

Artigo Original

ELETROESTIMULAÇÃO E AQUECIMENTO ESPECÍFICO: ANÁLISE EXPERIMENTAL E COMPARATIVA NOS GANHOS DE FORÇA

Alex Souto Maior^{1,2,4}, Rodrigo Gonçalves de Campos Ferreira³

- 1- Programa de pós-graduação stricto sensu em Bioengenharia / UNIVAP - SP - Brasil.
- 2- LABAD - Laboratório Advice Master de Performance - RJ - Brasil.
- 3- Programa de pós-graduação lato sensu em Fisiologia do Exercício / UGF - RJ - Brasil.
- 4- Departamento de pós-graduação em Treinamento de Força / UGF - RJ - Brasil.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi investigar como reagem os indivíduos submetidos à aplicação prévia ao teste de 10 Repetições Máximas (RM) da Eletroestimulação (EE) e do aquecimento específico (AQ), comparando os ganhos de força e a percepção subjetiva de esforço (PSE) entre ambos. Foram utilizados 15 homens, voluntários, aparentemente saudáveis, com idade média entre 21 ± 3 anos, peso $70 \pm 9,1$ Kg, altura 172 ± 5 cm. Os indivíduos eram familiarizados, há mais de 6 meses, com o treinamento de força, exercitando-se pelo menos três vezes por semana. Os exercícios selecionados foram o *leg press* e o supino reto, tendo sido utilizado o teste 10 RM, como método de medida não invasiva da força muscular, e a EE, através de um aparelho de corrente russa (Advice Master – Brasil). A EE foi aplicada em cada indivíduo por 10 minutos (quadríceps e peitoral), antes do teste de 10 RM, em uma frequência de 50 Hz, relação de fase de 50%, com contrações de 30s e repouso de 20s, através de eletrodos de superfície. Para a realização do AQ foi adotada a realização de duas séries de 15 repetições (carga

moderada), com o intervalo de recuperação entre elas de 60 segundos. Os indivíduos realizavam, primeiramente, o teste de 10 RM após a aplicação da EE e, 48h após o 1º teste, realizavam o 2º teste com o AQ. A análise estatística foi realizada através do teste *t Student* pareado, sendo verificada a Correlação de Pearson entre as variáveis. Os resultados mostraram não haver diferença significativa entre a EE e o AQ prévio ao teste de 10 RM nos exercícios de supino reto (EE - $78,4 \pm 29,6$; AQ - $77,6 \pm 30$; $p=1,000$) e de *leg press* (EE - $317,8 \pm 101$; AQ - $317,8 \pm 94$; $p=0,53$), entretanto, a PSE mostrou aumento significativo no AQ em relação à EE ($p \leq 0,02$). Em ambas as situações, apresentaram ganhos de força de forma independente, tais como: 1) na EE, a produção de força ocorreu pelo maior impulso elétrico, que gera uma contração isométrica involuntária, em relação ao músculo contraído voluntariamente; e 2) no AQ, o aumento da redistribuição do sangue e o aumento da irrigação dos músculos garantem o suprimento de O_2 , que favorece o metabolismo muscular e a familiarização com o movimento específico do exercício.

Palavras-chave: Força Muscular, Eletroestimulação, Aquecimento Específico, Teste 10 RM.

Recebido em 16.12.2005. Aprovado em 16.01.2006.

ELECTROSTIMULATION AND SPECIFIC
WARMUP: EXPERIMENTAL AND COMPARATIVE
ANALYSIS OF GAINS IN STRENGTH

Abstract

The aim of this study was to investigate how individuals reacted when submitted to application of Electrostimulation (ES) and Specific Warm-up (SW) prior to the test of 10 Maximum Repetitions (MR), comparing the gains in strength and the subjective perception of strength (SPS) among both. 15 men were engaged, volunteers, apparently healthy, with an average age between 21 ± 3 years, weight 70 ± 9.1 Kg, height 172 ± 5 cm. The individuals were familiarized with the strength training for more than 6 months, exercising at least three times per week. The exercises selected were the leg press and the straight supine, the test of 10 MR having been used, as a method of non-invasive measurement of muscular strength, and the ES, through a Russian current apparatus (Advice Master - Brazil). The ES was applied to each individual for 10 minutes (quadriceps and pectoral), before the 10 MR test, in a frequency of 50 Hz, phase relation of 50%, with contractions of 30s and repose of 20s, through surface electrodes. For the execution of the SW the realization of two series

