

Protocolo de ativação muscular com estimulação magnética de baixa frequência

Protocol of muscle activation with low magnetic stimulation

Ronney Jorge de Souza Raimundo*
Joaquim Pereira Brasil Neto**

Resumo

Introdução – A estimulação magnética transcraniana (E.M.T) tem sido muito estudada recentemente. As aplicações de estimulação magnética (E.M) diretamente no músculo estriado esquelético, por outro lado, têm sido objeto de poucos estudos. Como os experimentos de Bickford em músculos humanos comprovaram ocorrência de contração muscular, hipotetizou-se que a estimulação direta do músculo com repetições frequentes levará a movimentos semelhantes ao exercício voluntário com possível ganho de força muscular. Sendo assim, decidiu-se verificar a possibilidade de simular a contração muscular voluntária com a A.M^{1,8,10-11}, e se é possível substituir a NMES (Estimulação Neuro Muscular) pela E.M para aplicações musculares. **Material e Métodos** – Foram selecionadas sete voluntárias, sedentárias e sem disfunções músculo-esqueléticas. após avaliação da resistência máxima com dinamômetro digital, as voluntárias foram submetidas a 10 sessões de E.M com intensidade de 35% da potência total do aparelho diretamente no músculo bíceps braquial. **Resultados** – Após os movimentos involuntários induzidos pela E.M. os sujeitos relataram todas as sensações que geralmente seguem o exercício físico; ocorreu ganho de força significativo ($p < 0,05$) em todas as voluntárias. **Conclusão** – A E.M é capaz de reproduzir um padrão de contrações musculares isotônicas repetidas semelhantes às contrações voluntárias; a E.M é de fácil aplicação, não sendo necessário localizar o ponto motor; a E.M é bem tolerada, o protocolo de E.M proposto pode ser intensificado se estiver disponível equipamento de E.M de alta frequência, com refrigeração. O padrão motor produzido pela E.M difere daquele provocado pela NMES oferecendo a possibilidade de associação das duas técnicas em pacientes.

Palavras-chave: Terapia por estimulação elétrica; Músculo esquelético; Eletromagnetismo

Abstract

Introduction – Transcranial magnetic stimulation (MS) has been widely studied in the past few years. Reports of muscular MS, with stimuli directly applied over skeletal muscles, however, are still rare. Since the studies carried out by Bickford in the human muscle have demonstrated the induction of muscle contractions, we have hypothesised that MS, frequently applied to skeletal muscles, might lead to increases in muscle strength. We have tested the possibility of simulating normal voluntary contractions through the use of MS; the potential use of MS as a substitute for electrical stimulation was also considered. **Material and Methods** – Seven healthy volunteers, sedentary and without muscular diseases, were enrolled in the study. After determination of maximal strength with a digital handheld dynamometer, all volunteers underwent 10 MS sessions, with stimuli at 35% of maximal stimulator output applied directly over the biceps muscle. **Results** – After involuntary movements induced by MS, subjects reported all the subjective sensations that usually follow voluntary exercise; there was a significant ($p < 0.05$) increase in muscle strength in all volunteers. **Conclusion** – We have concluded that: MS is capable of inducing a pattern of repetitive isotonic contractions similar to voluntary isotonic exercise; MS is easily applied, and there is no need for locating the motor point, MS is very well tolerated the MS protocol may be intensified by use of a high-frequency stimulator, with a built-in cooling system; the motor pattern produced by MS is different from that induced by electrical stimulation, and this suggests a possible advantage in the combined use of these techniques in patients.

Key words: Electric stimulation therapy; Muscle, skeletal; Electromagnetics

Introdução

O eletromagnetismo é um fenômeno bastante conhecido¹⁹ através de experiências nas quais duas espirais metálicas (bobinas) eram aproximadas, induzindo-se

corrente numa delas, constatava-se a indução de corrente para a seguinte, demonstrando que cargas elétricas em movimento eram capazes de gerar um campo magnético. Percebeu-se igualmente, pela lei da indução mútua, que a variação de um campo magnético

* Fisioterapeuta. Coordenador do Curso de Fisioterapia da Universidade Paulista (UNIP), Campus Brasília. Especialista em Ortopedia e Traumatologia pela Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac). Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade de Brasília (UnB). E-mail: Ronney.Jorge@terra.com.br

** Médico. Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pós-Doutorado no National Institutes of Health, EUA.

induzia a produção de corrente elétrica em meios condutores.

