

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA:
CIÊNCIAS MÉDICAS**

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA FUNCIONAL NA
ATIVIDADE MUSCULAR DO MEMBRO AFETADO DE
PACIENTES PÓS-AVC: ESTUDO PILOTO**

Rodrigo Costa Schuster

2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA:
CIÊNCIAS MÉDICAS**

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA FUNCIONAL NA
ATIVIDADE MUSCULAR DO MEMBRO AFETADO DE
PACIENTES PÓS-AVC: ESTUDO PILOTO**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas, da Faculdade de Medicina de UFRGS.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Lorena Fagundes Chaves

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força para concretizar mais essa etapa.

A minha mãe, Nilda Maria que sempre fez de tudo para que eu pudesse estudar e conquistar o conhecimento, melhor herança que ela poderia me dar.

A meu pai, Dalmor que já não está mais presente em minha vida, mas que com certeza está me acompanhando e me direcionando nessa estrada, e que sentiria muito orgulho por essa minha conquista se pudesse vivenciá-la.

A minha avó, Nilda e a toda a minha família, tios e tias, que sempre, cada um de sua forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul por propiciar-me a oportunidade da realização deste curso.

A Universidade de Passo Fundo que oportunizou-me de fazer da minha profissão uma atividade prazerosa e que me faz buscar cada vez mais, incessantemente.

A minha excelente professora orientadora, Dra. Márcia Lorena Fagundes Chaves, que de uma maneira tranqüila e eficaz soube me conduzir até aqui, com sua sabedoria e atenção.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas da UFRGS pela contribuição científica e a oportunidade de desenvolver o meu conhecimento.

Ao atual vice-reitor de Pesquisa e Pós-Graduação da UPF, mas que no momento do meu ingresso no programa de pós-graduação, era o diretor da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, e ficou ao meu lado, me incentivou e se dispôs a brigar por mim para que conseguisse cursá-lo, Hugo Tourinho Filho, exemplo profissional a ser seguido hoje e sempre.

As minhas ex-alunas e atuais colegas, Cíntia De Sant e Vânia Dal Bosco que foram as primeiras pessoas que apostaram na idéia da minha pesquisa e realizaram sob minha orientação sua monografia como meu projeto piloto de uma forma excelente.

Aos meus ex-alunos e atuais colegas, Janaíne Cunha Polese, Daiane Mazzola e Igor Sander, que fizeram da minha idéia de pesquisa os seus projetos científicos durante a graduação, o que com o passar do tempo, fez com que nossa relação de professor-aluno se torna uma relação de amizade e admiração mútua, buscando os mesmos ideais científicos e profissionais.

Aos alunos Alana Piccoli, Josemara de Paula Rocha, Suelen Wegher de Oliveira, Claudiane Borges, Camila Vicari, Januário José Borges, Viviane Perin, Yolanda Seben, Regieri Montagner, Marina Maldaner, entre tantos outros que em algum momento acreditaram em mim e no meu trabalho e participaram comigo dessa pesquisa.

A duas fisioterapeutas iluminadas que conheci ainda na minha graduação,

peessoas que eu admiro demais e sempre serviram de exemplo para mim, as queridas amigas Janice Luísa Lukrafka Tartari e Sílvia Fagundes Lemos.

Aos amigos e colegas do mestrado, Erimara Dall’Agnol de Lima, Caren Schlottfeldt Fleck, Mara Rúbia Beltrame, José Basileu Caon Reolão, Senair Ambros, pelo companheirismo e apoio tanto no mestrado quanto no dia-a-dia na UPF.

A todos agradeço, profundamente, e dedico o resultado desse trabalho.

RESUMO

Introdução: Variados recursos são utilizados na reabilitação pós Acidente Vascular Encefálico (AVE). Todavia os dados apresentados não evidenciam que alguma intervenção fisioterápica em específico seja melhor que outra.

Objetivo: Avaliar os efeitos da Eletroestimulação Funcional na amplitude de movimento (ADM), força muscular, pressão plantar e independência funcional comparado a estimulação *sham* em indivíduos hemiparéticos crônicos.

Método: Trata-se de um estudo prospectivo, randomizado e controlado, composto por 10 indivíduos hemiparéticos pós AVE Isquêmico, com idade entre 30 e 80 anos de ambos os sexos. O grupo intervenção recebeu a aplicação do FES no músculo tibial anterior, 3 vezes por semana, por 4 semanas, durante 30 minutos. O grupo controle recebeu a aplicação de uma corrente elétrica *sham* no mesmo período. Todos os sujeitos receberam, adicionalmente, tratamento fisioterapêutico convencional. Os efeitos do tratamento foram avaliados por um observador cego para os seguintes desfechos: (1) grau de espasticidade, (2) tônus muscular, (3), força muscular de dorsiflexores e plantiflexores através do dinamômetro isocinético Biodex System Pro, (4) pressão plantar através do Sistema de baropodometria computadorizada- F-Scan™ versão 4.22 Windows 95 Tekscan e (5) independência funcional através da Medida de Independência Funcional (MIF).

Resultados: O grupo intervenção apresentou maiores valores de ADM de tornozelo em relação ao grupo controle, além de maior pressão plantar a região do antepé e maior escore na MIF. Comparando-se pré e pós tratamento no grupo intervenção, a ADM de dorsiflexão e plantiflexão ($p=0.0001$), força muscular de dorsiflexores ($p=0.023$) e escore da MIF ($p=0.001$) apresentaram maiores no período pós intervenção. No grupo controle, somente o escore da MIF apresentou diferença estatisticamente significativa entre pré e pós intervenção ($p=0.034$).

Conclusão: A EENM demonstrou aspectos eficazes em relação à estimulação *sham*, todavia, estudos adicionais com amostras maiores devem ser realizados para melhor investigar os efeitos destas correntes.

Palavras-chaves: Acidente cerebral vascular , hemiparesia, estimulação elétrica.

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviaturas da Revisão de Literatura

AVC – acidente vascular cerebral

AVD's – atividades de vida diária

SNC – sistema nervosa central

ECR – ensaio clínico randomizado

FES – estimulação elétrica funcional ou eletroestimulação funcional

OMS – organização mundial da saúde

AIT – ataque isquêmico transitório

HAS – hipertensão arterial sistêmica

Abreviaturas do Artigo em Inglês

WHO – world health organization

FES – functional electrical stimulation

RTT – repetitive task training

EMG-BFB – electromyography with biofeedback

ROM – range of motion

NIHSS – national institutes of health stroke scale

MAS – motor assessment scale

CT – tomography computed

MRI – resonance magnetic

FIM – functional independence measure

LISTA DE TABELAS

Table 1 – Demographic data of FES and Sham groups	47
Table 2 – Evaluation of the Joint Range of Movement and Muscle Strength: FES and Sham Groups (mean and standard deviation)	48
Table 3 – Evaluation of the Plantar Pressure of the 3 regions of the foot (anterior, middle, and posterior) of the FES and Sham groups (mean and standard deviation)	49
Table 4 – Functional Independence Measure of the FES and Sham groups (mean and standard deviation)	50
Table 5 – Comparison of the Pre- and Post-Intervention evaluations in the FES group (mean and standard deviation)	51

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas	07
Lista de Tabelas	08
1 - INTRODUÇÃO	11
2 - REVISÃO DE LITERATURA	14
<i>2.1 - Acidente Vascular Cerebral</i>	14
<i>2.2 - Estimulação Elétrica Funcional</i>	17
3 - REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA	20
4 – OBJETIVOS	25
<i>4.1 - Objetivo Geral</i>	25
<i>4.2 - Objetivos Específicos</i>	25
5 - ARTIGO EM INGLÊS:	26
Effect of the functional electrostimulation on the muscle activity of the affected lower limb in chronic stroke patients: a pilot study.	
<i>Abstract</i>	27
<i>Introduction</i>	29
<i>Methods</i>	32
<i>Statistical Analysis</i>	34
<i>Results</i>	34
- <i>Demographic data</i>	34
- <i>Evaluation of tests between groups FES and Sham</i>	34
- <i>Evaluation of tests at the Pre- and Post-Intervention Periods</i>	35
<i>Discussion</i>	35
- <i>Range of Movement</i>	36

- <i>Muscle Strength</i>	36
- Plantar Pressure	37
- <i>Functional Independence Measure (FIM)</i>	37
<i>Limitations of the Study</i>	38
<i>References</i>	39
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
7 - ANEXO	52
<i>Termo de Consentimento Informado</i>	52

1 INTRODUÇÃO

O AVC é um quadro neurológico agudo de origem vascular, caracterizado pelo rápido desenvolvimento de sinais clínicos como consequência de alterações locais ou globais da função cerebral com duração maior que 24 horas^{1,2}. Ele representa a segunda causa de morte em todo o mundo, excedido apenas pela doença cardíaca³. Apesar da alta incidência de mortalidade, observou-se ao longo dos anos que as médias de pacientes que evoluem para o óbito por AVC têm declinado lentamente, fazendo elevar-se a taxa de sobrevivência, sendo que atualmente em torno de 90% dos sobreviventes desenvolvem algum tipo de déficit neurológico e incapacidades residuais significativas, o que torna o AVC uma das principais causas de incapacitação entre os adultos^{3,4}.

O AVC freqüentemente acarreta seqüelas motoras e cognitivas importantes, que predispõe à instalação de deformidades, dor, alteração do equilíbrio e redução da capacidade funcional⁵. O AVC pode levar a distúrbios do campo espacial e visual, alterações na fala, hemiplegia, alterações na marcha, dificuldades nas AVD's e alterações de humor⁶.