of 15 repetitions (moderate load) was adopted, with a recuperation interval of 60 seconds between them. The individual first carried out the 10 MR test after the application of the ES and, 48 hours after the first test, carried out the second test with the SW. The statistical analysis was realized through the t-student parallel test, the Correlation of Pearson being verified between the variables. The results show that there was not a significant difference between the ES and the SW previous to the test of 10 MR in the straight supine exercises (ES - 78.4 ± 29.6 ; SW - 77.6 ± 30 ; $p=1,000$) and the leg press (ES - 317.8 ± 101 ; SW - 317.8 ± 94 ; $p=0.53$), however, the SPS showed a significant increase in SW in relation to ES ($p \leq 0.02$). In both situations, gains in strength were presented in an independent form, such as: 1) in the ES, the production of strength occurred with the greatest electrical impulse, which generated an involuntary isometric contraction, in relation to the voluntarily contracted muscle; and 2) in SW, the increase in redistribution of blood and the increase in the irrigation of muscles guaranteed O_2 , which favors muscular metabolism and familiarization with the specific movement of the exercise.

Key words: Muscular Strength, Electrostimulation, Specific Warm-up, 10 MR Test.

INTRODUÇÃO

A utilização da eletroestimulação (EE) é bem fundamentada em relação à reabilitação (Snyder-Mackler et al., 1991), porém, sua utilização para a *performance* de atletas e para a melhoria da qualidade de vida ainda é pouco estudada. Segundo Snyder-Mackler et al. (1991), há a possibilidade do uso da EE na reabilitação, após períodos de imobilização ou inatividade e no tratamento pós-cirúrgico de lesões ligamentares, atenuar as perdas de força em indivíduos que sofreram intervenção cirúrgica no ligamento cruzado anterior.

De acordo com Stefanovska e Vodovnik (1985), na eletroestimulação, a contração muscular não ocorre devido a um impulso comandado pelo sistema nervoso central (SNC), e sim, em função de um

estímulo elétrico não invasivo. Na visão de Cabric e Appell (1987), a eletroestimulação pode ser usada como método suplementar de força, uma vez que pode aumentar a força máxima estimada, a força voluntária, a velocidade do movimento e a resistência muscular. Em indivíduos saudáveis, após a utilização crônica de corrente elétrica, foram observados ganhos na força muscular de até 58,30% em relação à força inicial (Cabric et al., 1988). Entretanto, durante busca realizada em bancos de dados, como MEDLINE e LILACS, nada foi encontrado relacionando EE e o método proposto pelo estudo (aquecimento específico).

O estudo sobre a aplicação da EE, em relação ao treinamento desportivo, começou a ser realizado a partir da década de 70, na antiga União Soviética. Kotz e Chwilon (1971) publicaram estudos pioneiros com

a utilização de EE e observaram ganhos de força de até $56,1 \pm 5,9\%$, após 19 sessões de treinamento. A partir destes resultados obtidos, outros estudos foram orientados, buscando-se determinar a influência da utilização crônica de corrente elétrica sobre o ganho de força muscular (Eriksson et al., 1981; MCMiken et al., 1983). Os mecanismos responsáveis por esses ganhos de força ainda não estão totalmente elucidados.

Delitto et al. (1989) relatam que a frequência de estimulação é outro fator que interfere diretamente nos resultados observados. Baixas frequências (1-49Hz) tornam as fibras musculares mais lentas e resistentes. Já frequências médias (50-200Hz) e altas (>200Hz) podem causar elevação da força e da velocidade de contração da fibra muscular (Cabric e Appell, 1987; Rich, 1992). A EE causa um recrutamento preferencial das unidades motoras rápidas, o que pode favorecer a obtenção de ganhos de força muscular (Duchateau et al., 1988). Assim como no treinamento, a EE pode causar adaptações morfológicas ou neurais (Currier e Mann, 1983). Contudo, a temporalidade dessas adaptações deve ser determinada.

Em suma, o objetivo desse estudo é investigar como reagem os indivíduos submetidos à aplicação prévia ao teste de 10 Repetições Máximas (RM) da EE e do aquecimento específico, comparando os ganhos de força entre ambos.

METODOLOGIA

Sujeitos

A amostra do estudo foi composta por 15 homens, voluntários, aparentemente saudáveis, com idades médias entre 20 e 30 anos. A medida do peso corporal foi realizada através da balança digital, da marca Filizola, e a altura, através de um estadiômetro graduado em milímetros, da marca Sanny. Os indivíduos selecionados eram familiarizados há mais de seis meses com o treinamento de força, exercitando-se pelo menos três vezes por semana. Para otimizar os resultados da amostra, foram utilizados os seguintes critérios de exclusão para os indivíduos participantes do estudo: 1) portadores de

cardiopatia; 2) portadores de lesões articulares nos últimos seis meses; 3) portadores de contratura muscular nos últimos seis meses; e 4) submissão a cirurgias articulares nos últimos 12 meses.