A estimulação magnética (eddy-current) vem sendo utilizada de modo crescente como uma ferramenta de diagnóstico e de pesquisa, seguindo a demonstração clínica de estimulação de nervo periférico e estimulação do cérebro humano. A era moderna de estimulação magnética foi inaugurada por Bickford em 1965, o qual foi capaz de provocar contrações de músculos esqueléticos em rãs, coelhos e voluntários humanos utilizando um campo magnético em pulsos. Nos seis voluntários humanos, as contrações foram obtidas nos músculos inervados pelos nervos ulnar, fibular e ciático¹⁹.

As aplicações de estímulos magnéticos diretamente no músculo estriado esquelético têm sido pouco estudadas, tendo em vista que a estimulação magnética transcraniana vem sendo muito mais explorada. Como os experimentos de Bickford em músculos humanos comprovaram ocorrência de contração muscular, hipotetizou-se que a estimulação direta do músculo com repetições freqüentes levará a ganho de força muscular. Sendo assim, o objetivo foi o de verificar a possibilidade de se repetir os mesmos efeitos de contração muscular voluntária com a estimulação magnética, e se é possível substituir a NMES (Estimulação Neuro Muscular) pela estimulação magnética para aplicações musculares^{3-5,16,21}.

Material e Métodos

Fizeram parte deste estudo estudantes do Curso de Fisioterapia da Universidade Paulista (UNIP) em Brasília – DF. Foram selecionados 10 indivíduos sedentários do sexo feminino, com idade entre 18 e 33 anos, que tivessem predomínio de lateralidade de pelo menos 90% de um membro superior sobre o outro (segundo questionário de Edinburgh). Foram excluídos do grupo de pesquisa os voluntários que apresentassem alterações músculo-esqueléticas ou que não respeitassem o período de inatividade física durante o experimento.

A população foi selecionada seguindo critérios de padronização do grupo, como idade e sexo, o que facilitou a análise dos resultados, pois, por se tratar de um estudo experimental e inédito, a intenção foi de diminuir ao máximo o número de possíveis variáveis. Por ser o equipamento de baixa freqüência e não apresentar um sistema de resfriamento apropriado, não foram utilizados intensidades e tempos maiores, impossibilitando a utilização em uma amostra maior.

Antes do início das sessões de estimulação magnética, foi realizado o cálculo da Resistência Máxima (RM) dos voluntários, sendo repetida a mensuração da força novamente ao final das 10 sessões e após 30 dias decorridos da última sessão de estimulação magnética, seguindo os passos abaixo relacionados.

– A força foi medida por um dinamômetro digital modelo Lafayette Manual Muscle Test (MMT) System. Model 01163, Lafayette Instrument® (EUA)^{1,7,12,15, 17-18,20,22}

– Após sinal do avaliador (comando verbal), o

voluntário exercia força gradativa até atingir a contração máxima contra resistência do dinamômetro digital.

– Foram realizadas três avaliações da resistência máxima¹³⁻¹⁴ com o intervalo de 2 minutos entre elas, sempre no período vespertino e em ambiente climatizado, 48 horas antes do início das sessões de E.M.

– Após a avaliação inicial de força foram feitas mais duas avaliações; uma após as duas semanas de aplicação da estimulação magnética e a outra ocorreu trinta dias após a última sessão de estimulação realizada. A avaliação de força foi realizada nas duas mãos.

– Os dados registrados foram anotados em planilha de acompanhamento.

Os valores obtidos pela dinamometria foram submetidos ao teste Wilcoxon para pequenas amostras (Software SPSS-USA)

Para as sessões de estimulação magnética foram seguidos os passos abaixo descritos:

– O sujeito seguia a recomendação descrita na avaliação da RM.

– A bobina magnética (redonda) era posicionada sobre o músculo bíceps braquial do lado não dominante, com a parte redonda (geradora do estímulo) justaposta à pele do voluntário, sendo fixada por elástico e velcro.

– A estimulação foi realizada com um disparo por segundo na freqüência de 10 disparos seguidos para 10 segundos de descanso, em um tempo total de 20 minutos.

– Após os 20 minutos a estimulação magnética era interrompida, o aparelho desligado e a bobina retirada.

– Foram feitas 2 semanas de aplicações diárias, exceto sábados e domingos.

– Durante as 10 sessões foram utilizadas intensidades de 35% da potência máxima do aparelho.

