

Uso da Estimulação Elétrica Funcional Pós Acidente Vascular Cerebral: Revisão Sistemática

Use of functional electrical stimulation post-stroke: systematic review

*Renata Costa de Miranda Santos¹, Viviane Otoni do Carmo Carvalhais¹,
Clarissa Cardoso dos Santos Couto Paz², Carlos Julio Tierra Criollo³*

RESUMO

Objetivo. Determinar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, se a estimulação elétrica funcional (FES) aplicada no membro superior parético é capaz de melhorar o desempenho funcional de indivíduos com sequelas crônicas de acidente vascular cerebral (AVC). **Método.** Artigos originais publicados no período de 2000 a 2014 (fevereiro) foram analisados. A Escala PEDro foi utilizada para avaliação do rigor metodológico dos ensaios clínicos aleatorizados e uma classificação por nível de evidência foi adotada para sumarizar os resultados da revisão. **Resultados.** Foram incluídos oito artigos nesta revisão sistemática, dos quais seis apresentaram alta qualidade metodológica, com pontuação acima de cinco na Escala PEDro. Os estudos demonstraram evidências fortes de melhora do desempenho funcional, especialmente na destreza manual. **Conclusão.** A FES demonstrou ser uma intervenção favorável na melhora da recuperação motora funcional de indivíduos hemiparéticos com sequelas crônicas de AVC. Entretanto, estudos duplo cego e com maior rigor estatístico devem ser realizados afim de aumentar ainda mais a qualidade metodológica do ensaios clínicos.

Unitermos. Acidente Vascular Cerebral, Terapia por Estimulação Elétrica, Membro Superior, Reabilitação

Citação. Santos RCM, Carvalhais VOC, Paz CCSC, Tierra-Criollo CJ. Uso da Estimulação Elétrica Funcional Pós Acidente Vascular Cerebral: revisão sistemática.

ABSTRACT

Objective. To determine, through a systematic review of the literature, whether Functional electrical stimulation (FES) applied to the paretic upper limb is able to improve the functional performance of individuals with chronic stroke. **Method.** Original articles published from 2000 to 2014 (February) were analyzed. PEDro Scale was used to assess the methodological quality of randomized clinical trials, and a classification by level of evidence was adopted to summarize the results of the review. **Results.** Eight studies were included in this systematic review, six of which had high methodological quality, with scores above five in the Scale PEDro. Studies have shown strong evidence of improved functional performance, especially in manual dexterity. **Conclusion.** FES proved to be a positive intervention capable of improving the functional motor recovery of hemiparetic subjects with chronic stroke. However, double-blind studies with greater statistical rigor should be conducted in order to further enhance the methodological quality of clinical trials.

Keywords. Stroke, Electrical Stimulation Therapy, Upper Limb, Rehabilitation

Citation. Santos RCM, Carvalhais VOC, Paz CCSC, Tierra-Criollo CJ. Use of functional electrical stimulation post-stroke: systematic review.

Trabalho realizado no Núcleo de Estudos e Pesquisas em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil.

1. Fisioterapeuta, Mestre, docente do curso de fisioterapia da Faculdade Presidente Antonio Carlos de Bom Despacho, Bom Despacho- MG, Brasil.
2. Fisioterapeuta, Doutora, Professora Adjunta do Curso de Fisioterapia da Faculdade Ceilândia da Universidade de Brasília, Ceilândia-DF, Brasil
3. Engenheiro, Doutor, Professor Associado do Programa de Engenharia Biomédica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

Endereço para correspondência:

Carlos JT Criollo
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Horácio Macedo 2030, Cidade Universitária.
Prédio do Centro de Tecnologia, COPPE, Bloco H, Sala 327
CEP 21941-914, Rio de Janeiro-RJ, Brasil
E-mail: carjulio@peb.ufrj.br

Original
Recebido em: 24/10/14
Aceito em: 22/03/15

Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

O acometimento vascular do sistema nervoso central (SNC), comumente denominado acidente vascular cerebral (AVC)¹, pode ser descrito como um episódio agudo de uma disfunção neurológica presumidamente causada por isquemia ou hemorragia, com evidentes sintomas clínicos que persistem por mais de 24 horas ou até a morte do indivíduo².

No mundo, as doenças cerebrovasculares ocupam a segunda causa de mortalidade, perdendo somente para os óbitos causados por doenças cardiovasculares³. No Brasil, no ano de 2012, aproximadamente 100.000 pessoas morreram em decorrência de doenças cerebrovasculares⁴ e, embora entre os anos de 1980 a 2003, houve um decréscimo da mortalidade por AVC, ainda é um assunto de recorrente preocupação para a saúde pública, visto que ocupa o primeiro lugar na restrição de participação social na população brasileira⁵.

Estima-se que mais da metade dos indivíduos acometidos por AVC possuam algum comprometimento do sistema sensoriomotor⁶. O comprometimento de vias sensoriais e motoras como consequência do AVC frequentemente está correlacionado a uma pobre recuperação funcional, ao aumento da taxa de mortalidade, à deficiência de equilíbrio postural, ao aumento do risco de quedas, à síndrome dolorosa do ombro, dentre outros⁷. A hemiplegia ou hemiparesia é um dos sintomas dessa doença e pode exercer um impacto significativo sobre as atividades cotidianas dos indivíduos². Em consequência, a utilização do membro superior acometido em atividades como alcance, manipulação de objetos⁸, alimentação⁹ e demais atividades de vida diária¹⁰ pode-se tornar difícil ou mesmo impossível. Dessa forma, a reabilitação deste membro é essencial em todos os estágios do tratamento e tende a favorecer a independência dos indivíduos durante a realização de atividades funcionais¹¹.

Atualmente, diversas técnicas ou recursos terapêuticos são utilizados para a reabilitação dos membros superiores de indivíduos com sequelas resultantes do AVC. Dentre estas, pode-se citar o treino bilateral dos membros superiores, terapia de contenção induzida, *biofeedback*, prática mental¹², *biofeedback* associado à eletromiografia, terapia do espelho, treinamento físico, treinamento repetitivo de tarefa, eletroestimulação¹³, além da inserção

de novas técnicas, como a realidade virtual¹¹, dispositivos robóticos, neuropróteses, dentre outros¹⁴. Várias dessas técnicas apresentam efetividade comprovada nas fases aguda, subaguda e crônica da doença^{15,16}. A recuperação funcional na fase crônica do AVC, sobretudo do membro superior acometido, costuma ser lenta e nem sempre completamente satisfatória. As dificuldades na realização de atividades de vida diária trazem restrições na participação social destes indivíduos, gerando isolamento social. Portanto, torna-se necessária a investigação de técnicas e parâmetros que possam ser utilizadas neste estágio da doença.