Antes da coleta de dados, todos responderam negativamente aos itens do questionário Par-Q e assinaram o Termo de Consentimento para Pesquisa com Seres Humanos, conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde do Brasil (Conselho Nacional de Saúde, 1996).

Instrumentos e testes

Foi utilizado, para a EE, um aparelho de corrente russa (Advice Master – Brasil), aplicado em cada indivíduo por 10 minutos antes do teste de 10 RM, em uma média frequência de 50 Hz, relação de fase de 50%, tempo de contração de 30s e tempo de repouso de 20s, através de eletrodos de superfície. Os grupamentos musculares recrutados foram quadríceps e peitoral e os exercícios selecionados, durante o teste de 10 RM, foram o *leg press* 45° e o supino reto HBL (halter barra longa). Na avaliação da força muscular, foi utilizado, como medida não invasiva e critério padrão de referência, o teste de 10 RM, a fim de objetivar a carga máxima para a realização do protocolo de treinamento. O teste de 10 RM foi realizado de acordo com as duas fases do treinamento: 1) pós-aplicação do EE; e 2) pós-aplicação do aquecimento específico. Para melhor realização do teste 10 RM, e para evitar possíveis escores errôneos, as fases do treinamento foram separadas em 48 h, minimizando possíveis acúmulos metabólicos residentes anteriormente, e, conseqüentemente, possíveis manipulações dos resultados. Para o aquecimento específico (AQ) foi adotada a realização de duas séries de 15 repetições (carga moderada), com o intervalo de recuperação entre elas de 60 segundos. O aquecimento específico apresenta as seguintes características: aumentar a capacidade coordenativa, aumentar a redistribuição do sangue e a irrigação dos músculos, garantindo suprimento de oxigênio, favorecendo, assim, o metabolismo muscular e a familiarização com o movimento específico do exercício (Sweet, 2001).

Os valores das cargas máximas no teste de 10 RM foram obtidos ao longo de três tentativas, quando o avaliado não conseguisse mais realizar o movimento completo de forma correta. Desse modo, validou-se, como carga máxima, a que foi obtida na última execução. A cada nova tentativa realizou-se adição de incrementos progressivos de 10 Kg, sendo dado um intervalo de três a cinco minutos entre cada tentativa. Contudo, objetivando reduzir a margem de erro durante a realização do teste, foram adotadas as seguintes estratégias:

a) instruções padronizadas foram oferecidas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente sobre toda a rotina que envolvia a coleta de dados;

b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução do exercício;

c) o avaliador estava atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento da medida, já que pequenas variações no posicionamento das articulações envolvidas na ação poderiam recrutar outros músculos, distanciando do foco específico da pesquisa, possibilitando interpretações errôneas dos escores obtidos;

d) estipulou-se uma posição fixa para o pé, evitando-se, assim, a diferenciação na angulação do tornozelo do mesmo indivíduo nos dois testes (somente no *leg press* 45°); e

e) para maior veracidade do teste, os indivíduos não tiveram conhecimento da carga de resistência durante os testes.

Protocolo de treinamento

Os indivíduos (n=15) foram testados através dos protocolos utilizados no estudo (EE e AQ). O exercício selecionado foi o agachamento bilateral no *smith machine*, para melhor discriminar a realização do exercício, tendo sido estabelecidas as seguintes etapas de execução: posição inicial e fase concêntrica. A fase excêntrica foi realizada a partir do final da fase concêntrica:

- Posição inicial - O indivíduo em pé, pernas paralelas, com um pequeno afastamento lateral, joelhos estendidos, braços alinhados com os ombros, segurando a barra com a carga do treinamento;

- Fase concêntrica - A partir da fase excêntrica (100° entre a perna e coxa), foi realizada a extensão completa dos joelhos e quadris.