Pacientes com seqüelas motoras de membros inferiores podem apresentar marcha com padrão ceifante, obrigando o indivíduo a realizar uma abdução exagerada do membro durante a fase de balanço, pois há uma dificuldade em flexionar o quadril e o joelho e em dorsifletir o pé⁷. A espasticidade de flexores plantares é característica, levando a um pé eqüinovaro⁸. Uma das metas do tratamento de reabilitação do paciente com alteração da marcha após AVC consiste em restaurar ou melhorar seu padrão de locomoção.

A incapacidade funcional é uma das seqüelas mais importantes em decorrência do AVC, aliado à diminuição da função cognitiva, indicando uma forte influência negativa na recuperação a longo prazo e na sobrevivência destes pacientes. Nesse sentido, a reabilitação após o AVC deve facilitar a capacidade de reorganização cerebral, aliando a recuperação espontânea com estímulos terapêuticos e do ambiente sócio-familiar.

A eletroestimulação é um recurso utilizado pela fisioterapia que possibilita a transmissão de sinais elétricos para os músculos, facilitando o movimento^{9,10}. Ela consiste na estimulação elétrica de um músculo privado de controle normal para produzir uma contração funcionalmente útil⁹. Esta estimulação despolariza o nervo motor, produzindo uma resposta sincrônica em todas as unidades motoras do músculo estimulado, melhorando seu trofismo¹⁰. Seu mecanismo de ação está intimamente ligado à facilitação dos mecanismos fisiológicos do músculo estriado (contração muscular), permitindo a entrada seletiva e repetitiva aferente até o SNC, ativando não só a musculatura local, mas também mecanismos reflexos necessários à reorganização da atividade motora^{9,10}. Além disso, o estímulo elétrico diminui o tônus do grupo muscular antagonista, pelo mecanismo de inibição recíproca^{5,9,10}.

Em países desenvolvidos, onde os pacientes têm acesso a serviços de reabilitação com maior facilidade, a eletroestimulação é utilizada com sucesso, podendo as sessões chegar a freqüências semanais bastante elevadas. Num estudo realizado na Eslovênia os pacientes eram atendidos numa freqüência de cinco vezes por semana, durante três semanas, por 30 a 60 minutos, em outro estudo realizado em Hong Kong, os pacientes também eram atendidos 5 vezes por semana, durante três semanas, com duração de 60 minutos, e em estudo realizado na Turquia, também ocorreu a aplicação durante 5 vezes por semana, por um período de 4 semanas, com duração de 10 minutos^{11,12,13}.

Numa meta-análise publicada em 1996, a eficácia da eletroestimulação neuromuscular na reabilitação de pacientes hemiparéticos pós AVC foi avaliada no universo de estudos encontrados na literatura internacional até aquele momento?. Foram incluídos os ensaios clínicos randomizados (ECR) entre 1978 e 1992. Somente quatro estudos preencheram os critérios de inclusão, sendo que eletroestimulação do músculo tibial anterior apenas dois (Merletti, 1978 e Levin, 1992). Foi observado, a partir dos dados destes dois estudos, que a eletroestimulação foi efetiva para a força muscular dos pacientes tratados. Como conclusão essa meta-análise sugere a utilização do FES como um recurso efetivo para promover a melhora da força muscular em pacientes pós-AVC¹². Bem mais recentemente foi publicado um ensaio clínico randomizado cujo objetivo foi avaliar o efeito da eletroestimulação neuromuscular no músculo tibial anterior de pacientes

com AVC combinada à fisioterapia convencional, este estudo não foi capaz de mostrar diferença significativa entre as duas estratégias de tratamento¹⁴.

Apesar de não existirem dados oficiais, sabe-se que no Brasil a frequência semanal de realização de fisioterapia é muito baixa. Normalmente, os pacientes com seqüelas de AVC comparecem à fisioterapia uma ou duas vezes por semana, o que inviabiliza a realização de um protocolo terapêutico nos moldes da literatura internacional. Além da baixa frequência semanal de fisioterapia, os pacientes que utilizam um serviço público são em sua maioria, provenientes de um nível sócio-econômico baixo, o que torna o transporte desses excessivamente dispendioso para a família, muitas vezes sendo o fator de desistência do tratamento.

Tendo em vista o pequeno número de estudos sobre o efeito da eletroestimulação e a importância da reabilitação do AVC, propôs-se nessa pesquisa avaliar o desempenho da eletroestimulação funcional na musculatura do membro inferior, pela sua importância no desempenho da marcha, em pacientes com seqüelas de AVC ainda mais se colocarmos dentro do contexto brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Acidente Vascular Cerebral

Segundo a OMS, o AVC é um sinal clínico de rápido desenvolvimento de perturbação focal na função cerebral, de suposta origem vascular e com mais de 24 horas de duração². Conforme a literatura específica, cerca de 80% a 87% dos casos são devidos à oclusão^{15,45}, seja por ateroma arterial ou êmbolos secundários, caracterizando o AVC isquêmico². Já no tipo hemorrágico ocorre um sangramento anormal, para as áreas extra vasculares do cérebro, em consequência de aneurisma ou trauma¹⁶. Quando os sintomas são focais e abruptos, com resolução espontânea nas primeiras 24 horas pode ser classificado como AIT¹⁷.

O AVC é a terceira patologia na lista de causas de morte na população, porém é a primeira causa de incapacidade¹⁸, o que causa um forte impacto econômico e social. Nos Estados Unidos, cerca de três milhões de pessoas sobrevivem por ano após ter sofrido o AVC, e aproximadamente 500.000 pessoas apresentam uma recidiva da doença, que constitui um alto risco de mortalidade ou dependência permanente¹⁹. Em 2002, resultou em 5,5 milhões de óbitos no mundo. Projeções para o ano de 2020 determinam um aumento crescente dos episódios nas populações de países em desenvolvimento²⁰. Na Coreia, estima-se que em 2006 houve 140.000 novos casos de AVC e este número alcançará 350.000 em 2030²¹. Nos Estados Unidos a incidência anual é 700.000 novos casos sendo que destes, 500.000 sobrevivem com algum tipo de seqüela²². No Brasil, o AVC é a principal causa de morte, correspondendo a 30% dos óbitos, alcançando no ano de 2005 o número de 90.006 mortes/ano²³.

Quanto aos fatores de risco, há uma chance de ocorrência da doença seis a sete vezes maior em hipertensos do que a população sem hipertensão arterial²⁴. Já os diabéticos possuem chance dobrada de desenvolver um AVC em ambos os sexos¹⁷. A aterosclerose, por sua vez, elucida a principal causa de doenças cerebrovasculares²⁴, sobretudo entre os diabéticos, que, em sua maioria,

apresentam alta incidência de HAS²⁵. Idade, cardiopatias, tabagismo, etilismo, sedentarismo e o uso de anticoncepcionais orais também podem estar relacionados com a ocorrência do AVC^{17,27}.

O quadro neurológico apresentado no AVC inclui os seguintes aspectos: déficits motores (maior prevalência), e em geral com envolvimento de face, membro superior e membro inferior contralaterais à lesão (hemiplegia); os déficits cognitivos, caracterizados pela presença de distúrbios de memória, atenção, orientação e depressão; déficits sensoriais, que pode variar de perda da sensibilidade primária a perdas mais complexas de percepção; déficits visuais, causando perda de visão monocular, hemianopsia homônima ou cegueira cortical e déficits de linguagem, caracterizados pela presença de afasias²⁸.

O déficit motor mais evidente pós-AVC é a hemiparesia²⁹. Esta leva à postura assimétrica, com menor suporte de peso no membro parético, interferindo na manutenção da postura, prejudicando o desenvolvimento das atividades funcionais⁰⁸. A hemiparesia atinge o controle motor voluntário do lado contralateral ao lesionado¹⁶.

O ato motor destes pacientes pode ser dificultado por déficit de sensibilidade, espasticidade, perda das reações de proteção, equilíbrio e endireitamento, movimentos sinérgicos associados e perda de movimentos seletivos. Essas condições não permitem o movimento coordenado com força muscular adequada para executar atividades referentes à alimentação, à marcha e outras³⁰.

Por ser uma doença do neurônio motor superior, os pacientes acometidos pelo AVC possuem espasticidade, caracterizada por um aumento dos movimentos abruptos do tendão, fenômeno do canivete e um aumento no tônus muscular nos músculos flexores do braço e extensores da perna³¹. É uma das principais seqüelas pós AVC, podendo acarretar dores, contraturas, diminuição da amplitude de movimento, além de acarretar dificuldades funcionais³².

A deambulação de sujeitos com hemiparesia espástica é característica, nela é verificada a flexão do membro superior e extensão do membro inferior no hemicorpo acometido. Assim, o peso não pode ser suportado completamente pelo membro inferior na fase de apoio e, na fase de balanço, é projetado para frente através de um movimento de circundução do quadril. Este padrão é conhecido como

marcha em ponto e vírgula ou ceifante³³.

A marcha ceifante caracteriza-se pela assimetria³⁴. O padrão de movimento é diverso e esta assimetria pode ter direção variada. Alguns pacientes possuem a fase de suporte simples e passos longos no membro não acometido, enquanto outros pacientes apresentam o padrão oposto³⁵. Adicionalmente, a deambulação ocorre de forma descoordenada, arritmica, desequilibrada e com alto gasto de energia, sendo assim deficiente³⁶.

Dentre os distúrbios nas variáveis da marcha hemiparética, pode-se destacar a alteração na distribuição da pressão plantar, que apresenta-se diminuída no membro inferior afetado³⁷, sendo que a menor pressão é apresentada pela região do antepé do membro inferior parético³⁸. Além disto, o indivíduo hemiparético exibe uma menor pressão plantar na região lateral do pé afetado, devido a fatores como: diminuição na potência motora, distúrbio da coordenação muscular, deficiência sensorial subclínica³⁹.

Esta transferência de peso diminuída para o hemicorpo hemiparético poderia ser justificada pela presença de um mecanismo protetor contra o desequilíbrio, na tentativa que o centro de gravidade não se desloque lateralmente³⁹.