O *feedback* sensorial pode ser um importante agente modulador durante a execução da ação motora volitiva¹⁶, influenciando o desempenho funcional dos indivíduos. Durante a aplicação da estimulação elétrica funcional (FES) ocorre uma integração do córtex sensorial e motor, ativando conjuntamente vias aferentes proprioceptivas e vias eferentes motoras, promovendo a contração muscular^{16,17}, o que pode contribuir para o acionamento de vias neurais comprometidas. Além disso, as contrações musculares promovidas pela FES podem induzir alterações na estrutura intrínseca do músculo, uma vez que previnem a perda de sarcômeros ocasionada pelo desuso do membro, estimulando a adição de sarcômeros em paralelo (hipertrofia) na fibra muscular e aumentando a endurance muscular pelo incremento da capacidade oxidativa do mesmo em indivíduos com lesão neurológica¹⁸. Esses princípios sugerem que a FES seja um recurso terapêutico promissor na reabilitação de indivíduos com AVC, porém a eficácia dessa intervenção na recuperação funcional do membro superior durante a fase crônica da doença ainda não está completamente estabelecida. Fatores como parâmetros utilizados durante a FES, associação com outras técnicas de neuroreabilitação, bem como a sua influência em longo prazo (meses e anos após a intervenção) na recuperação de indivíduos com AVC, ainda são controversos. Assim, para favorecer a aplicabilidade clínica deste tipo de intervenção, o objetivo desta revisão sistemática foi determinar se a FES aplicada no membro superior parético é capaz de melhorar a recuperação motora funcional de indivíduos com sequelas crônicas de AVC e quais parâmetros devem ser considerados durante o seu uso.

MÉTODO

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática desenvolvida com o objetivo de identificar ensaios clínicos aleatorizados (ECAs) que investigaram o efeito da FES sobre a recuperação motora funcional do membro superior parético de indivíduos com sequelas crônicas de AVC. Os artigos foram selecionados a partir de uma busca criteriosa nas bases de dados *Medline*, *ISI Web of Knowledge*, *Lilacs*, *Scielo* e *PEDro*, sendo utilizada como estratégia de busca as palavras-chave: *functional electrical stimulation, stroke, rehabilitation e upperlimb*, ligadas pelo operador booleano *AND*. O processo de busca e análise dos artigos foi realizado durante o período de julho de 2013 a fevereiro de 2014. Os seguintes critérios de inclusão foram adotados em relação aos artigos: 1) ter participantes com diagnóstico de AVC estabelecido há no mínimo seis meses, apresentando hemiplegia ou hemiparesia; 2) apresentar grupo controle com voluntários que não foram submetidos a qualquer intervenção; 3) descrever a intervenção clínica envolvendo a aplicação de FES utilizando eletrodos de superfície sobre um ou mais músculos do membro superior parético (havendo ou não utilização conjunta de recurso eletromiográfico); 4) apresentar desfechos relativos à funcionalidade do membro superior parético; 5) apresentar a análise estatística dos resultados; 6) trabalhos publicados em português ou inglês e 7) manuscritos publicados a partir do ano 2000 até a data da busca bibliográfica nas bases de dados. Foram excluídos os estudos que aplicaram a FES por meio de luvas ou qualquer outra órtese acoplada a um dispositivo de estimulação e que incluíram participantes com outras doenças além do AVC.

As buscas foram realizadas de forma independente e cega por duas pesquisadoras, as quais selecionaram os artigos a partir da leitura do título e resumo. Posteriormente, os resultados foram confrontados e discutidos para a definição dos artigos que seriam analisados na íntegra. A análise dos artigos envolveu um roteiro estruturado contendo os seguintes itens: autor(es), características dos participantes, desfecho(s) avaliado(s), características da intervenção e efeitos encontrados. A qualidade metodológica dos artigos foi verificada utilizando a escala *PEDro*, desenvolvida pela *Physiotherapy Evidence Database*. Essa escala consiste em onze questões sobre o estudo, das quais

dez são pontuáveis. Cada questão é pontuada segundo a sua presença (pontuação 1) ou ausência (pontuação 0) no estudo avaliado e, ao final, um somatório das respostas positivas é realizado. Dessa forma, quanto maior a pontuação obtida na escala *PEDro*, maior é a qualidade metodológica do estudo, e estudos com pontuação igual ou superior a cinco podem ser considerados de alta qualidade metodológica¹⁹.

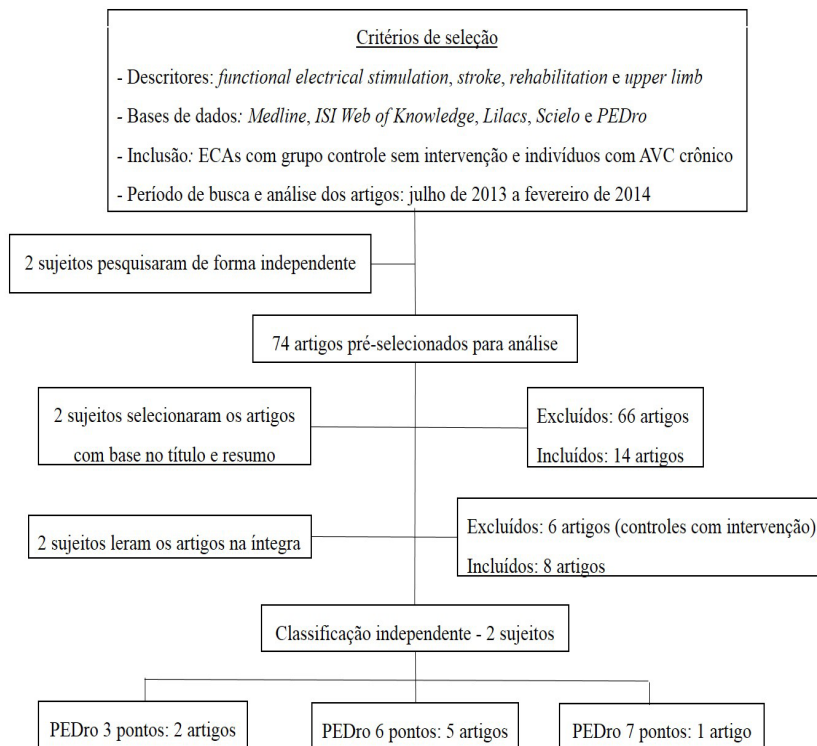
Duas pesquisadoras avaliaram os artigos de maneira independente em relação à presença ou ausência dos indicadores de qualidade da escala *PEDro* e, quando divergências foram encontradas, a pontuação final foi estabelecida por consenso após ampla discussão. Estudos na literatura apontam níveis moderados de confiabilidade entre examinadores ($ICC=0,68$) na aplicação dessa escala²⁰. Além disso, os resultados desta revisão foram sumarizados segundo um sistema de classificação comumente utilizado em estudos da área da reabilitação²¹, o qual define os níveis de evidências. De acordo com este sistema, evidência forte é fornecida por achados consistentes em dois ou mais ECAs de alta qualidade; evidência moderada é fornecida por achados consistentes em um ECA de alta qualidade somado a um ou mais ECAs de baixa qualidade, ou por achados consistentes de múltiplos ECAs de baixa qualidade; evidência limitada quando somente um único ECA ou múltiplos ECAs de baixa qualidade; evidência conflituaosa quando há achados inconsistentes em múltiplos ECAs; e evidência ausente quando nenhum ECA é encontrado.

RESULTADOS

Na busca realizada foram encontrados 74 artigos a partir das palavras-chaves. Após a leitura do título e dos resumos, foram pré-selecionados 14 artigos para a leitura na íntegra. Destes, seis artigos foram excluídos por não possuírem grupo controle, resultando em um total de oito ECAs para análise crítica desta revisão. A estratégia de busca está sumarizada na Figura 1.

No Quadro 1 foram descritas as pontuações dos artigos em cada item da escala *PEDro*, bem como a classificação final (somatório de pontos) dos estudos segundo essa escala. No Quadro 2 encontram-se as informações gerais sobre cada artigo, listando as características dos

Figura 1. Estratégia de busca dos artigos para revisão sistemática.



