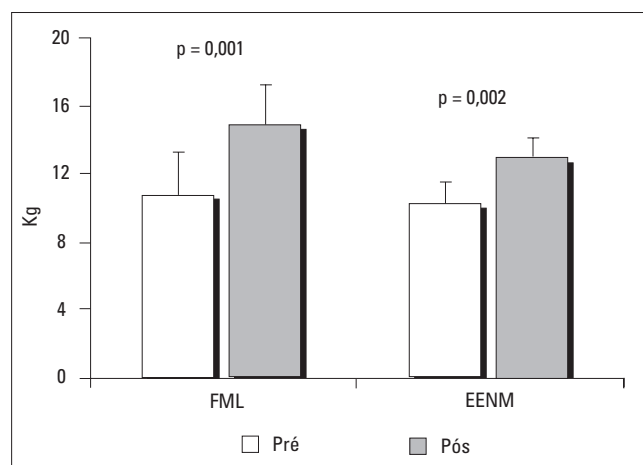


Figura 1. Efeitos do FML e da EENM na força muscular isotônica. Pré e pós: antes e depois dos programas de FML ou de EENM. Teste *t* de Student pareado

$32,6 \pm 5,5$  kgf;  $p = 0,062$ ) não promoveram diferenças significativas na força muscular isométrica de quadríceps femoral. Houve um incremento percentual de 17,5% por meio do FML e de 14% com a EENM.

Os efeitos dos programas de treinamento com o FML e com a EENM, na força muscular isotônica e isométrica de quadríceps femoral, foram comparados por intermédio do  $\Delta\%$ . Em relação às forças musculares isotônica, observou-se diferença significativa quando comparados o  $\Delta\%$  do FML ( $41,1 \pm 16,3\%$ ) com o  $\Delta\%$  da EENM ( $26,7 \pm 11,2\%$ ), demonstrando uma diferença de 14,4 unidades percentuais favorável ao programa de FML (Figura 2). No entanto, na força muscular isométrica não foram evidenciadas diferenças ( $p = 0,080$ ) quando comparados o  $\Delta\%$  do FML ( $17 \pm 8,4\%$ ) com o  $\Delta\%$  da EENM ( $13,7 \pm 6,4\%$ ).

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que tanto as utilizações de um programa de FML quanto de EENM promovem efeitos benéficos na força muscular

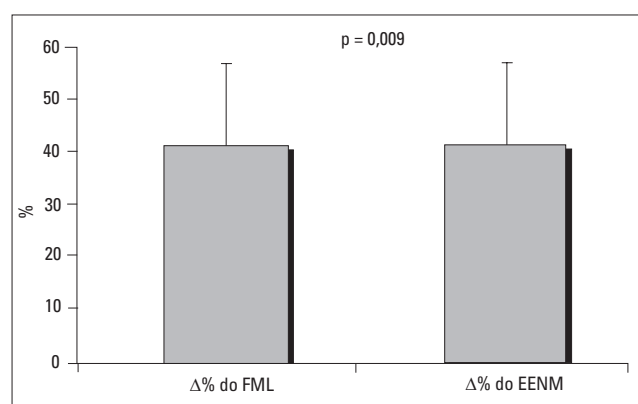


Figura 2. Comparação entre o FML e a EENM na força muscular isotônica pelo  $\Delta\%$ . Teste *t* de Student não-pareado

isotônica de quadríceps femoral. Os programas de treinamento sugerem o aumento da força muscular isométrica, entretanto, não se evidenciou valores significativos desta variável diante das intervenções. O programa de treinamento com FML se apresentou mais eficiente no aumento da força muscular isotônica que o programa com EENM.

Atualmente, há uma grande preocupação em manter os indivíduos idosos ativos durante o processo fisiológico de envelhecimento. Indivíduos idosos do sexo feminino recebem maior atenção por estarem mais propensos a declínio na integridade estrutural e na massa óssea, sendo estes os principais fatores que associados à ocorrência de quedas resultam fraturas e desenvolvem sérias incapacidades funcionais principalmente depois da menopausa<sup>4</sup>.

Em nosso estudo, tanto o FML quanto a EENM aumentaram a força muscular isotônica de quadríceps femoral que demonstra o potencial destas intervenções em mulheres idosas saudáveis. O treino de força muscular, principalmente dos membros inferiores, pode reduzir o risco de quedas e a severidade dos danos e também constitui uma terapia potencial para melhorar a habilidade funcional e a qualidade de vida<sup>3</sup>. De acordo com Castaneda *et al.*<sup>5</sup> e Seguin *et al.*<sup>6</sup>, o treinamento muscular promove aumento na força muscular isotônica, preserva a densidade óssea e mantém a independência e a vitalidade com o aumento da idade.

No estudo de Taaffe *et al.*<sup>4</sup>, com indivíduos de ambos os sexos e idades entre 65 e 79 anos, houve o incremento na força muscular de 37% a 42% em 24 semanas de treinamento muscular. Este resultado é semelhante aos observados em nosso estudo, no qual se registrou o incremento de 38,4% na força, no entanto, o período de treinamento proposto por nosso grupo foi de seis semanas. Estudos demonstram que os ganhos de força por meio de programas de EENM podem ser atribuídos aos aumentos da ativação muscular, da atividade eletromiográfica, ou seja, ativação neural<sup>10,11</sup> e da área de secção transversa anatômica<sup>10,12,14</sup>. Além disso, as adaptações neurais ocorrem nas primeiras quatro semanas de treinamento com estimulação elétrica e as alterações na massa muscular entre a 4<sup>a</sup> e a 8<sup>a</sup> semana<sup>10</sup>.