Outra alteração decorrente do AVC é a fraqueza muscular, que reflete-se na perda de destreza e choque do hemicorpo parético⁴⁰, isso deve-se em parte à desorganização do comando descendente⁴¹. Há ainda incapacidade ou impedimento de gerar força muscular em graus normais⁴², devido a perda ou diminuição na atividade das unidades motoras, que reduzem em aproximadamente 50% entre o 21° e 61° mês após o AVC, e alterações fisiológicas no músculo parético, devido a diminuição da ativação física, desuso ou desnervação^{43,44}.

Estudos morfológicos dos músculos esqueléticos de pacientes hemiplégicos ou hemiparéticos têm sugerido que a atrofia muscular é consequência do desuso, da perda dos efeitos tróficos centrais, da atrofia neurogênica, do repouso excessivo no leito durante a fase aguda do AVC, da perda de unidades motoras, da alteração na ordem de recrutamento e do tempo de disparo das unidades motoras, da alteração na condução dos nervos periféricos e do estilo de vida sedentário^{44,46}.

As seqüelas acarretadas pelo AVC geralmente implicam em algum grau de dependência social ou econômica, principalmente no primeiro ano após o ictus.

Cerca de 30 a 40% dos sobreviventes são impedidos de retornarem ao trabalho, requerendo algum tipo de auxílio no desempenho de atividades cotidianas básicas⁴⁵.

2.2 Estimulação Elétrica Funcional

O uso da eletricidade como recurso terapêutico em reabilitação é antigo. O seu conhecimento nos tecidos data de 2.750 a.c., tal conhecimento deve-se ao estudo das propriedades elétricas do peixe-elétrico, as quais eram responsáveis por descarregar choques paralisantes⁴⁷. Já os romanos usavam as descargas elétricas do peixe-torpedo para o tratamento da gota e o alívio de dores de cabeça⁴⁸.

Ela tem sido praticada desde o século XVIII na fisioterapia, mais especificamente no tratamento de pacientes paralisados, envolvendo imobilização ou desuso e pacientes com contra-indicações para exercícios voluntários⁴⁹.

A técnica de eletroestimulação é formulada para intervir diretamente na dinâmica do controle sensoriomotor, restabelecendo o feedback proprioceptivo que está bloqueado nas tentativas de movimento muscular⁵⁰.

A estimulação elétrica funcional e a eletroestimulação neuromuscular se aplica somente quando o sistema nervoso periférico estiver íntegro (Unidade Motora = Neurônio + Fibra Nervosa Motora + Fibras Musculares). O corpo do moto neurônio multipolar está localizado na asa anterior da medula espinhal, de onde se projeta um axônio de grande diâmetro mielinizado através dos nervos periféricos até o músculo⁵¹.

A eletroestimulação neuromuscular de superfície e/ou estimulação elétrica funcional é a utilização de corrente elétrica externa e controlada aplicada na superfície cutânea, através de eletrodos adequados, com o objetivo de atingir um músculo ou um grupo muscular e/ou seus terminais nervosos, produzindo neles uma contração muscular⁵².

Cada músculo apresenta dois tipos de fibras, vermelhas ou tônicas (I) e brancas ou fásicas (II). As fibras do tipo I, fibras vermelhas, apresentam velocidade de contração lenta, maior capacidade de metabolismo aeróbio, grande quantidade de mitocôndrias e mioglobina. São responsáveis pela contração estática ou postural. As fibras do tipo II, fibras brancas, apresentam velocidade de contração rápida, um

metabolismo anaeróbio e pouca resistência à fadiga por serem pobres em hemoglobina. São encarregadas das contrações dinâmicas com movimentos breves e pouca força. Existe a possibilidade de conversão de unidades motoras de um para outro tipo. Esta plasticidade é fundamental para a adaptação às mudanças de trabalho ou atividades^{51, 53}.

Estudos desenvolvidos dão suporte à afirmação de que a eletroestimulação funcional pode fortalecer músculos normalmente inervados, tanto em sujeitos saudáveis⁵⁴, quanto naqueles que sofrem algum tipo de distúrbio que se relaciona com fraqueza e atrofia muscular⁵⁵. E, também, pode ser usada para assistência na coordenação motora⁵⁶.

A eletroestimulação funcional é uma técnica utilizada em Fisioterapia, que tem como objetivos principais a reeducação muscular, retardamento de atrofia, inibição temporária de espasticidade e a redução de contraturas e edemas⁵².

Ela está indicada basicamente para⁵⁷:

- a) restabelecimento da sensação de contração muscular (pós-operatória ou pós-traumática);
- b) aumento da força muscular para melhorar a estabilidade ativa de uma articulação;
- c) manter a condição do músculo (prevenção de atrofia);
- d) potencializar a força muscular;
- e) redução de edema.

As precauções e contra-indicações do uso da FES incluem⁵⁸:

- sobre a região torácica, porque a corrente pode interferir com a função dos órgãos vitais internos, incluindo o coração; complicações nas funções cardíacas, pulmonares e circulatórias;
- na região torácica de pacientes com marcapasso cardíaco de demanda, porque a corrente pode interferir com a atividade do marcapasso e pode levar à assistolia ou à fibrilação ventricular;
- em áreas de distúrbios vasculares periféricos, tais como trombose venosa ou tromboflebite, por causa do risco de embolia de liberação;

- sobre o tronco de mulheres grávidas, devido ao risco de induzir contrações uterinas que podem influenciar no desenvolvimento do feto;
- próximo a aparelhos de diatermia por causa do potencial de perda de controle dos parâmetros estimulados;
- em áreas de tecido adiposo excessivo, como em pacientes obesos, devido aos níveis de estimulação requeridos para ativar o músculo em tais pacientes levarem a reações autônomas adversas;
- em pacientes que são incapazes de fornecer *feedback* claro com relação ao nível de estimulação, tais como crianças, pacientes idosos ou indivíduos com distúrbios mentais.

Na eletroestimulação para o fortalecimento, as contrações devem ser tetânicas e no nível de torque mais alto, geralmente usado com intensidades de 60% da contração voluntária máxima⁵⁹. As contrações musculares tetânicas suaves são garantidas quando a frequência é ajustada no eletroestimulador em mais de 50 Hz^{59,60}. As fibras fásicas (tipo 2) de contração rápida, são recrutadas para acrescentar força muscular e rapidez ao movimento, possuem as melhores respostas quando se utiliza na eletroestimulação uma frequência na faixa de 50-75 Hz^{59,60}.

A efetividade da eletroestimulação foi avaliada em alguns estudos^{11,12,13,14} sendo apresentadas inúmeras metodologias de aplicação, diferindo tempo de acometimento da doença, período de aplicação da corrente, diferentes formas de comparação, entre outros⁶¹. Tem sido afirmada por seu efeito positivo na espasticidade, na amplitude de movimento^{62,63} e na força muscular¹² e mais recentemente, estudos têm focado o efeito da eletroestimulação funcional no controle motor¹¹.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA REVISÃO DE LITERATURA

1. Recommendations on stroke prevention, diagnosis, and therapy. Report of the WHO Task Force on Stroke and other Cerebrovascular Disorders. *Stroke*. 1989; 20:1407-1431.
2. Stokes M. *Neurologia para Fisioterapeutas*. São Paulo: Premier, 2000.
3. Chaves MLF. Acidente Vascular Encefálico: conceituação e fatores de risco. *Rev Bras Hipertens*. 2000;7:372-82.
4. Makiyama TY, Battistella LR, Litvoc J, Martins LC - Estudo sobre a qualidade de vida de pacientes hemiplégicos por acidente vascular cerebral e de seus cuidadores. *Acta Fisiátrica*. 2004;11:106-9.
5. Baron CE, Mattos PM, Alves DPL, Lianza S. Avaliação da efetividade da palmilha FES na marcha de pacientes hemiplégicos. *Fisioter Bras*. 2003;4:243-6.
6. Pinheiro GA, Costa AGM, Araújo EPR, Rodrigues TA, Barbosa TPA. *A neurologia que todo médico deve saber*. São Paulo: Ateneu,2003.
7. Rowland LP. *Tratado de neurologia*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1997.
8. Edwards S. *Fisioterapia neurológica: uma abordagem centrada na resolução de problemas*. Porto Alegre:Artmed,1999.
9. Martins FLM, Guimarães LHCT, Vitorino DFM, Souza LCF. Eficácia da eletroestimulação funcional na amplitude de movimento de dorsiflexão de hemiparéticos. *Rev Neurocienc*. 2004;12:103-9.
10. Soetanto D, Kuo C, Babic D. Stabilization of human standing posture using functional neuromuscular stimulation. *J Biomec*. 2001;34:589-97.
11. Chae J, Bethoux F, Bohinc T, Dobos L, Davis T, Friedl A. Neuromuscular stimulation for upper extremity motor and functional recovery in acute hemiplegia. *Stroke*. 1998;29:975-9.
12. Glanz M, Klamansky S, Stason W, Berkey C, Chalmers TC. Functional eletrostimulation in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996;77:549-553.