ECA = Ensaio Clínico Aleatorizado; AVC = Acidente Vascular Cerebral.

participantes, desfechos relacionados ao desempenho funcional, intervenção aplicada e os efeitos encontrados.

Avaliação da qualidade metodológica dos estudos

Dentre os oito artigos incluídos na revisão, seis foram considerados como de alta qualidade em relação ao rigor metodológico^{6,15,17,22-24} pois apresentaram pontuação igual ou maior que cinco na escala PEDro (Quadro 1).

Características dos participantes

O tamanho da amostra dos oito estudos variou entre 11²⁵ a 34 participantes²⁴, divididos entre grupo controle e tratamento. Todos os participantes possuíam sequelas crônicas de AVC, com tempo médio de lesão variando entre 13 meses²² a 4,8±3,23 anos¹⁵. Os estudos foram compostos por voluntários de ambos os sexos, com predominância do sexo masculino. A variação de idade compreendeu entre 43²³ a 77,48 anos¹⁵.

Em relação ao local da lesão, dois estudos relataram uma predominância de acometimento em hemisfério cerebral direito^{25,26}, enquanto em dois estudos a lesão

predominou em hemisfério cerebral esquerdo^{6,24}. Em dois estudos houve um pareamento entre indivíduos de acordo com o hemisfério cerebral acometido^{17,23}, enquanto apenas um especificou o acometimento do membro dominante²².

Na maioria dos estudos, o nível de acometimento dos voluntários foi classificado pela capacidade do indivíduo realizar uma movimentação ativa de extensão do punho contra a gravidade maior ou igual a 10°^{6,15,24,26} ou maiores ou iguais a 20°^{17,25}. Os demais estudos optaram pela utilização da *Stroke Impairment Assesment Set*^{22,23} nos níveis 2 a 4 para o membro superior e 1 ou 2 para os dedos.

Características do programa de intervenção

O programa de intervenção foi administrado ambulatorialmente^{15,17,23-26} ou em domicílio^{6,22}. A duração da intervenção em ambiente ambulatorial variou de quatro sessões²⁴ a 100 sessões¹⁷.

A frequência de aplicações variou de uma^{23,24,26} a duas vezes por dia^{22,23,25}. A duração das sessões compreendeu de 30 minutos¹⁷ a 6 horas diárias⁶. O tempo de inter-

Quadro 1. Classificação dos artigos segundo os 11 itens da Escala de PEDRo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	total
Kimberly 2004 ⁶	S	S	N	S	S	N	S	S	N	N	S	6
Cauraugh 2009 ¹⁵	N	S	S	N	S	N	N	S	N	S	S	6
Shin 2008 ¹⁷	S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Hara 2008 ²²	S	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Hara 2006 ²³	S	S	S	N	N	N	S	S	N	S	S	6
Cauraugh 2003 ²⁴	N	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Cauraugh 2000 ²⁵	N	S	N	N	N	N	N	S	N	S	N	3
Cauraugh 2003 ²⁶	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S	S	3

A pontuação do primeiro item, por ser referente à validade externa, não é considerada no escore final¹⁹. Item 1: os critérios de elegibilidade foram especificados. Item 2: os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos. Item 3: a distribuição dos sujeitos foi cega. Item 4: Inicialmente os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes. Item 5: todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo. Item 6: todos os terapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega. Item 7: todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, fizeram-no de forma cega. Item 8: mensurações de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelo grupos. Item 9: todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram mensurações de resultados receberam o tratamento ou a condição de controle conforme a alocação ou, quando não foi este o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultado-chave por "intenção de tratamento". Item 10: os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave. Item 11: O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave. N = não; S = sim.

venção variou de quatro dias¹⁵ a cinco meses²², sendo que três estudos despenderam duas semanas para a sua totalização²⁴⁻²⁶.

Destaca-se que o método de intervenção utilizado por todos os pesquisadores foi a FES associada à eletromiografia (EMG-*triggered*)^{6,15,17,22-26}.

Os parâmetros de corrente variaram entre os estudos, sendo que quatro deles descreveram os principais parâmetros necessários para a reprodutibilidade do protocolo de intervenção^{15,17,24,26}. A frequência utilizada variou de 35Hz¹⁷ a 50Hz^{6,15,24-26} e largura de pulso de 0-15 μ s²³ a 200 μ s^{6,15,17,24,26}. Em relação ao tempo de contração muscular (tempo ON), os estudos que descreveram este parâmetro relataram um tempo de estimulação em cada contração de 5s^{6,15,17,24,25} ou 10s²⁶. Porém, apenas um estudo propôs que a contração com duração de 10s se mostrou mais eficaz para ganhos funcionais que contrações com 5s e que ambas são mais eficazes do que nenhuma estimulação²⁴.

Os eletrodos foram posicionados em membro superior parético em somente extensores de punho e dedos^{6,15,17,22,23,25,26}, associado a flexores do ombro²², e em

extensores de punho e dedos, extensores de cotovelo e abdutores de ombro²⁴.

Em relação a associação de técnicas de reabilitação, houveram estudos em que a FES foi utilizada em conjunto com movimentação passiva e alongamentos²⁵, bloqueio com fenol²³, exercícios de melhora de amplitude de movimento, alcance, preensão, treino de atividades de vida diária²² e atividades físicas de baixa intensidade²². Em alguns protocolos a FES foi utilizada em membro parético associada à movimentação bilateral dos membros superiores^{15,26}. Os demais autores optaram pela utilização exclusiva da FES no grupo experimental^{16,15,24}.

Efeitos da FES no desempenho funcional

Os estudos incluídos nesta revisão apontam a FES como uma intervenção terapêutica favorável na melhora do desempenho funcional, em especial quando associada à eletromiografia de indivíduos com sequelas crônicas de AVC, do tipo hemiparesia. Considerando que seis dos ECAs selecionados apresentaram alta qualidade metodológica^{6,15,17,22-24} pode-se afirmar que, de acordo com a classificação proposta o efeito positivo da FES sobre o

Quadro 2. Resumo das informações contidas nos artigos selecionados.