Por se tratar de estudo envolvendo seres humanos, e ainda não ter sido aplicada estimulação magnética diretamente no músculo com fins de pesquisa, alguns critérios foram levados em consideração após a realização de um experimento piloto: a intensidade, por exemplo, foi a mínima capaz de provocar contração muscular sem produzir dor. O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade de Brasília.

Resultados

O Gráfico 1 mostra os valores máximos obtidos na primeira avaliação de força realizada nas voluntárias antes do início das sessões de estimulação magnética. Observa-se que, embora a média de força tenha sido de 12,71 kgf (Tabela 1), existe uma diferença substancial na voluntária nº 5, o que pode ter diminuído a média do grupo, mas não existe a necessidade da exclusão da voluntária pelo fato da mesma não apresentar disfunções músculo-esqueléticas.

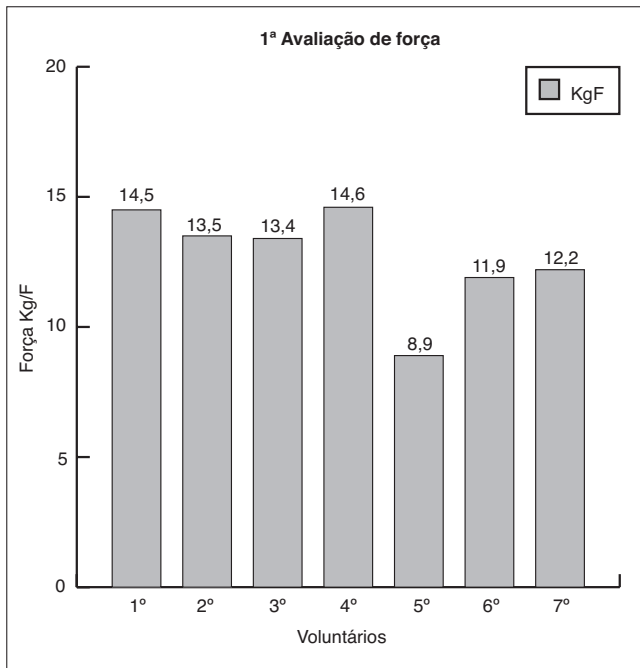


Gráfico 1. 1ª avaliação de força muscular das voluntárias

O Gráfico 2 apresenta os valores da segunda avaliação máxima de força alcançada após as 10 sessões de estimulação magnética. Observa-se que há um aumento de força em todas as voluntárias, o que pode ser comprovado comparando-se os valores médios da força na primeira e segunda avaliações (Tabela 1) esse valor passou de 12,71 (Kgf) para 13,91 (Kgf).

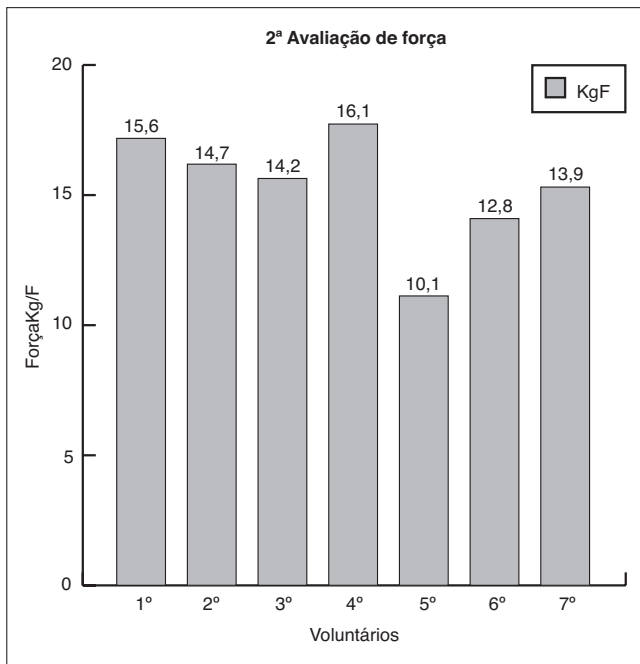


Gráfico 2. 2ª avaliação de força muscular (feita após as 10 sessões de E.M)

O Gráfico 3 mostra a avaliação de força máxima obtida 35 dias após o encerramento das sessões de estimulação magnética, o que evidenciou diminuição da média de força do grupo para 12,98 (Kgf) conforme Tabela 1.