13. Bogataj U, Gros N, Kljajic M, Acimovic R, Malezic M. The rehabilitation of gait in patients with hemiplegia: a comparison between conventional therapy and multichannel functional electrical stimulation therapy. *Phys Ther.* 1995;75:490-502.
14. Yavuzer G, Geler-Külcü D, Sonel-Tur B, Kutlay S, Ergin S, Stam H. Neuromuscular Electric Stimulation effect on lower-extremity motor recovery and gait kinematics of patients with stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:536-40.
15. Reid JM, Dai D, Gubitz GJ, Kapral MK, Christian C, Phillips SJ. Gender Differences in Stroke Examined in a 10-Year Cohort of Patients Admitted to a Canadian Teaching Hospital. *Stroke.* 2008;39:1090-5.
16. O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Fisioterapia: Avaliação e Tratamento.* 3ª ed. Rio de Janeiro: Manole,2003.
17. André C. *Manual de AVC.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Revinter,2006.
18. Nikcevic L, Savic M, Zaric N, Nikolic D, Plavsic A, Mujovic N. Effects of early rehabilitation on the outcome of cerebro-vascular insult rehabilitation in women over 65 in correlation with initial neurological deficit gravity. *Acta Fisiátrica.* 2007;14:237-241.
19. Da Costa AM, Duarte E. Atividade física e a relação com a qualidade de vida de pessoas com acidente vascular cerebral isquêmico. *Rev Bras Ciênc e Mov.* 2002; 10: 47-54.
20. Mackay J, Mensah GA. *The atlas of heart disease and stroke.* Geneva: World Health Organization; 2004. Disponível em: http://www.who.int/cardiovascular_diseases/resources/atlas/en/index.html
21. Hachinski V. Stroke in Korean. *Stroke.* 2008;39:1067.
22. *Heart Disease and Stroke Statistics.* Dallas (Tex): American Heart Association; 2003. Disponível em: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=1200026>
23. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Sistemas de informação sobre mortalidade (sim).* Brasília: DATASUS; 2005. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/sim/dados/cid10_indice.htm
24. Fukujima MM, Martinez TLR. Dislipidemia e Acidente Vascular Encefálico. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo.* 1999;4:529-536.
25. Pires SL, Gagliardi RJ, Gorzoni ML. Estudo das freqüências dos principais fatores de risco para acidente vascular cerebral isquêmico em idosos. *Arq Neuro-psiquiatr.* 2004;62:844-851.
26. Rodrigues JE, Sá MS, Alouche SR. Perfil dos pacientes acometidos por AVE tratados na clínica escola de fisioterapia da UMESP. *Rev Neurocienc.* 2004;12: 117-22.

27. Kelly-Hayes M, Robertson JT, Broderick JP, Duncan PW, Hershey LA, Roth EJ et al. The American Heart Association Stroke Outcome Classification. *Circulation*. 1998;97:2474-78.
28. Veronezi AMG, Bachiega GL, Augusto VS, Carvalho AC. Avaliação da Performance da Marcha de Pacientes Hemiplégicos do Projeto Hemiplegia. *Fisioter Mov*. 2004;17: 31-8.
29. Leathley, MJ, Gregson JM, Moore AP, Smith TL, Sharma AK, Watkins CL. Predicting spasticity after stroke in those surviving to 12 months. *Clin Rehabil*. 2004; 18:438-43.
30. Silva LLM, Moura CEM, Godoy JRP. A Marcha no Paciente Hemiparético. *Universitas*. 2005;3:261-73.
31. Mauritz KH. Gait training in hemiplegia. *Eur J Neurol*. 2002; 9: 23-9.
32. Chen G, Patten C, Kothari DH, Zajac FE. Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds. *Gait Posture*. 2005;22:51-6.
33. Lennon S. Gait re-education based on the Bobath concept in two patients with hemiplegic following stroke. *Phys Ther*. 2001; 81: 924-35.
34. Shores M. Footprint analysis in gait documentation - An Instructional Sheet Format. *Phys Ther*. 1980;60:1163-7.
35. Titianova EB, Pitkänen K, Pääkkönen A, Sivenius J, Tarkka IM. Gait characteristics and functional ambulation profile in patients with chronic unilateral stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82:778-86.
36. Meyring S, Diehl RR, Milani TL, Hennig EM, Berlit P. Dynamic plantar pressure distribution measurements in hemiparetic patients. *Clin Biomech*. 1997;12:60-5.
37. Burke D. Spasticity as an adaptation to pyramidal tract injury. *Adv Neurol*. 1988; 47:401-23.
38. Knutsson E, Martersson A, Gransberg L. The effects of concentric and eccentric training in spastic paresis. *Scand Med Rehabil*. 1992; 24(27 Suppl):31-32.
39. Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeaul S, Brouwer B. Muscle Strengthening and Physical Conditioning to Reduce impairment and Disability un Chronic Stroke Survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999; 80:1211-18.
40. Canning CG, Ada L, O'dwyer NJ. Abnormal muscle activation characteristics associated with loss of dexterity after stroke. *J Neurol Sci*. 2000;176:45-56.
41. Teixeira-Salmela LF, Oliveira ESG, Santana EGS, Resende, GP. Fortalecimento muscular e condicionamento físico em hemiplégicos. *Acta Fisiátrica*. 2000;7:108-18.
42. Pereira CF, Lemos MM, Benevenuto MC, Fonseca GA. Enfoque sobre pesquisa prospectiva no AVC. *Med Rehabil*. 1993; 34/36: 9-13.

43. Rosamond W, Flegal K, Furie K, Go A, Greenlund K, Haase N, et al. Heart disease and stroke statistics – 2008 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee, *Circulation*. 2008; 117: 25-146.
44. Bhadra N, Peckham PH. Peripheral nerve stimulation for restoration of motor function. *J Clin Neurophysiol*. 1997;14:378-93.
45. Kellaway P. The part played by electrical fish in the early history of bioelectricity and electrotherapy. *Bull Hist Med*. 1946; 20: 112-32.
46. Selkowitz DM. High frequency electrical stimulation in muscle strengthening. A review and discussion. *Am J Sports Med*. 1989;17:103-11.
47. Kottke FJ, Lehmann JF. *Tratado de Medicina Física e Reabilitação de Krusen*. 4ª ed. São Paulo: Manole, 1994.
48. Agne JE. *Eletroterapia: Teoria e Prática*. Santa Maria: Orium, 2004.
49. Nunes LCBG. *Efeitos da Eletroestimulação Neuromuscular no Músculo Tibial Anterior de Pacientes Hemiparéticos Espásticos*. [dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica/Engenharia Biomédica]. Campinas: Universidade de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2004.
50. Guyton AC, Hall JE. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
51. Oliveira F, Maki T, Calonego CA, Nascimento NH, Rebelatto JR. Estimulação elétrica neuromuscular e exercícios com movimentos na diagonal para ganho de força em bíceps e tríceps braquial. *Rev Bras Fisioter*. 2002;6:159-65.
52. Noronha MA, Camargo LC, Minamoto VB, Castro CES, Salnivi TF. O efeito da estimulação elétrica neuromuscular (NMES) no músculo tibial anterior do rato. *Rev Bras Fisiot*. 1997;2:71-6.
53. Carmick, J. Clinical use of neuromuscular electrical stimulation for children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 1993;73:514-22.
54. Brasileiro JS, Salvini TF. Limites da Estimulação Elétrica Neuromuscular no Fortalecimento de Músculos Esqueléticos Saudáveis e com Déficit de Força. *Fisioterapia Brasil*. 2004;5:224-30.
55. Robinson AJ, Snyder-Macler L. *Eletrofisiologia clínica: eletroterapia e teste eletrofisiológico*. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.
56. Kitchen S, Bazin S. *Eletroterapia de Clayton*. 10ª ed. São Paulo: Manole, 1998.
57. Low J, Reed A. *Eletroterapia Explicada: princípios e prática*. 3ª ed. São Paulo: Manole, 2001.

58. Yan T, Hui-Chan CWY, Li LSW. Functional Electrical Stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial. *Stroke*. 2005; 36:80-5.
59. Dewald JPA, Given JD, Rymer WZ. Long-lasting reductions of spasticity induced by skin electrical stimulation. *IEEE Trans Rehabil Eng*. 1996;4:231-42.
60. Weingarden HP, Seilig G, Heruti R, Shemesh Y, Ohry A, Dar A et al. Hybrid functional electrical stimulation orthosis system for the upper limb: effects on spasticity in chronic stable hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil*. 1998;77:276-81.
61. Pandyan AD, Granat MH. Effects of electrical stimulation on flexion contractures in the hemiplegic wrist. *Clin Rehabil*. 1997; 11:123-30.
62. Gravante G, Pomara F, Russo G, Amato G, Cappello F, Ridola C. Plantar Pressure Distribution Analysis in Normal Weight Young Women and Men With Normal and Claw Feet: A Cross-Sectional Study. *Clin Anat*. 2005;18:245-50.
63. Oliveira GS, Greve JMD, Imamura M, Bolliger R. Interpretação das variáveis quantitativas da baropodometria computadorizada em indivíduos normais. *Rev Hosp Clin Fac Med Univ São Paulo*. 1998;53:16-20.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da estimulação elétrica funcional comparativamente a estimulação *sham* sobre a amplitude de movimento, força muscular, pressão plantar e independência funcional.

4.2 Objetivos Específicos

Comparar entre os grupos intervenção e controle:

- a amplitude de movimento da articulação do tornozelo;
- a força muscular de dorsiflexores e plantiflexores;
- a pressão plantar do membro afetado;
- a independência funcional.

5. ARTIGO EM INGLÊS

Effect of the functional electrostimulation on the muscle activity of the affected lower limb in chronic stroke patients: a pilot study.

Rodrigo Costa Schuster¹, Janaíne Cunha Polese², Daiane Mazzola³, Márcia Lorena Fagundes Chaves⁴

1 Physiotherapist. Postgraduate student, Postgraduate Program of Medicine: Medical Sciences, School of Medicine, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

2 Physiotherapist. Postgraduate student, Postgraduate Program in Rehabilitation Sciences, Universidade Federal de Minas Gerais. – UFMG.

3 Physiotherapist. Postgraduate student, Postgraduate Program in Human Aging Sciences, Universidade de Passo Fundo -UPF.

4 Associate Professor Department of Internal Medicine, School of Medicine, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - FAMED/UFRGS, Coordinator of the Research Group in Behavioral Sciences, Postgraduate Program of Medicine: Medical Sciences, Head of the Department of Neurology, Hospital de Clínicas de Porto Alegre – HCPA.