Autores	Participantes	Desfechos avaliados (relacionados ao desempenho em atividades funcionais)	Intervenção	Efeitos encontrados (referidos de acordo com a numeração dos desfechos)
Kimberley 2004 ⁶	n=16 (TTO: 8 e controle: 8); IM±DP 60,1±14,5 anos; Tempo lesão: 35,5±25,1 meses; Gravidade: hemiparéticos capazes de realizar flexão e extensão ativa das articulações MCF e indicador ≥ 10°; Sexo: 11M e 5F; Lesão: 8D e 8E	1) <i>Box and Block Test</i> 2) <i>Jebsen Taylor Hand Function Test (JTHFT)</i> 3) <i>Motor Activity Log</i>	TTO (em domicílio): EMG-triggered nos extensores de punho e dedos, 6h/dia, por 10 dias, durante 3sem; parâmetros de EE: F: 50Hz, T: 200µ, Ton: 5s, Toff: 15s, RS e RD: 1s. Corrente constante, bifásica retangular assimétrica; controle: mesmos procedimentos do grupo TTO, porém utilizando EE sem passagem de corrente.	1) Grupo TTO apresentou melhora do desempenho (p=0,03) e grupo controle efeito NS 2) Grupo TTO apresentou melhora do desempenho em três subitens do teste JTHFT (p≤0,04) e grupo controle efeito NS 3) Grupo TTO apresentou aumento do score final (p≤0,003) e grupo controle efeito NS.
Carraugh 2009 ¹⁵	n= 30 (TTO: 20 e controle: 9; perdas: 1); IM±DP 67,23±10,25 anos; Tempo lesão: 4,8±3,23 anos; Gravidade: hemiparéticos com habilidade para estender o punho e os dedos ativamente > 10° contra a gravidade, a partir de 80° de flexão de punho; Sexo: 19M e 12F; Lesão: 17D e 12E	1) <i>Box and Block Test</i> 2) <i>60 second functional manual dexterity task</i>	Grupo treino bilateral sem carga e EMG-triggered (n=10): 4 dias, totalizando 6 h de treinamento em extensores de punho e dedos. Parâmetros de EE: F: 50Hz, T: 200µ, onda bifásica, I: 15 a 29mA, Ton: 5s, Toff: 25s, RS: 1s, RD: 1s; Grupo treino bilateral com carga e EMG-triggered (n=10): 4 dias de treinamento, totalizando 6 h em extensores de punho e dedos. Parâmetros de EE: F: 50Hz, T: 200µ, onda bifásica, I: 15 a 29mA, Ton: 5s, Toff: 25s, RS: 1s, RD: 1s; Controle: 4 dias de reabilitação para membro afetado, sem assistência de EE ou movimentos bilaterais.	Em ambos os desfechos (1 e 2): - Grupo treino bilateral com carga e EMG triggered demonstrou melhor desempenho (p<0,003) que o controle. - Grupo treino bilateral sem carga e EMG triggered apresentou melhor desempenho (p=0,07) que grupo controle.
Shin 2008 ¹⁷	n=14 (TTO: 7 e controle: 7) IM±DP TTO=61,0±7,5 anos Tempo lesão: TTO: 18,6±4,2 meses; Gravidade: hemiparéticos com habilidade para estender ativamente o punho >20° contra a gravidade; Sexo: TTO 15M e 2F; Lesão: 7D e 7E	1) <i>Box and Block Test</i> 2) <i>Strength</i> 3) <i>Accuracy Index</i> 4) <i>On/off set</i>	TTO: EMG-triggered nos extensores comuns dos dedos, 2 sessões (30min)/dia, 5 vezes/sem, durante 10 sem + Atividades físicas de baixa intensidade; Parâmetros da EE: I=10 a 20mA, T=200µs, F=35Hz, Ton=5s, Toff=4s, RS=0,1s, RD=2s, corrente bifásica simétrica retangular; Controle: Atividades físicas de baixa intensidade.	Em todos os testes (1, 2, 3 e 4), TTO > controle (p ≤ 0,01)
Hara 2008 ²²	n= 20 (TTO: 10 e controle: 10); IM±DP TTO =56 anos (24-77 anos); Tempo lesão: TTO 13 meses (12-16 meses); Gravidade: hemiparéticos classificados de acordo com a escala "Stroke Impairment Assessment Set" nos níveis 2 a 4 para o membro superior e 1 ou 2 para os dedos; Sexo: 14M e 6F; Lesão (relatada apenas no grupo TTO): 8 acometimento membro dominante	1) <i>Ten-Cup-Moving Test (CMT)</i> 2) <i>Nine-Role-Peg-Test (9-RPT)</i>	TTO (realizado em domicílio durante 5 meses): Grupo A = paralisia parcial dos movimentos do punho e dedos (n=5): 30 min de EMG-triggered em extensores de punho e dedos, 5 vezes/sem + Exercícios de ADM específicos + Exercícios de alcance e preensão + exercícios de AVDs; Tempo de EE aumentando gradualmente até 1 h/dia após 10 dias iniciais; Parâmetros EE: trens de impulsos bifásicos retangulares com T: 50µs. Demais parâmetros: ND -Grupo B (n= 5), ativação parcial da flexão do ombro: 30 min de EMG-triggered em flexores do ombro, 5 vezes/sem + Exercícios de ADM específicos + Exercícios de alcance e preensão + Exercícios de AVDs Tempo de EE aumentando gradualmente até 1 h/dia após 10 dias iniciais. Parâmetros EE: trens de impulsos bifásicos retangulares com T: 50µs. Demais parâmetros: ND Controle: Mesmo protocolo do grupo TTO, porém sem a EE.	Grupo TTO (A e B) obteve melhora no desempenho da mão e grupo controle efeito NS 1) 10-CMT (p<0,001) 2) 9-RPT (p<0,001)

TTO = tratamento; IM = idade média; n = número de participantes; D = direita; E = esquerda; EMG = eletromiografia; EMG Triggered = eletroestimulação disparada quando o nível mínimo de ativação muscular voluntária detectado pela eletromiografia é atingido; EE = estimulação elétrica; F = frequência; T = largura de pulso; I = amplitude; Ton = tempo de estimulação; Toff = tempo de descanso; RD = rampa de descida; RS = rampa de subida; s = segundos; h = horas; min = minutos; sem = semanas; NS = não significante; AVDs = atividades de vida diária; ADM = amplitude de movimento; ND = não descrito; DP = desvio padrão; M = masculino; F = feminino.

Quadro 2 (cont.). Resumo das informações contidas nos artigos selecionados.