Em nosso estudo, os programas de FML e de EENM não promoveram diferenças estatísticas significativas na força isométrica, mesmo com a EENM sendo executada com contrações isométricas repetidas. A força isométrica em idosos é importante, entre outras razões, pela necessidade de manter-se em pé e segurar objetos, situações estas que podem estar limitadas em decorrência da redução da força muscular isométrica com o envelhecimento. A ausência de modificação na força isométrica pode ser justificada pelo reduzido período de intervenção e pela baixa frequência das sessões (duas sessões semanais) de FML e de EENM.

Na comparação entre os efeitos do FML com os da EENM, notou-se que o aumento da força muscular iso-



tônica produzido pelo FML foi maior que o da EENM. Esta diferença, favorável ao programa de FML, pode ser atribuída às características de movimentos isotônicos repetidos durante esta intervenção, ou seja, a especificidade do treinamento, já que o programa de EENM foi executado unicamente com contrações isométricas.

A perda de massa muscular com o envelhecer, resultando na fraqueza da musculatura periférica, tem despertado grande atenção, tanto de profissionais da saúde como de indústrias de alta tecnologia, na busca da atenuação deste processo. Tanto o programa de FML quanto o de EENM apresentaram efeitos positivos no incremento da força muscular isotônica. Nossos dados preliminares sugerem que existam vantagens no incremento da força muscular isotônica com a aplicação do programa de FML em relação ao uso da EENM, enquanto os programas de FML e de EENM apresentam efeitos semelhantes sobre a força muscular isométrica de quadríceps em mulheres idosas saudáveis. Entretanto, a EENM proporcionou aumento na força muscular isotônica e tendência de melhora na força muscular isométrica.

Estudos futuros devem envolver um maior número de indivíduos, distribuídos em grupos separados para cada modalidade de treinamento, o que evitaria a possibilidade de ocorrência da resposta consensual, ou seja, efeitos de treinamento na musculatura correspondente

do lado oposto ao treinado, uma vez que há controvérsias na literatura, pois Lemmer *et al.*<sup>18</sup> ao avaliarem o mecanismo de educação cruzada (resposta consensual) após período de treinamento de força unilateral de extensores de joelho em mulheres idosas não observaram esse efeito. Outros fatores a serem considerados são as diferentes modulações da EENM, a frequência das sessões e o acompanhamento por maiores períodos de tempo, bem como a análise de desfechos clínicos (quedas, fraturas etc.) e a influência de programas de EENM na melhora da qualidade de vida desta população.

Em conclusão, os nossos achados sugerem que programas de fortalecimento muscular envolvendo a utilização de EENM podem ser oferecidos a pessoas idosas saudáveis, entretanto, mais evidências científicas devem ser buscadas quanto a indicações e a prescrição da EENM a esta população. Mesmo com melhores respostas pelo programa de FML, a EENM promoveu incrementos na força isotônica e pode ser considerada como uma estratégia para a melhora na força muscular em idosos ativos e, possivelmente, a idosos restritos ao leito ou ao domicílio. Este método pode ser uma alternativa de pré-condicionamento, anterior a um programa de treinamento físico regular, a ser oferecido a indivíduos idosos impossibilitados de sustentar um nível mínimo de esforço físico.

## REFERÊNCIAS

1. Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing*. 1994; 23(5):371-7.
2. Freedson P, Gilliam T, Mahoney T, Maliszewski AF, Kastango K. Industrial torque levels by age group and gender. In: Brown LE, editor. *Isokinetics in human performance*. California: Human Kinetics, 2000. p. 339-57.
3. Borges O. Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20 to 70. *Scan J Rehab Med*. 1989;21(1):45-53.
4. Taaffe D, Duret C, Wheeler S, Robert M. Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 1999;47(10):1208-14.
5. Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2002;25(12):2335-41.
6. Seguin R, Nelson ME. The benefits of strength training for older adults. *Am J Prev Med*. 2003;25(3 Suppl 2):141-49.
7. Takahashi K, Takahashi HE, Nakadaira H, Yamamoto M. Different changes of quantity due to aging in the psoas major and quadriceps femoris muscles in women. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2006;6(2):201-5.
8. Suominen H. Muscle training for bone strength. *Aging Clin Exp Res*. 2006;18(2):85-93.
9. Bax L, Staes F, Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med*. 2005;35(3):191-212.
10. Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(8):1291-9.
11. Maffiuletti NA, Pensini M, Martin A. Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *J Appl Physiol*. 2002;92(4):1383-92.
12. Kern H, Salmons S, Mayr W, Rossini K, Carraro U. Recovery of long-term denervated human muscles induced by electrical stimulation. *Muscle Nerve*. 2005;31(1):98-101.
13. Neder JA, Sword D, Ward SA, Mackay E, Cochrane LM, Clark CJ. Home based neuromuscular electrical stimulation as a new rehabilitative strategy for severely disabled patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Thorax*. 2002;57(4):333-7.
14. Quittan M, Wiesinger GF, Sturm B, Puig S, Mayr W, Sochor A, et al. Improvement of thigh muscles by neuromuscular electrical stimulation in patients with refractory heart failure: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80(3):206-14.
15. Pereira MIR, Gomes PSC. Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9(5):325-35.
16. Dreyer Neto CD, Schmidt G, Candotti CT, Loss JF, Zaro MA, Cervieri A et al. Desenvolvimento de uma plataforma de força em pedal de ciclismo. *Rev Bras Biomec*. 2001;2(3):39-44.
17. Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol*. 2006;97(2):165-173.
18. Lemmer JT, Hurlbut DE, Martel GF, Tracy BL, Ivey FM, Metter EJ, et al. Age and gender responses to strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(8):1505-12.