Corresponding Author

Márcia L. F. Chaves

Rua Ramiro Barcelos 2350 – sala 2040

90035-003 Porto Alegre Brasil

Telephone: 55 51 33598520

Fax: 55 51 33885085

e-mail: mchaves@hcpa.ufrgs.br

Effect of the functional electrostimulation on the muscle activity of the affected lower limb in chronic stroke patients: a pilot study.

ABSTRACT

Background: Considerable resources are devoted to poststroke rehabilitation. However, to date there is no evidence that one physiotherapy approach is any better than any other approach.

Objective: To evaluate the effects of the functional electrostimulation – FES on the range of movement, muscle strength, plantar pressure and functional independency, compared to a *sham* stimulation, in stroke patients.

Methods: A prospective, randomized, controlled clinical trial was carried out at a Physiotherapy Unit of University hospital with consecutive hemiparetic ischemic stroke patients. The study sample was randomized into the functional electrostimulation (FES) or sham stimulation groups. Interventions were carried out 3 times/week during 4 weeks, for 30 minutes. Ten hemiparetic ischemic stroke patients with age between 30 and 80 years of both sexes were included in the study. All subjects received routine interdisciplinary stroke rehabilitation, as the kinesiotherapeutic treatment program. The effects of the treatments were assessed by a blinded observer for: (1) degree of spasticity, (2) muscle tone, (3) muscle strength of the maximal voluntary torque of the dorsal and plantar flexion of the feet, (4) plantar pressure, (5) functional independence.

Results: The FES group presented higher values than the sham group in the range of movement of the ankle, in the plantar pressure of the anterior region of the foot, and in the functional independence measure at the post-intervention period. Comparing the pre- and post-intervention periods of the FES group, dorsiflexion and plantar flexion of the foot ($p = 0.0001$), muscle strength responsible for the dorsiflexion of the foot ($p = 0.023$), and functional independence ($p = 0.001$) presented higher values at the post-intervention period. In the Sham group, the FIM

scale was the only measure significantly different between the two moments (pre- and post-intervention) ($p = 0.034$).

Conclusions: This functional electrostimulation showed aspects of efficacy in relation to the sham stimulation, however, further investigation with higher sample should be carried out.

Key-words: functional electrostimulation, stroke, physiotherapy, randomized experiment.

INTRODUCTION

According to the World Health Organization (WHO), stroke is a sudden, focal neurologic deficit lasting more than 24 hours, confined to an area of the brain or eye perfused by a specific artery, and presumed to be of vascular origin¹ (World Health Association web site). Each year, 500,000 cases of acute cerebrovascular disease impose a substantial direct health and overall societal cost in the United States¹. Considerable resources are consequently devoted to poststroke rehabilitation efforts. Meta-analyses on various aspects of stroke rehabilitation have been published, representing efforts to objectively summarize and quantify the somewhat disparate clinical effects presented in the studies on poststroke rehabilitation².

In Brazil, stroke is also the main cause of death³. Worldwide, stroke is the main cause of disability that may produce cognitive and neuromuscular changes. The consequences of these disabilities may be psychiatric, psychological and socioeconomic problems⁴. In a study carried out in Salvador, Brazil, with data from all 1,321 subjects who had a stroke between July 1979 and July 1980, the annual incidence was 206.6 per 100,000 inhabitants for men and 199.6 for women for the age strata 45 to 54⁵.

Recent advances in neuroscience have confirmed that the brain has the ability to reorganize after stroke. Several studies have associated elements of afferent stimulation with beneficial change in brain activity including: repetition⁶, functional goal directed activity⁷ and electrostimulation⁸⁻⁹. These clues from neuroscience coincide with the less systematic observations from the physical therapy literature which suggest that repetition/intensity, functional activity, and electrostimulation might promote recovery of movement and functional ability after stroke¹⁰. The scientific evidence indicates therefore that motor recovery may be enhanced with the provision of an appropriate dose of afferent stimulation normally arising from functional activities. However, many people with paralysis or even paresis after stroke would not be able to participate in functional training. If paralysis or paresis precludes sufficient voluntary activation of muscle to produce functional activity then electrostimulation might be beneficial. In addition, lack of use could be expected to lead to changes in the properties of skeletal muscle after stroke because of altered descending neuromuscular drive. Indeed, these expectations are supported by the findings of general reduction in the functional capacity of skeletal muscles after

stroke¹¹ unrelated to time elapsed since ictus or the severity of the paresis but related to the absence of daily physical exercise¹². Expectations are also supported by the findings that the descending commands from the damaged cortex to the paretic side fail to activate high threshold alpha-motor neurones supplying Type II fibres¹³. That electrostimulation could enhance ability to contract skeletal muscle after stroke is exemplified in a study in which maximal dorsiflexion force at the ankle following electrical stimulation of the common peroneal nerve was shown to be equal on both paretic and non-paretic sides, although the maximal voluntary dorsiflexion on the paretic side fell far short of symmetry with the non-paretic side¹⁴. Research findings suggest therefore that electrostimulation given in the appropriate dose might promote recovery of movement or functional ability after stroke more than the conventional physical therapy package.

Functional electrical stimulation (FES) is a technique that applies short programmed bursts of electrical current to the neuromuscular region affected by the stroke, either directly to the paretic muscles or to the associated peripheral nerve. Physiological effects that have been ascribed to FES include muscle strengthening, inhibition of antagonist spasticity, correction of contractures, increased passive range of motion, and facilitation of voluntary motor control¹⁵. The mechanisms responsible for improvement are uncertain but may involve increased presynaptic inhibition of muscle spindle reflex activity.²

In the Cochrane systematic review on electrostimulation for stroke recovery, comparing electrostimulation with no treatment this review found that electrostimulation improved some aspects of functional motor ability and of motor impairment and normality of movement¹⁶. In addition, there was a significant difference in favor of no treatment compared with electrostimulation for an aspect of functional motor ability. For electrostimulation compared with placebo, the electrostimulation improved an aspect of functional motor ability. For electrostimulation compared with conventional physical therapy the review found that electrostimulation improved an aspect of motor impairment. There were no statistically significant differences between electrostimulation and control treatment for all other outcomes. However, these results contained some limitations, as: (1) the majority of analyses only contained one trial; (2) variation was found between included trials in time after stroke, level of functional deficit, and dose of

electrostimulation; and (3) the possibility of selection and detection bias in the majority of included trials.

In relation to other types of therapy, there are systematic reviews for repetitive task training (RTT)¹⁷, electromyography with biofeedback (EMG-BFB)¹⁸, and standard physiotherapy¹⁹.

The systematic review on repetitive task training (RTT) showed that RTT resulted in modest improvement in lower limb function, but not upper limb function. However, there is no evidence that improvements are sustained once training has ended. Further research should focus on the type and amount of training, and how to maintain functional gain¹⁷.

Most trials compared EMG-BFB plus standard physiotherapy to standard physiotherapy either alone or with sham EMG-BFB. EMG-BFB did not have a significant benefit in improving range of motion (ROM) through the ankle (SMD 0.05, 95% CI -0.36 to 0.46), knee or wrist joints. Despite evidence from a small number of individual studies to suggest that EMG-BFB plus standard physiotherapy produces improvements in motor power, functional recovery and gait quality when compared to standard physiotherapy alone, combination of all the identified studies did not find a treatment benefit. Overall the results are limited because the trials were small, generally poorly designed and utilized varying outcome measures¹⁸.

Physiotherapy has the objective to maximize functional capacity and to avoid secondary complications, allowing patients to re-engage in all aspects of life. The principles of physiotherapy in a multidisciplinary team are function restoration and prevention of secondary complications.

To date there is no evidence that one physiotherapy approach is any better than any other approach^{14,17,20}. Some studies have indicated that physiotherapy as a whole may be beneficial^{19,20,21,22,23}. Early intervention might be better than late²⁴ but even late after stroke, physical therapy may be beneficial²¹⁻²⁵⁻²⁶. Not surprisingly, the content of physical therapy might also influence outcome²⁷ but at present, choice of treatment by physiotherapists appears to be mostly determined by the treatment approach which was prevalent during their training^{28,29}.

The objective of this study was to evaluate the effects of the neuromuscular electrostimulation (functional electrostimulation – FES) on the range of movement,

muscular strength, plantar pressure and functional independency, compared to a sham procedure, in stroke patients.

METHODS

A prospective, randomized, controlled clinical trial was carried out at the Stroke Unit of São Vicente de Paulo Hospital from University of Passo Fundo (Rio Grande do Sul state, Brazil) with consecutive hemiparetic ischemic stroke patients, recruited for the study according to inclusion and exclusion criteria. The study sample was randomized into the experimental or sham groups by using a computer-generated table of random numbers.

Patients were included in the study based on the following criteria: (1) first ischemic stroke > 6 months; (2) admitted to the outpatient rehabilitation unit (3) persistent hemiparesis leading to impaired upper or lower extremity function, as indicated by a score of 1 or 2 on the motor arm item of the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS); (4) evidence of preserved cognitive function, as indicated by 0 or 1 on the consciousness, communication, and neglect items of the NIHSS; and (5) presence of a protective response, as indicated by scores of ≥ 3 on the upper-arm item of the Motor Assessment Scale (MAS).

Exclusion criteria for the investigation were: (1) age < 18 years; (2) upper or lower extremity injury or conditions that limited their use before the stroke.

Of the 26 patients recruited for the study, 16 were excluded according to criteria. Ten hemiparetic ischemic stroke patients with age between 30 and 80 years of both sexes were included in the study. Diagnosis was carried out by neurologists through clinical history, physical examination, laboratory exams and neuroimage (CT or MRI).