Autores	Participantes	Desfechos avaliados (relacionados ao desempenho em atividades funcionais)	Intervenção	Efeitos encontrados (referidos de acordo com a numeração dos desfechos)
Hara 2006 ²³	n=16 (TTO: 8 e controle: 6; perdas: 2); IM±DP TTO= 57,6 anos (43-77 anos); Tempo lesão TTO: 16 meses (12-34 meses); Gravidade: hemiparéticos classificados de acordo com a escala "Stroke Impairment Assessment Set" nos níveis 3 ou 4 para o membro superior e 1 ou 2 para os dedos; Sexo: 11M e 3F; Lesão (relatada apenas no grupo TTO): 4D e 4E.	1) <i>Ten-Cup-Moving Test</i> 2) <i>Nine-Hole-Peg Test</i>	TTO: Programa de exercícios associados EMG-triggered nos extensores de punho e dedos + bloqueio por fenol nos flexores de punho e dedos, 1 ou 2 sessões (40min/sem), durante 4 meses; Parâmetros da EE: I=até 50mA, T=0 a 15µs, F=ND, Ton=ND, Toff=ND, RS=ND, RD=ND, corrente assimétrica retangular; Controle: Programa de exercícios não associado à EE, 1 ou 2 sessões (40min./sem), durante 4 meses.	Em ambos os testes (1 e 2), TTO > controle (p < 0,01).
Cauraugh 2003 ²⁴	n=34 (TTO: 28 e controle: 6); IM=66,1 anos; Tempo lesão: 3,2 anos; Gravidade: hemiparéticos com habilidade para estender ativamente o punho/dedos ≥ 10°, a partir de 90° de flexão; Até 80% de recuperação motora mensurada por EMG; Sexo: 30M e 8F Lesão: 15D e 19E	1) <i>Box and Block Test</i>	TTO: Grupo <i>blocked</i> , mesmo movimento repetitivo em trials sucessivos (n=14): mesmo movimento repetido em trials sucessivos: 90 min de EMG-triggered em extensores de punho e dedos, tríceps braquial e deltóide médio e anterior, 2 vezes/sem, durante 2 semanas; Sessão: 3 sets de 30 movimentos (10 extensão punho e dedos seguidos por 10 extensão cotovelo seguidos 10 abdução ombro); Parâmetros EE: trens de impulsos bifásicos, F: 50Hz, T: 200µ, I: 13 a 28mA, RS e RD: 1s, Ton: 5s. Tempo entre trials: 25s de repouso; Grupo <i>random</i> , diferentes movimentos em trials sucessivos (n=14): diferentes movimentos em trials sucessivos: 90 min de EMG-triggered em extensores de punho e dedos, tríceps braquial e deltóide médio e anterior, 2 vezes/sem, durante 2 semanas; Sessão: 3 sets de 30 movimentos; parâmetros EE: trens de impulsos bifásicos, F: 50Hz, T: 200µ, I: 13 a 28mA, RS e RD: 1s, Ton: 5s. Tempo entre trials: 25s de repouso; Controle: mesmo protocolo do grupo TTO, porém sem a EE. Movimentação passiva e ativa de punho/dedos, cotovelo e ombro.	1) Grupo TTO apresentou melhora do desempenho (p=0,039) e grupo controle efeito NS. Efeito NS entre grupo <i>blocked</i> e <i>random</i> .
Cauraugh 2000 ²⁵	n=11 (TTO: 7 e controle: 4) IM±DP 61,64±9,57 anos; Tempo lesão: 3,49±2,56 anos; Gravidade: hemiparéticos com habilidade para estender ativamente o punho ≥ 20°, a partir de 90° de flexão; Sexo: 6M e 5F; Lesão: 10D e 1E	1) <i>Box and Block Test</i> 2) <i>Motor Assessment Scale</i> 3) <i>Fugl-Meyer</i>	TTO: 30 repetições de EMG-triggered nos extensores de punho e dedos, 2 sessões (60min) /dia, 3 vezes/sem, durante 2 sem + Movimentação passiva de punho + estiramento de flexores de punho e dedos; Parâmetros de EE: F: 50Hz, T: ND, I: 14 a 29mA, Ton: 5s, RS e RD: 1s. Forma de onda: ND; Controle: Mesmos procedimentos do grupo TTO.	1) TTO > Controle (p<0,05) 2) Efeito NS 3) Efeito NS
Cauraugh 2003 ²⁶	n=26 (TTO:20 e controle: 6) IM±DP= 66,4±9,7 anos; Tempo lesão: 2,8±1,9 anos; Gravidade: hemiparéticos com habilidade para estender ativamente o punho ≥ 10°, a partir de 90° de flexão; Sexo: 18M e 8F; Lesão: 12D e 8E	1) <i>Box and Block Test</i>	TTO: 30 repetições de EMG-triggered nos extensores de punho e dedos, sessões de 90min, 2 vezes/sem, durante 2 sem + Movimentos bilaterais de extensão de punho e dedos; Parâmetros de EE: F: 50Hz, T: 200µ, I: 17 a 28mA, RS e RD: 1s, Ton: 5s no grupo TTO1 e 10s no grupo TTO2. Forma de onda: ND; Controle: Movimentos bilaterais de extensão de punho e dedos.	1) TTO > controle Efeito de interação entre duração da estimulação e número de sessões (p=0,012).

TTO = tratamento; IM = idade média; n = número de participantes; D = direita; E = esquerda; EMG = eletromiografia; EMG Triggered = eletroestimulação disparada quando o nível mínimo de ativação muscular voluntária detectado pela eletromiografia é atingido; EE = estimulação elétrica; F = frequência; T = largura de pulso; I = amplitude; Ton = tempo de estimulação; Toff = tempo de descanso; RD = rampa de descida; RS = rampa de subida; s = segundos; h = horas; min = minutos; sem = semanas; NS = não significante; AVDs = atividades de vida diária; ADM = amplitude de movimento; ND = não descrito; DP = desvio padrão; M = masculino; F = feminino.

desempenho funcional de indivíduos com AVC crônico apresenta fortes evidências na literatura científica atual.

Um dos desfechos avaliados relacionados ao desempenho funcional foi a destreza manual mensurada pelos *Box and Block Test*, *Ten-Cup-Moving Test*, *Nine-Hole-Peg Teste* e *60 Second Functional Manual Dexterity Task*. Os estudos demonstraram melhora significativa no desempenho motor dos voluntários do grupo experimental, comparados aos do grupo controle^{6,17,22-25}. A FES demonstrou ter aumentado de modo significativo a função motora mensurada pelo *Box and Block Test* quando associada a utilização de injeção de fenol em musculatura espástica²³. Movimentos bilaterais associados a períodos maiores de contração muscular (10 segundos) mediada pelo FES com *EMG-triggered* demonstraram melhora significativa na destreza manual mensurada pelo *Box and Block Test*²⁶.

No estudo em que foram utilizadas escalas para a mensuração da função motora, como a *Motor Assesment Scale* e *Fulg-Meyer*, não houve evidências de aumento da *performance* motora com a utilização da FES²⁵.

Em relação à percepção do uso dos membros superiores avaliada pela *Motor Activity Log*, houve aumento do uso do membro parético nas atividades de vida diária no grupo submetido à FES²⁵.

Apesar da importância da realização de um *follow-up* para avaliar a persistência de ganhos funcionais nos indivíduos após a intervenção, nenhum estudo mensurou objetivamente os ganhos da destreza manual mediada pela FES ao longo do tempo.

DISCUSSÃO

Foram incluídos nesta revisão estudos experimentais do tipo ECA. Nesse desenho metodológico, o efeito de uma ou mais intervenções é comparado ao efeito obtido em um grupo controle (não submetido à intervenção alvo de investigação), podendo-se ainda realizar uma comparação entre os efeitos das diferentes intervenções. Os estudos do tipo ECA possuem a vantagem de fornecer uma relação de causa e efeito entre as variáveis investigadas. No caso da presente revisão, a inclusão apenas de estudos do tipo ECA justifica-se pelo objetivo central de investigar se a FES aplicada no membro superior parético é capaz de resultar em melhora no desempenho

funcional do membro superior em indivíduos com AVC crônico. Além disso, a alocação aleatória dos voluntários nos grupos de estudo, uma característica típica do ECA, aumenta a qualidade metodológica da pesquisa, uma vez que reduz as chances dos resultados obtidos serem fortemente influenciados pelas características intrínsecas dos voluntários, e não apenas pela intervenção proposta. Portanto, o ECA revela-se o tipo de desenho metodológico mais adequado para responder ao problema de pesquisa investigado nesta revisão.

Seis dos oito ECAs incluídos na revisão sistemática foram considerados de alta qualidade metodológica, conforme o critério reconhecidamente estabelecido na literatura¹⁸. Esses estudos apresentaram resultados consistentes que sugerem efeitos positivos da FES sobre o desempenho funcional do membro superior. Portanto, segundo a classificação por níveis de evidência¹⁹, pode-se afirmar que existe evidência forte de que a FES é capaz de melhorar o desempenho de indivíduos com sequelas crônicas de AVC durante a realização de atividades que envolvam os membros superiores.