O protocolo de treinamento ocorreu em dois dias. No 1º dia, os indivíduos foram submetidos à aplicação da EE e, logo após, realizaram o teste de 10 RM no *leg press* 45° e no supino reto HBL. No 2º dia, os indivíduos foram submetidos à realização do AQ e, logo após, realizaram o teste de 10 RM no *leg press* 45° e no supino reto HBL. No final de cada sessão de treinamento, os indivíduos respondiam em valores numéricos (de zero a 12) à percepção subjetiva de esforço (PSE). As sessões dos testes foram separadas por 48 h entre elas. É importante ressaltar que os indivíduos foram comparados com eles mesmos, ou seja, todos realizaram a EE e o aquecimento específico, tendo sido verificado o comportamento do deslocamento de carga.

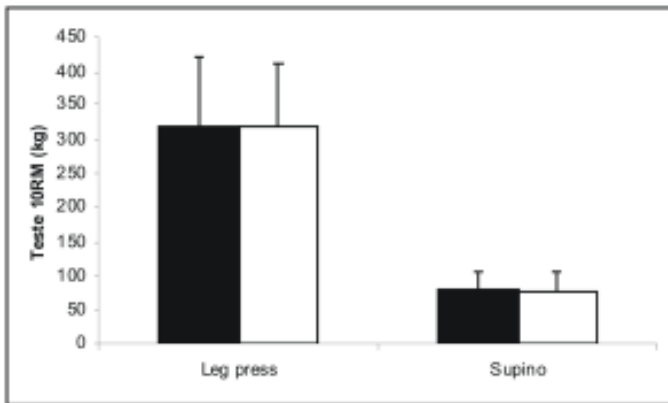
Análise estatística

Todos os resultados foram expressos em média e desvio padrão (média±SD), através do *software* SPSS. Para realizar a análise comparativa entre o EE e o AQ, foi adotado o teste *t Student* para as medidas do teste de 10 RM e PSE e, como verificação da correlação, foi utilizada a Correlação de Pearson. Foi adotado para os dois testes o nível de significância de 95% durante a análise estatística.

RESULTADOS

Os resultados mostraram não haver diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre a EE e o AQ (FIGURA 1) prévio ao teste de 10 RM nos exercícios de supino reto (EE - 78,4± 29,6 Kg; AQ - 77,6± 30 Kg; $p \leq 1,000$) e de *leg press* (EE - 317,8± 101 Kg; AQ - 317,8± 94 Kg; $p \leq 0,53$). Porém, a correlação mostrou-se extremamente alta (FIGURA 2). Em relação à PSE (FIGURA 3), em ambos os testes (EE e AQ), foram registrados valores próximos ao absoluto, quando foi verificada diferença significativa entre as variáveis ($p \leq 0,02$).

FIGURA 1
MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA ANÁLISE
DAS VARIÁVEIS



Barra Preta – Eletroestimulação (EE); Barra clara – Aquecimento específico (AQ).

FIGURA 2
CORRELAÇÃO EE/AQ EM RELAÇÃO AOS
EXERCÍCIOS ANALISADOS

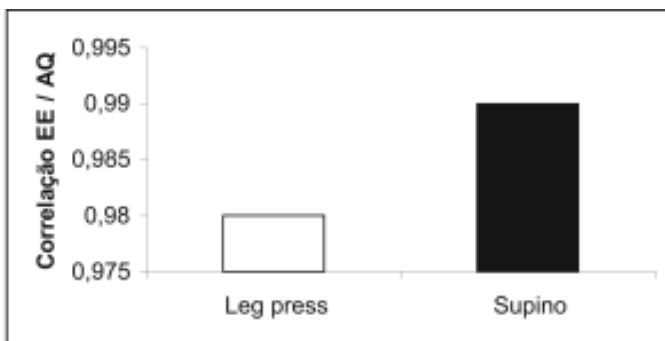
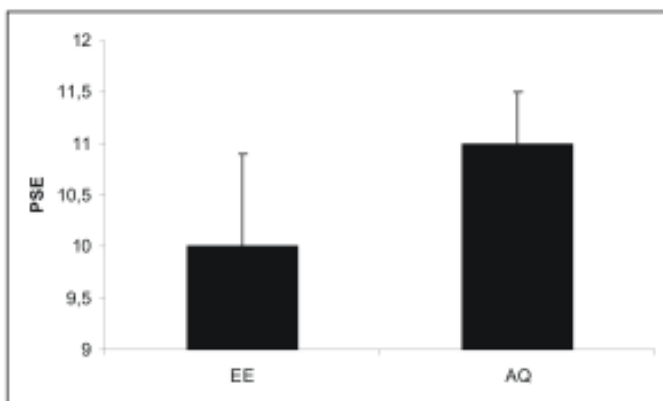


FIGURA 3
MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA PSE EM CADA
SITUAÇÃO DO TESTE



EE – Eletroestimulação; AQ – Aquecimento específico. * $p \leq 0,02$

DISCUSSÃO

Os resultados do estudo não mostraram diferença significativa na relação EE/AQ pós-teste 10 RM (*leg press* – $r = 0,98$; supino – $r = 0,99$). Entretanto, durante a utilização da EE, é percebido o aumento da força muscular pela tensão mecânica desenvolvida durante a contração através do estímulo elétrico. Este fato proporciona um esforço muscular através de suas sucessivas contrações (Rich, 1992).