The patients were randomized in two groups. The first group (FES) was composed of patients who were submitted to FES application to the muscle *tibialis anterioris* 3 times/week during 4 weeks, for 30 minutes. The FES was carried out with the Physiotonus Four (Bioset®), with a 250 μ s current modulated at 50 Hz, T_{on} 06 s, T_{off} of 12 s, and slope up of 0,2 s and down of 0,1 s, and intensities according to patient tolerance.

The second group (Sham stimulation) was composed of patients who received an application of an analgesic electrical current in the same muscle (called as sham stimulation), 3 times/week during 4 weeks, for 30 minutes. The sham stimulation was also carried out with the Physiotonus Four (Bioset®), with a 50 μ s current modulated at 100 Hz, and intensity according to patient tolerance.

Treatment regimens were designed to ensure that patients in both groups received equivalent time and intensity of treatment directly supervised by a physiotherapist. All subjects received routine interdisciplinary stroke rehabilitation, as the kinesiotherapeutic treatment program, except for the study treatment that occurred during the regularly scheduled kinesiotherapeutic sessions. To match treatment intensity, the same number of therapy sessions was provided to both groups. When 2 or more study subjects were on the rehabilitation floor at the same time, they were assigned rooms in different hallways and received therapy at different times to prevent unintended crossover. Only persons who completed 12 days/sessions of study treatment were included in the analysis.

The effects of the treatments were assessed by a blinded observer as the following: (1) degree of spasticity (through the goniometric analysis of the range of movement of joint of the lower limb, with the dorsal and plantar flexion of the feet), (2) muscle tone (with the Modified Ashworth Scale: dorsal and plantar flexors of the ankle), (3) muscle strength [through computerized dynamometry with the Multi-Joint System 3 (Biodex®) of the maximal voluntary torque of the dorsal and plantar flexion of the feet], (4) plantar pressure (with computerized baropodometry – F-Scan™ Tekscan version 4.22 for Windows 95 – and the use of proper insoles with sensors connected to the computer), (5) functional independence (with the Functional Independence Measure – FIM).

For the goniometric method, reference values for the movement of the ankle articulation are 0 to 50 degrees for the plantar flexion of the foot, and 0 to 20 degrees for the dorsal flexion of the foot³⁰.

For the computerized baropodometry, the patient was stand up for 10s with both arms extended and aligned with the body, and was asked to kept looking to a fixed point ahead³¹. Afterwards, the patient was asked to start a 10-meter walking. The procedure was carried out two times for data collection. The map of the plant of the foot was subdivided into three regions: anterior, middle and posterior³².

The Functional Independence Measure – FIM – which evaluates motor and cognitive domains as self-care, locomotion, bladder control, communication and social cognition, including memory, social interaction and problem solving. These activities are scored from 1 (dependency) to 7 (complete independency), ranging from 18 to 126^{33,34}.

The study was approved by the Ethics Committee for Research of Universidade de Passo Fundo (#186/2006). All subjects signed an informed consent.

STATISTICAL ANALYSIS

Descriptive statistics (mean, SD and frequency) were calculated for demographic data, and measures of efficacy of treatment in the study. Chi-square was performed for categorical variables. Nonparametric Mann-Whitney U-test was carried out for comparisons between groups (independent samples), and Wilcoxon test for comparisons within groups (dependent samples). The statistical analysis was performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 13.0 for Windows).

RESULTS

Demographic data

Demographic data of the studied groups are presented in Table 1. No difference on demographic variables between the FES and Sham groups were observed. The side of lesion was also similar between groups. The left hemiparesis was more frequent in both groups.

Evaluation of tests between groups FES and Sham

Comparing the range of movement of the ankle between FES and Sham groups, a statistically significant difference for the dorsiflexion of the foot after intervention was observed (Table 2). The FES group presented higher range of movement than the Sham group ($p = 0.004$).

Of the muscle strength measures, only the plantar flexion of the foot assessment before intervention showed a tendency for difference between groups ($p = 0.06$). The FES group showed higher values (Table 2).

For plantar pressure evaluation, only the assessment of the anterior region of the foot at the post-intervention period was significantly different between the two groups ($p = 0.043$). The plantar pressure measure of the middle region of the foot at the post-intervention period showed a tendency for difference between groups ($p = 0.07$). In both situations, the FES group showed higher pressure values (Table 3).

The FES group showed higher scores on the Functional Independence Measure - FIM - scale than the Sham group at the post-intervention period ($p = 0.050$) (Table 4).

Evaluation of tests at the Pre- and Post-Intervention Periods

For the FES group, the measures that presented significant difference were dorsiflexion and plantar flexion of the foot ($p = 0.0001$), muscle strength responsible for the dorsiflexion of the foot ($p = 0.023$), and functional independence ($p = 0.001$). All these measures showed higher values at the post-intervention period (Table 5).

In the Sham group, the FIM scale was the only measure significantly different between the two moments (pre- and post-intervention) ($p = 0.034$). The functional independence measure score was higher at the post-intervention period (Table 5).

DISCUSSION

In the study we aimed to evaluate the effects of the neuromuscular electrostimulation (functional electrostimulation – FES) on the range of movement of joint, muscle strength, plantar pressure, and functional independence compared to a sham procedure. The findings are discussed in topics according to functional evaluations that were carried out.

Range of Movement

The post-intervention measure of joint range of movement during dorsiflexion was higher in the FES group than the Sham group, and the post-intervention in the FES group was higher than the pre-intervention measure. These findings demonstrated the effect of the electrostimulation for this parameter.

On the other hand, patients who were exposed to the FES did not differ from those exposed to the sham procedure in the joint range of movement during the plantar flexion. However, the effect of the intervention in the FES group was observed. No effect of the procedure or difference from the FES group was observed in the Sham group probably because of the small sample size.

Post-stroke patients presenting motor syndromes characterized by muscle weakness, showed reduced range of movement in the affected limb^{35,36}.

The benefit of FES has been reported in several studies by have a positive effect on spasticity, range of motion and muscle strength. More recently, studies have mainly focused on the effect of FES on motor control. Although these studies suggest a positive effect of FES on motor impairment of the affected limb, the evidence is not conclusive, and many questions remain with regard to efficacy and stimulation strategy^{2,8,35,36,38,54,55,56,57,58,59}.

The dorsiflexion and plantar flexion of the foot are very important for the development of an adequate walking pattern, because at the balance phase during the period of the beginning of the acceleration until the middle of the acceleration, the ankle goes from plantar flexion of 10° to dorsiflexion and then to the neutral position¹⁵. At the same time, the muscles of the anterior region of the leg contract to avoid dragging the foot.

In general, post-stroke patients present impairment of this mechanism because of the abnormalities of the motor control, muscle tone, dorsiflexor muscles strength and of the range of movement of the ankle joint, which lead patients to assume an adapted walking pattern³⁷.

Muscle Strength

In the present study, the electrostimulation in the *tibialis anterior* muscle for the reinforcement of muscle strength during the dorsal and plantar flexion of the foot was not different from the sham procedure. However, an effect of the FES at the post-intervention assessment for the strength of the dorsiflexion was observed, but not for plantar flexion. The problem of the sham was the small number of participants.

Functional electrostimulation is a potential treatment to improve recovery of movement control and functional ability after stroke, however, the results of a recent systematic review are inconclusive¹⁶.

Several studies have showed significant enhancement of muscle strength after FES in paretic muscles compared to other types of therapy, either electrical or other^{02,35,36,38,39,40,41,42}. On the other hand, other studies did not find significant difference in muscle strength with this intervention^{43,60}.

Plantar Pressure

No significant changes of the plantar pressure were observed in this study. The only finding was the difference observed for the anterior region of the foot at the post-intervention period. The FES group after intervention presented higher pressure in the anterior region of the foot. The objective of the measure of the plantar pressure is to evaluate symmetry of pressure distribution in the plantar regions of the foot. The optimal observation would be complete symmetry of pressure in the regions of the foot and in both sides⁴⁴. This would improve the walking pattern of patients. There are no other studies evaluating plantar pressure as measure of efficacy of intervention. Several studies have investigated plantar pressure in hemiparetic patients in relation to healthy individuals, and concluded on the existence of significant differences of this measure between these groups^{44,45,46}. However, there is no consensus on the plantar region of the foot with less pressure. A study with 37 chronic hemiparetic patients showed less plantar pressure in the paretic foot and higher values in the anterior region⁴⁴.

Functional Independence Measure (FIM)

We also found a significant difference of functional independence between the FES and Sham groups, and also between pre- and post-intervention in both groups. Patients exposed to electrostimulation presented higher scores in the FIM scale post-intervention compared to those patients who were exposed to the sham procedure. However all participants responded to the intervention for functional independence aspects, independent on type of procedure.

Muscle weakness observed in hemiparetic patients is related to functional incapacity, which is one of the most important consequences^{45,46,47,48} and functional activities are the goal of the physiotherapeutic practice for hemiparetic patients, searching for the improvement of motor control and compensation of functional limitations⁴⁹.

These limitations can be measured by the Functional Independence Measure (FIM)³⁴. This scale evaluates the burden of care needed by a patient to perform activities of daily living, and the degree of recovery after stroke⁵⁰. This is a valid and reliable instrument to be used with post-stroke patients^{51,52}. Walking is one of the essential components of an individual's functionality. Keeping the improvement of walking as a goal of the physiotherapy, improving muscle strength and tone like was performed in the present study, would improve functional capacity⁵³.

LIMITATIONS OF THE STUDY

The limitations of the present study are the small sample size and the impossibility to use electromyography register to obtain an objective measure of increase of muscle cells recruitment during contraction. On the other hand, the strengths of this pilot study were the objective measures selected to evaluate muscle strength, plantar pressure, muscle tone and the scale for functional independence.