Apesar da alta qualidade metodológica da maioria dos estudos, nenhum deles foi classificado como duplo cego, ou seja, com mascaramento dos voluntários e dos examinadores. Apenas um estudo considerou o mascaramento apenas dos participantes durante a realização dos procedimentos de coleta⁵. Destaca-se que o mascaramento dos examinadores pode ser obtido quando o examinador que aplica a intervenção com a FES é diferente daquele que realiza a mensuração e o registro dos desfechos de funcionalidade do estudo. Por outro lado, o mascaramento do voluntário pode representar uma tarefa difícil em estudos que envolvam eletroestimulação, uma vez que há uma expectativa prévia dos voluntários em relação à sensação que será produzida pelos eletrodos fixados sobre a pele. Alguns autores optam por realizarem o mascaramento dos participantes por meio da colocação dos eletrodos sem a passagem de corrente elétrica⁶. Embora essa estratégia de mascaramento possa não ser completamente satisfatória, ela aumenta a padronização dos procedimentos entre os diferentes grupos e tende a minimizar a influência que a expectativa dos voluntários pode gerar sobre os desfechos investigados. Além disso, um dos itens menos pontuados na Escala PEDro diz respeito ao rigor

estatístico das pesquisas. Poucos autores preocuparam-se em realizar análise estatística dos dados dos voluntários que foram excluídos em alguma fase da pesquisa (intenção de tratamento)^{17,24}. Assim, deve-se considerar que a escassez de estudos duplo cegos e o baixo rigor estatístico podem ter influenciado os resultados de alguns estudos.

Embora todos os estudos incluídos nesta revisão tenham investigado a eficácia da FES sobre o desempenho funcional do membro superior de indivíduos com sequelas crônicas de AVC, os parâmetros de aplicação da FES, os protocolos realizados e as características dos participantes foram altamente variáveis entre os estudos. Esse fato inviabilizou o agrupamento dos resultados dos estudos e a realização de uma análise estatística quantitativa (metanálise), procedimento considerado como padrão-ouro quando se pretende estabelecer a eficácia de uma intervenção. Dessa forma, para que aumente a aplicabilidade clínica da FES, ainda demonstra-se necessária a realização de estudos que utilizem protocolos com parâmetros semelhantes e que variem estes parâmetros de maneira controlada determinando, assim, a intervenção mais adequada.

A FES se caracteriza por ser uma intervenção na qual há aplicação de impulsos elétricos em nervos periféricos a fim de ativar motoneurônios e músculos para melhorar ou restaurar a função²⁷. Várias são as justificativas teóricas para a utilização da FES na reabilitação. Alguns autores apoiam a Teoria da Integração Sensoriomotora cujas vias sensoriais são sensibilizadas pelo *feedback* periférico proprioceptivo provocado pela movimentação do segmento, ativando momentaneamente o córtex sensoriomotor²⁵. Outros consideram que o recebimento dos estímulos no córtex lesado pode auxiliar na organização do modelo interno de movimento do membro superior acometido²⁵, e aumentar a ativação cortical ipsilateral do córtex somatosensorial primário⁵. Para outros pesquisadores, a aquisição funcional em indivíduos crônicos submetidos à FES deve-se a inibição recíproca dos músculos flexores no momento em que os músculos extensores são ativados²². Por fim, a hipertrofia tecidual, o incremento de força e a melhora da endurance muscular alcançados ao longo de uma intervenção prolongada com a FES podem estar diretamente relacionados à recuperação motora funcional observada em indivíduos submetidos a essa in-

tervenção¹⁸.

Os resultados desta revisão apontam para uma eficácia da intervenção com a FES sobre a recuperação motora funcional de indivíduos com AVC crônico. Esses efeitos positivos são suportados por uma melhora no desempenho motor funcional do membro superior acometido no momento ou logo após a intervenção com a FES. No entanto, esses estudos não consideram que o efeito de melhora durante ou imediatamente após a prática com a FES possa ser temporário ou específico àquela situação de treinamento²⁸, o que não implicaria em uma aprendizagem motora. A aprendizagem motora é o processo associado com a aquisição relativamente permanente de uma habilidade e a execução da tarefa adquirida em contextos que não sejam necessariamente idênticos ao da prática^{28,29}. A investigação do efeito da FES sobre a aprendizagem motora requer um acompanhamento prolongado do desempenho funcional dos indivíduos após o término da intervenção, o que não aconteceu nos estudos incluídos nesta revisão. Considerando que a melhora permanente da condição motora é um importante objetivo clínico na reabilitação desse grupo de pacientes, estudos com follow-up são necessários para determinar a real eficácia da FES sobre a aprendizagem motora.

Conforme visto nos estudos desta revisão, a utilização da FES pode estar associada à eletromiografia (*EMG-triggered*), na qual eletrodos de superfícies dispostos em pontos motores musculares específicos são responsáveis por detectar um esboço de atividade muscular voluntária e fornecer um incremento elétrico para que o movimento ocorra. Este tipo modalidade de intervenção vem se destacando na literatura³⁰ e é indicado para indivíduos que possuem um pequeno recrutamento muscular, porém não obtém uma contração suficiente para a execução de movimentos funcionais²⁴.

O uso da FES por estimulação de superfície consegue facilmente eliciar uma contração, porém a especificidade do recrutamento muscular e o controle para que o membro consiga realizar o movimento harmonioso são desafios presentes na prática clínica³¹. Fisiologicamente, durante a contração muscular, unidades motoras pequenas de contração lenta são ativadas primeiro, permitindo um movimento com maior controle. Portanto, a sequência fisiológica de recrutamento das unidades motoras

é assíncrona. Já na FES, as unidades motoras maiores, encontradas mais superficialmente, são recrutadas primeiramente, devido ao grande diâmetros dos seus axônios e baixo limiar de excitabilidade. Este recrutamento síncrono resulta na geração de uma contração de alta tensão, porém com grande fadigabilidade, culminando em um movimento vigoroso e sem refinamento³². Segundo alguns autores, esse problema poderia ser resolvido pela adição de vários canais de eletrodos para atingir músculos mais profundos ou utilizando um estímulo que recruta assincronicamente as fibras. Porém, os aparelhos com multicanais são muitas vezes onerosos para a prática clínica, e o recrutamento parcialmente assíncrono pode ser obtido pela utilização de eletrodos intrafasciculares, o que atualmente é restrito ao ambiente de pesquisa³³.

A compreensão e o bom manuseio dos parâmetros também podem auxiliar no refinamento do movimento gerado. Parâmetros como frequência, duração de pulso e amplitude estão intimamente ligados com as características eletrofisiológicas da fibra nervosa. A combinação entre a duração de pulso e a amplitude produz repostas diferenciadas em fibras sensoriais, motoras e nociceptivas, de acordo com o limiar de despolarização de cada uma³⁴. Embora a utilização da FES seja amplamente difundida na prática clínica, não há um consenso na literatura relacionada à escolha dos principais parâmetros de estimulação. A grande maioria dos artigos desta revisão utilizou uma frequência de 50Hz, valor clássico para a aplicação clínica em pacientes com doenças neurológicas e condizente com o relato da literatura que demonstra uma faixa entre 10 a 100Hz³⁴. Em indivíduos com patologia neurológica, valores inferiores a 20Hz podem causar uma contração fasciculada, abrangendo poucas fibras musculares, enquanto valores superiores a 70Hz podem causar sensações nociceptivas³⁵ dependendo das características individuais do sujeito e também de sua patologia. A escolha da frequência deve levar em consideração o limiar motor individual para que não haja a geração de uma contração tetânica, incorrendo na produção de um movimento com pouco controle e alta tensão, podendo dificultar a realização de tarefas funcionais diversificadas.