Em relação à metodologia do estudo, é importante mencionar que, contrações musculares usadas para o aumento da força muscular ocorrem através de frequências entre 50-150 Hz (média frequência) (Low e Reed, 1995). Percebe-se, assim, que o fluxo de estímulos nos nervos motores serve, a princípio, para provocar contrações musculares, que promovem o fortalecimento das fibras musculares e a facilitação do controle muscular, através das mudanças positivas no metabolismo das fibras nervosas (Low e Reed, 1995; Robinson e Snyder-Mackler, 1995). Assim, o uso da EE de média frequência permitiu atingir uma maior intensidade (maior nível de amperagem), com menor resistência dérmica (menos sensação algica) em comparação à corrente de baixa frequência. Esta afirmação mostra que, com a intensidade da corrente aumentada, a contração aumenta em força (Alon, 1999; Currier e Mann, 1983). Selkowitz (1985) recomenda a frequência de 2500 HZ, modulada em 50 HZ, para justificar uma forte contração e agradabilidade para o indivíduo, método que corrobora esse estudo.

Uma das características desse estudo foi evitar a contração estimulada do músculo esquelético, contínua ou ininterrupta, fato que leva a uma fadiga muscular muito rápida ou à falta de força (Alon, 1999). Então, foi mantido um tempo hábil de repouso entre as contrações para a ressíntese do ATP (Adenosina Trifosfato) e seus respectivos substratos energéticos para um melhor tempo de contração (Currier e Mann, 1983).

Durante uma busca relacionando as duas variáveis estudadas (EE e AQ), não foi encontrado nenhum trabalho que as correlacione. Contudo, é importante mencionar que o AQ tem a capacidade de melhorar a coordenação, provocar uma redistribuição do sangue e o aumento da irrigação dos músculos, garantindo suprimento de oxigênio, favorecendo o metabolismo muscular em relação aos outros tipos

tradicionais de aquecimento (flexibilidade e aeróbio) (Sweet, 2001). Em relação à EE, ela apresenta um melhor efeito na produção da força e, em alguns exemplos, pode melhorar o controle de estimulação do motoneurônio e a contratilidade do músculo, sem afetar a hipertrofia. A influência direta da EE na força pode ser o resultado da alta estimulação nas fibras do tipo fibra muscular II b (por estar localizada mais superficialmente) em relação ao tipo fibra muscular II a (Singerl, 1986).

Segundo Matheson e Gordon (1997), a característica para desenvolvimento de força com a utilização de EE é dividida em três fases: 1) o diâmetro do axônio motor, por meio das grandes unidades motoras, apresenta uma excitabilidade alta com a EE; 2) o impulso repentino da corrente da EE; e 3) os eletrodos cutâneos da EE parecem inibir pequenas unidades motoras, não significando, entretanto, que as fibras do tipo I não se contraíram, mas que apresentaram um baixo padrão de recrutamento.

A PSE é muito utilizada em atividades aeróbias contínuas, sendo pouco usual no treinamento de força. No entanto, alguns dados demonstram que a PSE pode refletir a intensidade do exercício de força principalmente em relação à fadiga periférica (Simão et al., 2005). Gearhart et al. (2002) concluem que a PSE é mais eficiente em exercícios que envolvam muitas repetições. Mesmo o presente estudo não apresentando um número elevado de repetições, optou-se por utilizar essa variável para verificar a possível influência no grau de esforço entre os dois grupos (EE e AQ). Os resultados do estudo demonstraram aumento significativo no AQ em relação ao EE ($P < 0,02$). Uma das possíveis

explicações para este resultado é o fato das contrações com EE gerarem impulsos de qualidade consistente e elevado aos músculos recrutados, sem induzir à fadiga cardiovascular e psicológica, contribuindo com resultados melhores e mais seguros no desempenho do músculo, se comparados ao treinamento voluntário sozinho (Selkowitz, 1985).