In conclusion, neuromuscular electrostimulation showed aspects of efficacy in relation to the sham stimulation, however, further investigation with higher sample should be carried out.

REFERENCES

1. World Health Organization Web site. Stroke, Cerebrovascular accident. http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/. Accessed June 1st 2009.
2. Glanz M, Klamansky S, Stason W, Berkey C, Chalmers TC. Functional eletrostimulation in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996; 77:549-53.
3. Sociedade brasileira de doenças cerebrovasculares. Primeiro consenso brasileiro do tratamento da fase aguda do acidente vascular cerebral. *Arq Neuropsiquiatr.* 2001; 59:972-80.
4. Neves PP, Fontes SV, Fukujima MM, Andrade SLM, Prado GF. Profissionais da saúde que assistem pacientes com Acidente Vascular Cerebral necessitam de informações especializadas. *Rev Neurociên.* 2004; 12:173-181.
5. Lessa I, Bastos CA. Epidemiology of cerebrovascular accidents in the city of Salvador, Bahia, Brazil. *Bull Pan Am Health Organ.* 1983; 17:292-303.
6. Hallet M, Wassermann EM, Cohen LG, Chielowska J, Gerloff C. Cortical mechanisms of recovery of function after stroke. *Neurorehabilitation.* 1998;10:131-42.
7. Nudo RJ, Wise BM, SiFuentes F, Miliken GW. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science.* 1996;272:1791-4.
8. Golaszewski SM, Siedentopf CM, Koppelstaetter F, Rhomberg P, Guendisch GM, Schlager A. Modulatory effects on human sensoirmotor cortex by whole-hand afferent electrical stimulation. *Neurology.* 2004; 62:2262-9.
9. Hamdy S, Rothwell JC, Aziz Q, Singh KD, Thompson DG. Long-term reorganization of human motor cortex driven by short-term sensory stimulation. *Nat Neurosci.* 1998;1:64-8.

10. Pomeroy VM, Tallis RC. Physical therapy to improve movement performance and functional ability post-stroke. Part 1: Existing evidence. *Rev Clin Gerontol.* 2000;10:261-90.
11. Potempa K, Braun L, Tinknell T, Popovich J. Benefits of aerobic exercise after stroke. *Sports Med.* 1996; 21:337-46.
12. Hachisuka K, Umezu Y, Ogata H. Disuse muscle atrophy of lower limbs in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78:13-8.
13. Tanaka S, Hachisuka K, Ogata H. Muscle strength of trunk flexion-extension in post-stroke hemiplegic patients. *Am J Phys Med Rehabil.* 1998;77:288-90.
14. Landau WM, Sahrmann SA. Preservation of directly stimulated muscle strength in hemiplegia due to stroke. *Arch Neurol.* 2002;59:1453-7.
15. Tiebin Y, Hui-Chan C, LI LSW. Functional Electrical Stimulation Improves Motor Recovery of the Lower Extremity and Walking Ability of Subjects with First Acute Stroke. *Stroke.* 2005. 36:80-5.
16. Pomeroy VM, King L, Pollock A, Baily-Hallam A, Langhorne P. Electrostimulation for promoting recovery of movement or functional ability after stroke (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library, Issue 1, 2009.* Oxford: Update Software.
17. French B, Thomas LH, Leathley MJ, Sutton CJ, McAdam J, Forster A, Langhorne P, Price CIM, Walker A, Watkins CL. Repetitive task training for improving functional ability after stroke (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library, Issue 1, 2009.* Oxford: Update Software.
18. Woodford H, Price C. EMG biofeedback for the recovery of motor function after stroke (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library, Issue 1, 2009.* Oxford: Update Software.
19. Ashburn A, Partridge C, Souza L. Physiotherapy in the rehabilitation of stroke: a review. *Clin Rehabil.* 1993; 7:337-45.
20. Ernst E. A review of stroke rehabilitation and physiotherapy. *Stroke.* 1990; 21:1081-5.

21. Dean CM, Shepherd RB. Task-related training improves performance of seated reaching tasks after stroke. A randomised controlled trial. *Stroke*. 1997;28:722-8.
22. Feys HM, DeWeerd W, Selz BE, Cox Steck GA, Spichiger R, Vereeck LE. Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke. A single-blind, randomised, controlled multicentre trial. *Stroke*. 1998;29:785-92.
23. Kwakkel G, Wagenaar RC, Twisk JWR, Lankhorst GJ, Koestier JC. Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *Lancet*. 1999;354:191-6.
24. Cifu DX, Stewart DG. Factors affecting functional outcome after stroke: a critical review of rehabilitation interventions. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80:S35-9.
25. Wade DT, Collen FM, Robb GF, Warlow CP. Physiotherapy intervention late after stroke and mobility. *BMJ*. 1992;304:609-13.
26. Yekutiel M, Guttman E. A controlled trial of the retraining of the sensory function of the hand in stroke patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1993;56:241-4.
27. Parry RH, Lincoln NB, Vass CD. Effect of severity of arm impairment on response to additional physiotherapy early after stroke. *Clin Rehabil*. 1999;13:187-98.
28. Carr JH, Mungovan SF, Shepherd RB, Dean CM, Nordholm LA. Physiotherapy in stroke rehabilitation: bases for Australian physiotherapists' choice of treatment. *Physiother Theory Pract*. 1994; 10:201-9.
29. Nilsson LM, Nordholm LA. Physical therapy in stroke rehabilitation: bases for Swedish physiotherapists' choice of treatment. *Physiother Theory Pract*. 1992; 8:49-55.
30. Norkin CC, White DJ. Medida do movimento articular: manual de goniometria. 2^a. Porto Alegre: Artes Médicas; 1997.
31. Gravante G, Pomara F, Russo G, Amato G, Cappello F, Ridola C. Plantar pressure distribution analysis in normal weight young women and men with normal and claw feet: a cross-sectional study. *Clin Anat*. 2005; 18:245-50.

32. Oliveira GS, Greve JMD, Imamura M, Bolliger R. Interpretação das variáveis quantitativas da baropodometria computadorizada em indivíduos normais. *Rev Hosp Clin Fac Med Univ São Paulo*. 1998;53:16-20.
33. Guide for the Uniform Data System for Medical Rehabilitation (Adult FIM), version 4.0. Buffalo, NY: State University of New York at Buffalo, 1993.
34. Riberto M, Miyazaki MH, Jucá SSH, Sakamoto H, Pinto PPN, Battistella LR. Validação da Versão Brasileira da Medida de Independência Funcional. *Acta Fisiátrica*. 2004;11:72-6.
35. Pandyan AD, Granat MH. Effects of electrical stimulation on flexion contractures in the hemiplegic wrist. *Clin Rehabil*. 1997;11:123-30.
36. Powell J, Pandyan AD, Granat MH, Cameron M, Stott DJ. Electrical stimulation of wrist extensors in poststroke hemiplegia. *Stroke*. 1999;30:1384-9.
37. Saad M. Análise da Marcha: Manual do CAMO-SBMFR (Comitê de Análise de Movimento da Sociedade Brasileira de Medicina Física e Reabilitação). São Paulo, 1997.
38. Chae S, Bethoux F, Bohinc T. Neuromuscular stimulation for motor neuroprosthesis in hemiplegia. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine*. 1998; 12:1-23.
39. Francisco G, Chae J, Chawla H, Kirshblum S, Zorowitz R, Lewis G, et al. Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation for improving the arm function of acute stroke survivors: a randomized pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998; 79:570-5.
40. Hesse S, Reiter F, Konrad N, Jahnke MT. Botulinum toxin type A and short term electrical stimulation in the treatment of upper limb flexor spasticity after stroke: a randomized double-blind, placebo-controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 1998; 12:381-388.

41. Weinagarden HP, Zeilig G, Heruti R, Shemesh Y, Ohry A, Dar A et al. Hybrid functional electrical stimulation orthosis system for the upper limb: effects on spasticity in chronic stable hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil.* 1998; 77:276-281.
42. Hessert MJ, Vyas M, Leach J, Hu K, Lipsitz LA, Novak V. Foot pressure distribution during walking in young and old adults. *BMC Geriatrics.* 2005; 5:1-8.
43. Yavuzer G, Geler-Külcü D, Sonel-Tur B, Kutlay S, Ergin S, Stam HJ. Neuromuscular electric stimulation effect on lower-extremity motor recovery and gait kinematics of patients with stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006; 87: 536-40.
44. Boza R, Duarte E, Belmonte R, Marco E, Muniesa JM, Tejero M. et al. Estudio baropodométrico en el hemipléjico vascular: relación con la discapacidad, equilibrio y capacidad de marcha. *Rehabilitación.* 2007; 41:2-9.
45. Teixeira-Salmela LF, Augusto ACC, Silva PC, Lima RCM, Goulart F. Musculação e condicionamento aeróbio em hemiplégicos: impacto no desempenho motor. *Rev Bras Fisiot.* 2003; 7: 209-15.
46. Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeau S, Brouwer B. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability un chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80:1211-18.
47. Bobath B. *Hemiplegia em adultos: avaliação e tratamento.* São Paulo: Manole; 1978.
48. Patten C, Lexell J, Brown HE. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method and efficacy. *J Rehabil Res Dev.* 2004; 41:293-312.
49. Jette DU, Latham NK, JS Randall, Gassaway J, Slavin MD, Horn SD. Physical therapy interventions for patients with stroke in inpatient rehabilitation facilities. *Phys Ther.* 2005; 85:238-48.
50. Wallace D, Duncan P W, Lai SM. Comparison of the responsiveness of the Barthel Index and the motor component of the Functional Independence Measure in

stroke: the impact of using different methods for measuring responsiveness. *J Clin Epidemiol.* 2002; 55:922-8.