Metade dos artigos selecionados descreveu um padrão em que o pulso é entregue em trens de pulsos com corrente bifásica em formato retangular^{6,17,22,23}. Sabe-se

que ondas bifásicas simétricas alternam constantemente a polaridade em um mesmo eletrodo diminuindo assim a possibilidade de danos ao mesmo³³. O uso do formato retangular da onda permite um aumento súbito de corrente, gerando um recrutamento sincrônico³⁶. A ampla utilização da corrente retangular deve-se ao fato de que a maioria dos equipamentos disponíveis para comercialização possui este parâmetro predeterminado, restringindo a escolha do terapeuta em relação ao tipo de forma de onda. Teoricamente, espera-se que uma forma de onda em formato triangular ou senoidal possam gerar uma distribuição mais linear e ascendente da densidade de carga ao longo do período ON, possibilitando uma contração menos abrupta e mais cômoda para o paciente. Porém, para esta revisão não foi achado nenhum artigo que comparasse a forma de onda e sua influência na aquisição motora funcional.

A amplitude da forma de onda pode ser definida como a amplitude pico a pico do ciclo³⁷. A amplitude/intensidade é um parâmetro que pode ser alterado com a combinação dos demais parâmetros escolhidos, ou por características do equipamento e segurança do indivíduo. A constituição material dos eletrodos e particularidades antropométricas do indivíduo, como o perímetro da circunferência do segmento a ser estimulado, podem modificar a impedância (resistência) do sistema³⁸. O ajuste da amplitude/intensidade vai depender do tipo de controle do equipamento, ou seja, se o sistema funciona em malha aberta ou malha fechada. A malha aberta é um sistema que não possui uma realimentação automatizada, fazendo com que o terapeuta ajuste os parâmetros desejados manualmente. Já no sistema em malha fechada, as variáveis biomecânicas eletrofisiológicas são calculadas e ajustadas automaticamente pelo equipamento³⁵.

Apenas um artigo desta revisão se propôs a investigar o tempo de estimulação suficiente para ganhos funcionais associado a FES²⁶. Foi observado que indivíduos crônicos submetidos a uma estimulação com duração de cinco ou 10 segundos demonstraram maior recuperação motora quando comparados àqueles que não foram submetidos à estimulação. Porém, nesse estudo não foi achada uma correlação significativa entre a duração do tratamento e tamanho do efeito global, demonstrando que o tempo ideal de utilização da FES ainda é uma questão a

ser investigada.

Grande parte dos estudos revisados preocupou-se em documentar e descrever se a lesão neurovascular nos voluntários da pesquisa ocorreu no hemisfério cerebral direito ou esquerdo, enquanto apenas um estudo reportou informações sobre a dominância do membro superior submetido à intervenção com a FES²². Deve-se ressaltar que, embora negligenciada pela maioria dos estudos, a informação sobre a dominância do membro superior pode ser útil na abordagem dos comprometimentos motores após um AVC, uma vez que uma deficiência motora no membro dominante pode estar associada a maiores prejuízos funcionais do que aqueles observados no envolvimento do membro não dominante. Portanto, sugere-se que estudos futuros forneçam informações sobre a dominância do membro superior dos voluntários da pesquisa, bem como investiguem a relação desse fator com os comprometimentos motores evidenciados em indivíduos com AVC.

Alguns estudos desta revisão ofereceram especial atenção ao treinamento bilateral dos membros^{15,26}. Foi observado que o treinamento bilateral foi eficiente no aumento da destreza manual, podendo ser realizado com ou sem carga no membro estimulado. Os autores ressaltaram a importância deste tipo de treinamento, no qual a movimentação simultânea de ambos os membros permite que a ativação do hemisfério não lesado aumente a ativação do hemisfério danificado, facilitando o movimento do membro parético^{26,39}. Além disso, é possível que as conexões miofasciais existentes entre ambos os membros superiores também possam contribuir para esse processo. Alguns autores constataram que a produção de força em uma mão é capaz de aumentar a amplitude dos movimentos oscilatórios e a rigidez na outra mão. Segundo esses autores, a força produzida por músculos locais poderia ser transmitida ao longo do sistema fascial que interliga os músculos de ambos os membros superiores, resultando em efeitos sobre estruturas distantes da região de produção da força⁴⁰. Nessa perspectiva, a ativação de músculos no membro superior não acometido poderia otimizar a contração muscular no membro superior acometido durante a intervenção com a FES. Além disso, atividades bilaterais com carga podem requerer considerável estabilização de tronco durante a sua execução. É

possível que a tensão produzida pela musculatura anterior do tronco, especialmente pelos músculos oblíquos abdominais, seja transmitida ao músculo serrátil anterior por meio de conexões fasciais⁴¹, o que tenderia a aumentar estabilidade escapular e, conseqüentemente, favorecer a movimentação adequada do membro superior. Dessa forma, princípios neurofisiológicos e biomecânicos parecem suportar os efeitos benéficos de um treinamento bilateral na reabilitação do membro superior parético de indivíduo com AVC.

A funcionalidade se refere à capacidade do sistema eferente alcançar um objetivo motor, apresentando um repertório rico em opções de execução²⁵. As pesquisas relacionadas à aquisição da funcionalidade do membro superior parético por meio da FES enfatizam principalmente os grupos musculares extensores de punhos e dedos. Nesta revisão, apenas um estudo incluiu a estimulação de grupos musculares do ombro parético de pacientes crônicos, embora não de forma concomitante com a estimulação de punho e dedos²². Sabe-se que a recuperação funcional na fase crônica do AVC está ligada a vários aspectos, dentre eles fatores neuromusculares. O membro superior deve ser encarado como uma unidade funcional, estando apto a se movimentar em diversas direções, coordenando deslocamentos angulares de várias articulações, regulando adequadamente a temporalidade das contrações musculares para a efetividade do alcance, preensão e manipulação dos objetos. Portanto, apesar da estimulação de extensores de punho e dedos se relacionarem a um bom prognóstico de recuperação funcional⁴², deve-se ter uma especial atenção aos fatores cinemáticos acima citados.

CONCLUSÃO

A utilização da FES demonstrou-se eficaz para a recuperação motora funcional do membro superior em indivíduos acometidos por AVC crônico. Porém, o número reduzido de estudos e a variedade de protocolos e parâmetros de aplicação da FES limitam a aplicabilidade clínica dessa intervenção. Sugere-se a elaboração de novos ensaios clínicos aleatórios duplo-cegos, com maior rigor estatístico e que comparem as diferenças entre os protocolos e parâmetros para a identificação daqueles que

melhor contribuam para a reabilitação do indivíduo com AVC crônico.