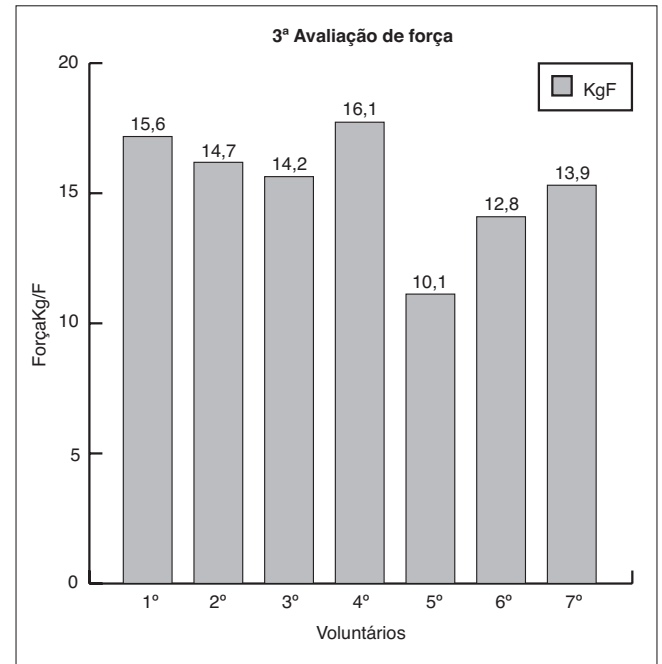


Gráfico 3. 3ª avaliação de força muscular (feita 35 dias após ter encerrada as sessões de E.M)

A Tabela 1 mostra a comparação das três avaliações de força realizada nas voluntárias, antes, durante e após as sessões de estimulação magnética, onde observa-se o ganho de força na segunda avaliação, comparando com a 1ª avaliação realizada antes das sessões de estimulação magnética e a 3ª avaliação após as sessões de estimulação magnética.

Tabela 1. Média de força e erro padrão

	Média de força (Kgf)	Erro padrão
1ª avaliação	12,71	0,75
2ª avaliação	13,91	0,76
3ª avaliação	12,98	0,75

O valor obtido de ganho de força foi de 1,20 (Kgf) em média, o que representa um significativo ganho de força quando os resultados são submetidos ao teste de avaliação estatística não paramétrica de Wilcoxon – para pequenas amostras, tendo um ganho significativo ($p < 0,05$).

O Gráfico 4 mostra o ganho de força das voluntárias em porcentagens, o que evidencia um ganho médio de força de 9,66% com relação à primeira medida.

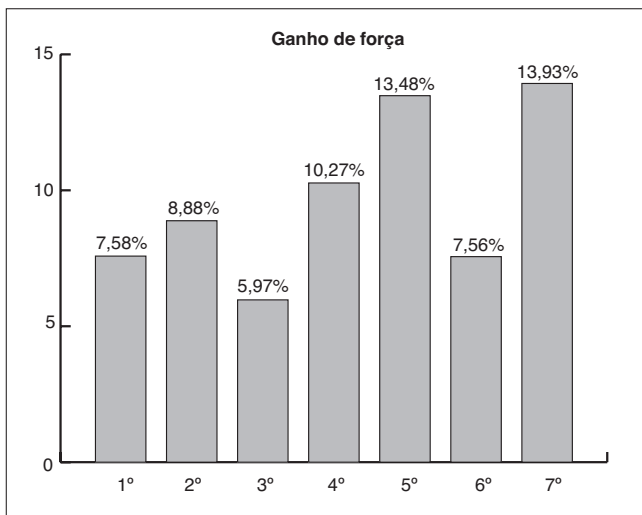


Gráfico 4. Ganho de força em porcentagens

Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo (Gráfico 2) demonstraram que houve um ganho de força significativo ($p < 0,05$) entre todas as voluntárias. Como a estimulação magnética foi aplicada em intensidades de 35% da potência máxima do aparelho para todas as voluntárias, ocorreu um ganho diferenciado entre elas, possivelmente por conta das variáveis não controladas de peso, altura e índice de massa corpórea das voluntárias. Guirro e Guirro¹⁰ (2002), em seus estudos com estimulação elétrica, aplicaram um aumento progressivo de 1 miliampère a cada 5 minutos de tempo, podendo assim aumentar a dose durante as sessões de estimulação elétrica. Na incapacidade de se aumentar as intensidades de estímulos magnéticos durante a sessão para as voluntárias (o aparelho não suporta intensidades mais elevadas por não possuir um sistema de resfriamento adequado da bobina) a intensidade foi mantida a mesma, podendo ter sofrido atenuações diferentes entre as voluntárias como peso e índice de massa corpórea. A voluntária nº 3 apresentou um ganho de força menor do que as demais, o que determinou uma diminuição da média de força do grupo, podendo a voluntária estar apresentando alterações músculo-esqueléticas sem sinais clínicos; alternativamente, este fato pode corresponder a erro de coleta.