51. Beninato M, Gill-Body KM, Salles S, Stark PC, Black-Schaffer RM, Stein J. Determination of the minimal clinically important difference in the FIM instrument in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006; 87:32-9.

52. Granger CV, Hamilton BB, Keith RA, Zielesny M, Sherwin, FS. Advances in functional assessment for medical rehabilitation. *Top Geriatr Rehabil.* 1986; 1:59-74.

53. Ottoboni C, Fontes SV, Fukujima MM. Estudo comparativo entre marcha normal e a de pacientes hemiparéticos por acidente vascular encefálico: aspectos biomecânicos. *Rev Neurociên.* 2002; 10:10-18.

54. Alfieri V: Electrical treatment of spasticity. *Scand J Rehabil Med.* 1982;14:177-82.

55. King TI II: The effect of neuromuscular electrical stimulation in reducing tone. *Am J Occup Ther.* 1996;50:62-4

56. Bowman BR, Baker LL, Waters RL. Positional feedback and electrical stimulation: An automated treatment for the hemiplegic wrist. *Arch Phys Med Rehabil.* 1979;60:497-501.

57. Sonde L, Gip C, Fernaeus SE, Nilsson CG, Viitanen M. Stimulation with low frequency (1.7 Hz) transcutaneous electric nerve stimulation (low-TENS) increases motor function of the post-stroke paretic arm. *Scand J Rehabil Med.* 1998;30:95-9.

58. Cauraugh J, Light K, Sangum K, Behrman A. Chronic motor dysfunction after stroke: Recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation. *Stroke.* 2000;31:1360-4.

59. Chae J, Yu D. A critical review of neuromuscular electrical stimulation for treatment of motor dysfunction in hemiplegia. *Assist Technol.* 2000;12:33-49.

60. Van Peppen RPS, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJM, Wees JV, Dekker J. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil.* 2004; 18:833-862.

Table 1 – Demographic data of FES and Sham groups

Variable	Group FES	Group Sham	P value
N	07	03	
Age (mean±SD)	54.86±12.54	61.67±14.15	0.517
Sex			
Female	42.9%	66.7%	1.000
Male	57.1%	33.3%	
Affected side			1.000
Right	28.6%	33.3%	
Left	71.4%	66.7%	

Table 2. Evaluation of the Joint Range of Movement and Muscle Strength: FES and Sham Groups (mean and standard deviation)

Joint Range of Movement	FES Group	Sham Group	P
Dorsiflexion – Pre	11.14 ± 4.41	7.33 ± 3.05	0.171
Dorsiflexion – Post	16.71±4.71	7.33±2.51	0.004*
Plantar flexion – Pre	14.00±1.63	12.33±3.79	0.530
Plantar flexion – Post	21.86±2.73	17.33±7.51	0.407
Muscle Strength			
Dorsiflexion – Pre	10.48±5.48	9.83±2.22	0.796
Dorsiflexion – Post	14.23±5.23	11.90±4.58	0.516
Plantar flexion – Pre	13.44±9.66	5.23±1.04	0.060
Plantar flexion – Post	17.31±15.84	6.87±4.29	0.148

Table 3. Evaluation of the Plantar Pressure of the 3 regions of the foot (anterior, middle, and posterior) of the FES and Sham groups (mean and standard deviation)

Plantar Pressure	FES Group	Sham Group	P
Anterior – Pre	1755.57±1345.87	790.67±392.88	0.123
Anterior – Post	1895.29±1341.54	525.67±452.20	0.043*
Middle – Pre	1423.86±851.12	677.33±758.71	0.237
Middle – Post	1901.86±1259.79	586.00±680.45	0.070
Posterior – Pre	1492.57±735.07	754.67±740.74	0.225
Posterior – Post	1294.29±622.17	900.00±834.86	0.515

Table 4. Functional Independence Measure of the FES and Sham groups (mean and standard deviation)

Functional Independence Measure	FES Group	Sham Group	P
Pre-intervention	109.43 ± 5.91	105.00 ± 3.00	0.159
Post-intervention	119.00±2.76	109.67±4.50	0.050

Table 5. Comparison of the Pre- and Post-Intervention evaluations in the FES group (mean and standard deviation)

FES Group			
Variable	Pre	Post	P
Range of Movement			
Dorsiflexion	11.14 ± 4.41	16.71±4.71	0.000*
Plantar flexion	14.00±1.63	21.86±2.73	0.000*
Muscle Strength			
Dorsiflexion	10.48±5.48	14.23±5.23	0.023*
Plantar flexion	13.44±9.66	17.31±15.84	0.268
Plantar Pressure			
Anterior	1755.57±1345.87	1895.29±1341.54	0.694
Middle	1423.86±851.12	1901.86±1259.79	0.307
Posterior	1492.57±735.07	1294.29±622.17	0.110
Functional Independence Measure	109.43 ± 5.91	119.00±2.76	0.001*
Sham Group			
Variable	Pre-	Post-	P
Range of Movement			
Dorsiflexion	7.33 ± 3.05	7.33±2.51	1.000
Plantar flexion	12.33±3.79	17.33±7.51	0.185
Muscle Strength			
Dorsiflexion	9.83±2.22	11.90±4.58	0.647
Plantar flexion	5.23±1.04	6.87±4.29	0.601
Plantar Pressure			
Anterior	790.67±392.88	525.67±452.20	0.426
Middle	677.33±758.71	586.00±680.45	0.194
Posterior	754.67±740.74	900.00±834.86	0.116
Functional Independence Measure	105.00 ± 3.00	109.67±4.50	0.034

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo analisou-se como a amplitude de movimento articular, a pressão plantar, a força muscular e a funcionalidade de pacientes hemiparéticos pós-AVC reagem quando aplicada uma eletroestimulação funcional comparada a uma estimulação *sham*. Pode-se verificar que, mesmo devido ao limitado número da amostra, os indivíduos que receberam a eletroestimulação funcional obtiveram ganhos quando comparados com eles mesmo e como o grupo que recebeu a estimulação *sham*, e que os indivíduos que receberam a estimulação *sham* não apresentaram ganhos. Com isso, mesmo sabendo da limitação desses dados devido ao tamanho da amostra, pode-se sugerir a eficácia da eletroestimulação funcional.

Sugere-se que outros trabalhos, verificando outras variáveis e com amostragem maiores sejam realizados a fim de poder encontrar uma maior evidência desses achados.

ANEXO

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Efeitos da estimulação elétrica funcional na atividade muscular do membro afetado de pacientes pós-AVC: estudo piloto

Os pacientes acometidos por derrame cerebral geralmente ficam com dificuldades de caminhar devido a falta de força (paresia) e grande contração (espasticidade) dos músculos responsáveis pela marcha. Existem muitas maneiras de trabalharmos o aumento da força e a diminuição da contração desses músculos. Nós estamos realizando uma pesquisa para verificar se algumas dessas técnicas (estimulação elétrica funcional - FES), traz realmente benefícios para os pacientes, visto que os trabalhos realizados que comprovam os benefícios dessa técnica geralmente são realizados em pessoas de países onde os recursos de saúde são melhores e de mais fácil acesso.

Você é candidato a participar dessa pesquisa. Caso concorde, além do atendimento de fisioterapia que é oferecido a todos os pacientes que procuram esse serviço, você será sorteado para participar de um dos dois grupos que estarão participando da pesquisa. Nem você e nem nós poderemos escolher o grupo que vai participar. Um grupo, além da fisioterapia normalmente realizada, receberá a aplicação de uma corrente elétrica que irá estimular seu músculo. O outro grupo, além da fisioterapia normalmente realizada, irá receber uma corrente elétrica que irá relaxar e diminuir a dor de seu músculo. Este atendimento ocorrerá junto ao seu atendimento de fisioterapia na Clínica de Fisioterapia da UPF e não será cobrado qualquer valor pelo atendimento. Estas duas formas de atendimento não apresentam qualquer risco. Alguns pacientes poderão sentir uma sensação de formigamento ou um choque leve, que no máximo irá gerar uma sensação desconfortável. Além dos atendimentos, os pacientes deverão participar de uma

avaliação inicial que será realizada também na Universidade de Passo Fundo, no laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, onde será solicitada apenas a execução dos movimentos dos membros inferiores como encolher e esticar, onde um computador fará uma avaliação através de um programa conectado à cadeira em que o indivíduo fará os movimentos, sendo totalmente segura e indolor.

O tratamento será realizado por um período de 30 dias e/ou 04 semanas, com uma frequência de três vezes por semana. Após o término do tratamento será realizada novamente uma avaliação dos movimentos dos membros inferiores, seguindo o mesmo procedimento da outra avaliação com o objetivo de verificar se houve mudanças em comparação às avaliações anteriores.

Se você tiver qualquer dúvida sobre os procedimentos pode perguntar antes de decidir. Se você mudar de idéia pode desistir e irá continuar recebendo o tratamento de fisioterapia somente sem a corrente elétrica. Caso você aceite, estará colaborando para podermos confirmar a eficiência da utilização dessa corrente elétrica (FES) como tratamento desses pacientes com derrame cerebral.

As informações colhidas durante este trabalho não identificarão você e os resultados da pesquisa serão apresentados para todos os pacientes. Serão feitos registros de imagens (fotografia e filmagem), mas todos com fins de análise dos resultados, e sempre focando o local tratado, sem identificar os pacientes.

O pesquisador responsável por esta pesquisa é Rodrigo Costa Schuster (telefone: xxxxxxxx), e ele estará sempre a disposição para atender e responder aos seus questionamentos.

Passo Fundo, ____ de _____ de 200__.

Nome do paciente

Assinatura do Paciente

Assinatura do Fisioterapeuta Responsável

Observação: o presente documento, em conformidade com a resolução 196/96 do CNS, será assinado em duas vias, ficando uma via com o participante e outra com o pesquisador.