CONCLUSÃO

Em ambos os casos, foram detectados ganhos de força de forma independente, tais como: 1) na EE, a produção de força ocorreu pelo maior impulso elétrico, que gera uma contração isométrica involuntária em relação ao músculo a ser contraído voluntariamente; e 2) no AQ, o aumento da redistribuição do sangue e o aumento da irrigação dos músculos garantem o suprimento de O_2 , favorecendo o metabolismo muscular e a familiarização com o movimento específico do exercício. Também, a variabilidade de alguns fatores fisiológicos e metodológicos pode ter favorecido a não-significância dos dados coletados, dentre os quais podemos destacar a velocidade de execução, a capacidade de ativação neural, a estabilização postural, a modulação aferente, a redução da atividade do antagonista, a motivação e o tipo de fibra muscular envolvida.

Endereço para correspondência:

Rua Desenhista Luís Guimarães, 260 - apto. 601
Barra da Tijuca - Rio de Janeiro - Brasil
CEP: 22790-000
e-mail: alex.bioengenharia@terra.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALON G. The principles of the electrical stimulation. In: NELSON RM, HAYES KW, CURRIER DP. Clinical Electrotherapy. 3ª ed. Standford: Aplleton & Lange, 1999.
- CABRIC M, APPELL HJ. Effect of electrical stimulation of high and low frequency on maximum isometric force and some morphological characteristics in men. Int J Sports Med 1987; 8(4): 256-60.
- CABRIC M, APPELL HJ, RESICA. Fine structural changes in electrostimulated human skeletal muscle. Evidence for predominant effects on fast muscle fibres. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1988; 57(1):1-5.

- CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Resolução para pesquisa com seres humanos, 1996.
- CURRIER DP, MANN R. Muscular Strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Physical Therapy* 1983; 63:915-21.
- DELITTO A, BROWN M, STRUBE MJ, ROSE SJ, LEHMAN RC. Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: a single subject experiment. *Int J Sports Med* 1989; 10(3):187-91.
- DUCHATEAU J, HAINAUT K. Training effects of sub-maximal electrostimulation in a human muscle. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20(1):99-104.
- ERIKSSON E, HAGGMARK T, KIESSLING KH, KARLSSON J. Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *Int J Sports Med* 1981 2(1):18-22.
- GEARHART RE, GOSS FL, LAGALLY KM, JAKICIC JM, GALLAGHER J, GALLAGHER KI et al. Ratings of perceived exertion in active muscle during high-intensity and low-intensity resistance exercise. *J Strength Cond Res* 2002; 16(1): 87-91.
- KOTZ YM, CHWILON BA. Entraînement de la force musculaire par la méthode d'électrostimulation. *Teorija i praktika fiseskoi kul'tury (tradução do russo)* 1971; 4: 66-73.
- LOW J, REEDA. *Eletrotherapy Explained : Principles and Practice*. 2ª ed. EUA: Butterworth-Heinemann Medical, 1995.
- MATHESON G, GORDON O. Force output and energy metabolism during neuromuscular electrical stimulation: A P-NMR study. *Scan J Rehab Med* 1997; 29: 175-80.
- McMIKEN DF, TODD-SMITH M, THOMPSON C. Strengthening of human quadriceps muscles by cutaneous electrical stimulation. *Scand J Rehabil Med* 1983; 15(1): 25-8.
- RICH NC. Strength training via high frequency electrical stimulation. *J Sports Med Phys Fitness* 1992; 32(1): 19-25.
- ROBINSONAJ, SNYDER-MACKLER L. *Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and Electrophysiologic Testing* . 2ª ed. EUA: Williams & Wilkins Press, 1995.
- SELKOWITZ DM. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Physical Therapy* 1985; 65(2):152-9.
- SIMÃO R, FARINATTI PTV, POLITO MD, SOUTO MAIOR A, FLECK SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *J Strength Condit Research* 2005; 19(1): 152-6.
- SINGER B. Functional electrical stimulation of the extremities in the neurological patient: a brief review. *Aust J Physiother* 1986; 33: 33-42.
- SNYDER-MACKLER L, LADIN Z, SCHEPSIS AA, YOUNG JC. Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstring muscles on gait and on strength of the thigh muscles. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73(7): 1025-36.
- STEFANOVSKA A, VODOVNIK L. Change in muscle force following electrical stimulation. Dependence on stimulation waveform and frequency. *Scand J Rehabil Med* 1985; 17(3): 141-6.
- SWEET S. Warm-up or no warm-up. *Journal Strength Cond. Res* 2001; 23(6): 36.