Nos estudos de estimulação elétrica de Araújo³ (1996) e Guirro¹¹ (2000), a dor foi o fator limitante para determinar a intensidade de estímulo que cada voluntário recebeu, estabelecendo subjetividade com relação às possíveis variações na intensidade; os sujeitos que tinham maior tolerância à dor receberam intensidades elevadas e aqueles que não tinham tolerância à dor receberam menor intensidade de estimulação, o que não ocorreu na E.M, onde não existe relato de dor provocada pelos estímulos durante as sessões. A dor não ocorreu, neste trabalho, mesmos nos testes experimentais quando cargas de 100% da intensidade do aparelho foram aplicadas em voluntários.

As voluntárias não relataram qualquer rejeição aos estímulos magnéticos, que foram tolerados por todas, o que facilitou a aplicação e desenvolvimento dos estudos.

Foi produzido, em todos os sujeitos, um padrão de movimento similar ao exercício voluntário com contrações isotônicas, sem a necessidade de localização do ponto motor. Ao contrário dos experimentos com estimulação elétrica, onde as contrações são isométricas⁶, as contrações produzidas pela estimulação magnética de baixa frequência, a 1 pulso por segundo são isotônicas.

Após as sessões, as voluntárias relataram sensações semelhantes às produzidas pelos exercícios físicos naturais (fadiga, ilusão de "peso" alterado entre os membros, intumescimento do músculo, aumento de rigidez muscular), o que comprova a hipótese inicial de que a estimulação magnética consegue simular os padrões de contração voluntária.

Em uma comparação entre a estimulação elétrica e estimulação magnética, pode-se relatar algumas vantagens; na estimulação elétrica os estímulos são dados ao nível máximo suportado pelo paciente (dor) o que gera desconforto, podendo ainda provocar descargas elétricas excessivas e/ou queimaduras. Há necessidade, também, de um meio de acoplamento dos eletrodos para passagem da corrente. Na estimulação magnética, não se necessita de gel acoplador, os estímulos são indolores e não há risco de queimaduras ou descargas elétricas.

Como o estímulo gerado pela bobina na estimulação magnética é de 1 disparo por segundo, não existe a possibilidade do voluntário realizar a contração voluntária simultaneamente ao aparelho, o que nos dá a certeza de que as aplicações foram realizadas com o voluntário totalmente em repouso. Isso assegura que o ganho de força foi proveniente da estimulação magnética, o que pode ser verificado pela 3ª avaliação (Gráfico 3), onde, sem as sessões de estimulação magnética, a força dos voluntários regredirá, estando todos afastados de atividade física durante este período.

Pode-se apontar algumas vantagens da E.M sobre a NMES: na E.M, o tempo de aplicação foi menor do que nos protocolos utilizados para estimulação elétrica, a intensidade do aparelho fixada em 35% da potência máxima para todas as pacientes determinou um ganho de força significativo, o que pode reforçar a hipótese de ganhos maiores com intensidades maiores dos estímulos, o número de sessões foi relativamente pequeno (10 sessões) se comparado ao protocolo de Guirro¹¹ (2000) que utilizou 15 sessões, facilidade no controle das variáveis tais como: dor, gel condutor para melhorar o contato, aumento constante das intensidades, contrações voluntárias simultâneas junto com a estimulação. E o importante relato das voluntárias de que não apareceram efeitos colaterais.

Conclusões

Pode-se concluir que:

1. O ganho de força através da estimulação elétrica já é do conhecimento e domínio científico; a estimulação

magnética, entretanto, ainda representa um universo a ser explorado: como o protocolo descrito para ganho de força muscular do bíceps braquial apresentou um ganho de força muscular significativo, esta mesma força apresenta uma tendência a aumentar com esse protocolo quando aplicado em intensidades maiores do que 35% da potência máxima do aparelho.