REFERÊNCIAS

- Gagliardi RJ. Acidente Vascular Cerebral ou Acidente Vascular Encefálico? Qual a melhor nomenclatura? *Rev Neurocienc* 2010;18:131-2. <http://dx.doi.org/10.4181/RNC.2010.1802.02p>
- Sacco RL, Kasner SE, Broderick JP, Caplan LR, Connors JJ, Culebras A, et al. An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2013;44:2064-89. <http://dx.doi.org/10.1161/STR.0b013e318296aeca>
- Brasil, Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde/Departamento de Atenção Especializada. Manual de rotinas para atenção ao AVC. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2013, 50p.
- Informações em Saúde (TABNET) (Endereço na Internet). Brasil: Ministério da Saúde (Atualizado em 25 de julho de 2014; Acessado em 07 de março de 2014). Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/>
- Curioni C, Cunha CB, Veras RP, André C. The decline in mortality from circulatory diseases in Brazil. *Rev Panam Salud Publica* 2009;25:9-15. <http://dx.doi.org/10.1590/S1020-49892009000100002>
- Kimberley TJ, Lewis SR, Auerbach SJ, Dorsey LL, Lojovich JM, Carey JR. Electrical stimulation driving functional improvements and cortical changes in subjects with stroke. *Exp Brain* 2004;154:450-60. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-003-1695-y>
- Sullivan JE, Hedman LD. Sensory dysfunction following stroke: incidence, significance, examination, and intervention. *Top Stroke Rehabil* 2008;15:200-17. <http://dx.doi.org/10.1310/tsr1503-200>
- Runnarong N, Tretriluxana J, Vachalathiti R, Hiengkaew V. Reach-to-grasp coordination by avoiding obstacle collision at first and after twelve-months post-stroke. *J Neurol Sci* 2013;333:e544. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2013.07.1913>
- Poole JL, Sadek J, Haaland KY. Meal preparation abilities after left or right hemisphere stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:590-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.11.021>
- Michielsen ME, Selles RW, Stam H J, Ribbers GM, Bussmann JB. Quantifying nonuse in chronic stroke patients: a study into paretic, nonparetic, and bimanual upper-limb use in daily life. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93:1975-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2012.03.016>
- Oujamaa L, Relave I, Froger J, Mottet D, Pelissier JY. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Ann Phys Rehabil Med* 2009;52:269-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rehab.2008.10.003>
- Paz CCSC, Teixeira-Salmela LF, Tierra-Criollo CJ. The addition of functional task-oriented mental practice to conventional physical therapy improves motor skills in daily functions after stroke. *Braz J Phys Ther* 2013;17:564-71. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552012005000123>
- Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet* 2011;377:1693-702. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60325-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60325-5)
- Iosa M, Morone G, Fusco A, Bragoni M, Coiro P, Multari M, et al. Seven capital devices for the future of stroke rehabilitation. *Stroke Res Treat* 2012;187965:1-9. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/187965>
- Cauraugh JH, Coombes SA, Lodha N, Naik SK, Summers JJ. Upper extremity improvements in chronic stroke: coupled bilateral load training. *Restor Neurol Neurosci* 2009;27:17-25. <http://dx.doi.org/10.3233/RNN-2009-0455>
- Gandolla M, Ferrante S, Molteni F, Guanziroli E, Frattini T, Martegani A, et al. Re-thinking the role of motor cortex: context-sensitive motor outputs? *Neuroimage* 2014;91:366-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.01.011>
- Shin HK, Cho SH, Jeon HS, Lee YH, Song JC, Jang SH, et al. Cortical effect and functional recovery by the electromyography-triggered neuromuscular stimulation in chronic stroke patients. *Neurosci Lett* 2008;442:174-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2008.07.026>
- Gordon T, Mao J. Muscle atrophy and procedures for training after spinal cord injury. *Phys Ther* 1994;74:50-60.
- Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C, Maher CG. Evidence for physiotherapy practice: a survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Aust J Physiother* 2001;48:43-9. [http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60281-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60281-6)
- Maher CG, Sherrington C, Robert D, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials *Phys Ther* 2003;83:713-21.
- Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJ, Van der Wees PJ, Dekker J. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil* 2004;18:833-62. <http://dx.doi.org/10.1191/0269215504cr843oa>
- Hara Y, Ogawa S, Tsujiuchi K, Muraoka Y. A home-based rehabilitation program for the hemiplegic upper extremity by power-assisted functional electrical stimulation. *Disabil Rehabil* 2008;30:296-304. <http://dx.doi.org/10.1080/09638280701265539>
- Hara Y, Ogawa S, Muraoka Y. Hybrid power-assisted functional electrical stimulation to improve hemiparetic upper-extremity function. *Am J Phys Med Rehabil* 2006;85:977-85. <http://dx.doi.org/10.1097/01.phm.0000247853.61055.f8>
- Cauraugh JH, Kim SB. Stroke motor recovery: active neuromuscular stimulation and repetitive practice schedules. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003;74:1562-6. <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.74.11.1562>
- Cauraugh J, Light K, Kim S, Thigpen M, Behrman A. Chronic Motor Dysfunction After Stroke : Recovering Wrist and Finger Extension by Electromyography-Triggered Neuromuscular Stimulation. *Stroke* 2000;31:1360-4. <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.31.6.1360>
- Cauraugh J. Chronic stroke motor recovery: duration of active neuromuscular stimulation. *J Neurol Sci* 2003;215:13-9. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-510X\(03\)00169-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-510X(03)00169-2)
- Subramanya K, Kumar A, Kanakabettu M. Functional Electrical Stimulation for Neurorehabilitation. A New Design Paradigm. *NUJHS* 2012;2:14-5.
- Schmidt RA. Motor learning principle of physical therapy. In: Lister MJ. *Contemporary Management of Motor Control Problems*. Alexandria: Foundation of Physical Therapy, 1991, pp49-63.
- Schmidt RA. A Schema Theory of Discrete Motor Skill Learning. *Physical Rev* 1974;82:225-60. <http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2003.10609106>
- Hara Y. Neurorehabilitation with New Functional Electrical Stimulation for Hemiparetic Upper Extremity in Stroke Patients. *J Nippon Med Sch* 2008;75:4-14. <http://dx.doi.org/10.1272/jnms.75.4>
- Ewins D, Durham S. Estimulação Elétrica Funcional. In: Watson T. *Eletroterapia Prática Baseada em Evidência*. 12ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Ltd, 2009, pp273-81.
- Rushton DN. Functional Electrical Stimulation and rehabilitation - an hypothesis. *Med Engin Phys* 2003;25:75-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S1350-4533\(02\)00040-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1350-4533(02)00040-1)
- Popovic M, Lynch C. Functional Electrical Stimulation: Closed-looped Control of induced muscle contractions. *IEEE Control Syst Mag* 2008;28:40-50.
- Walsh D. Introdução à correntes de baixa frequência. In: Watson T. *Eletro-*

- terapia Prática Baseada em Evidência. 12ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Ltd, 2009, pp179-84.
35. Krueger-Beck E, Scheeren E, Nogueira-Neto G, Button V, Nohama P. Efeitos da estimulação elétrica funcional no controle neuromuscular artificial. *Rev Neurocienc* 2010;18:1-11. <http://dx.doi.org/10.4181/RNC.2010.06ip.11>
36. Chipchase LS, Schabrun SM, Hodges PW. Peripheral electrical stimulation to induce cortical plasticity: a systematic review of stimulus parameters. *Clin Neurophysiol* 2011;122:456-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2010.07.025>
37. Howe T. Correntes de baixa frequência: introdução. In: Kitchen S, Bazin S. *Eletroterapia Clayton*. 10ª ed. São Paulo: Editora Manole, 1998, pp261-5.
38. Bohórquez JIR, Souza MN, De Pino AV. Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps. *Rev Bras Eng Biom* 2013;29:153-65. <http://dx.doi.org/10.4322/rbeb.2013.012>
39. Summers JJ, Kagere FA, Garry MI, Hiraga CY, Loftus A, Cauraugh JH. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study. *J Neurol Sci* 2007;252:76-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2006.10.011>
40. Silva P, Moreno M, Mancini M, Fonseca S, Turvey MT. Steady-state stress at one hand magnifies the amplitude, stiffness, and non-linearity of oscillatory behavior at the other hand. *Neurosci Lett* 2007;429:64-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2007.09.066>
41. Myers TW. The Functional Lines. In: Myers TW. *Anatomy Trains*. New York: Churchill Livingstone, 2001, pp182-90.
42. Kwakkel G. Impact of intensity of practice after stroke: issues for consideration. *Disabil Rehabil* 2006;28:823-30. <http://dx.doi.org/10.1080/09638280500534861>