2. A E.M é capaz de reproduzir um padrão de contrações musculares isotônicas repetidas semelhantes às contrações voluntárias; a E.M é de fácil aplicação, não sendo necessário localizar o ponto motor; a E.M é bem tolerada; após os movimentos involuntários induzidos pela E.M os sujeitos relataram todas as sensações que geralmente seguem o exercício físico; ocorreu ganho de força significativo ($p < 0,05$) em todas as voluntárias; o

protocolo de E.M proposto pode ser intensificado se estiver disponível equipamento de E.M de alta frequência, com refrigeração; o padrão motor resultante da E.M difere daquele produzido pela NMES (isotônico e não isométrico) o que dá a possibilidade de associação das duas técnicas em pacientes.

3. Mais estudos se fazem necessários, com uma maior amostra e maior intensidade de estimulação, bem como com indivíduos que apresentem algum grau de perda motora.

4. O método de mensuração de força utilizado, com o dinamômetro digital, mostrou-se fidedigno e de fácil execução. Esse instrumento pode ter um papel mais importante na avaliação clínica diária, não se justificando a sua pouca difusão em nosso meio.

Referências

1. Andrews AW, Thomas MW, Bohannon RW. Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Phys Ther.* 1996;76(3):248-59.
2. Andrews JR, Harrelson GL, Wilk KE. Reabilitação física das lesões desportivas. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
3. Araújo RC. Estudo sobre o efeito da estimulação elétrica neuromuscular sobre a força muscular. *Reabilitar.* 1999;265-71.
4. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet.* 1985;1(8437):1106-7.
5. Brasil Neto JP. Estudos de fisiologia e plasticidade do sistema motor humano com a técnica de estimulação cortical magnética transcraniana [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1996.
6. Caporrino FA, Faloppa F, Santos JBG, Réssio C, Soares FHC, Nakachima LR, *et al.* Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar. *Rev Bras Ortop.* 1998;33(2):150-4.
7. Computer Instruction Manual. Draper, UT: Hogan Health; 1995.
8. Eriksson E, Haggmark T. Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. *Am J Sports Med.* 1979;7(3):169-71.
9. Evangelista AR. Estudo comparativo do uso da eletroestimulação na mulher associada com atividade física visando a melhora da performance muscular e redução do perímetro abdominal. *Fisioter Bras.* 2003;4(1):49-59.
10. Guirro ECO, Guirro RR. Fisioterapia dermatofuncional. 3ª ed. São Paulo: Manole; 2002.
11. Guirro R, Nunes CV, Davini R. Comparação dos efeitos de dois protocolos de estimulação elétrica neuromuscular sobre a força muscular isométrica do quadríceps. *Rev Fisioter Univ São Paulo.* 2000;7(1-2):10-5.
12. Hsieh CY, Phillips RB. Reliability of manual muscle testing with a computerized dynamometer. *J Manip Physiol Ther.* 1990;13(2):72-82.
13. Moreira D, Godoy JR, Júnior WS. Estudo sobre a realização da preensão palmar com a utilização do dinamômetro: considerações anatômicas e fisiológicas. *Fisioter Bras.* 2003;2(5):295-300.
14. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia.* 1971;9(1):97-113.

15. Pearn J. Two early dynamometers: an historical account of the earliest measurements to study human muscular strength. *J Neurol Sci.* 1978; 37(1-2):127-34.
16. Polson MJ, Baker AT, Freeston JL. Stimulation of nerve trunks with time varying magnetic fields. *Med Biol Eng Comput.* 1982;20(2):243-4.
17. Reese NB. Testes de função muscular e sensorial. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. p.369-408.
18. Robinson AJ, Snyder-Mackler L. Eletrofisiologia clínica – eletroterapia e teste eletrofisiológico. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2001. p.68, 105-8, 115-26, 137-47.
19. Silveira DAM. Estimulação magnética transcraniana repetitiva em epiléticos: uma nova possibilidade terapêutica [dissertação de mestrado]. Brasília: Universidade de Brasília, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; 2002.
20. Soderberg GL. Kinesiology: application to pathological motion. 2nd ed. Baltimore: Williams; 1997. p.1-27.
21. Thompson SP. A physiological effect of alternating magnetic fields. *Proc R Soc Lond B Biol Sci.* 1999;B82:39.
22. Wiles CM, Kami Y. The measurement of muscle strength in patients with peripheral neuromuscular disorders. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1983; 46(1):1006-13.

Recebido em 04/11/2006

Aceito em 12/12/2006