

OS EFEITOS DA CORRENTE ALTERNADA DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA FUNCIONAL (FES) PARA REABILITAÇÃO MOTORA

Cristiane de Oliveira Vieira Souza¹
Diógenes José Gusmão Coutinho²

RESUMO: O estudo da eletricidade no corpo humano, marcou no início do século XVIII e trouxe diversos avanços na área da medicina e uma das aplicações desse estudo é o FES (Functional electrical stimulation), que é o uso de uma corrente alternada de baixa frequência através de eletrodos sobre a pele do paciente, que provoca contrações musculares é tanto usada por profissionais de neuropsicopedagogia, psicopedagogia e fisioterapia como da área de estética.

Palavras chave: Estimulação elétrica funcional FES. Força muscular. Frequência.

ABSTRACT: The study of electricity in the human body, marked in the early 18th century and brought several advances in the field of medicine and one of the applications of this study is the FES (Functional electrical stimulation), which is the use of a low frequency alternating current through electrodes on the patient's skin, which causes muscle contractions is used by both physiotherapy and aesthetic professionals.

Keywords: Functional electrical stimulation FES. Muscular strength. frequency.

INTRODUÇÃO

A eletroterapia é o termo que refere a terapia utilizada através de equipamentos que geram corrente elétrica, que podem produzir efeitos analgésicos, anti-inflamatórios, antidematosos e contração muscular tanto para fortalecimento quanto para sua recuperação, um desses equipamentos é o FES. A corrente elétrica pode provocar uma resposta em células excitáveis, incluindo miócitos e neurônios. Dispositivos que podem fornecer descargas controladas tornaram possível ajudar pessoas com diferentes condições médicas. Implantes cocleares para restaurar

¹ Doutora em Ciências da Educação. Psicopedagoga. Psicomotricista. Docente de graduação e pós graduação.

² Doutor em biologia pela UFPE. Professor da Faculdade Alpha e Unibra. Orientador de dissertações e teses. E-mail: gusmao.diogenes@gmail.com.

a audição, marcapassos frênicos que auxiliam a respiração, sistemas para esvaziar a bexiga, marcapassos cardíacos para garantir a função cardíaca e estimulação cerebral profunda para controlar o tremor devido à doença de Parkinson são exemplos de aplicações de sistemas de estimulação elétrica.

A estimulação neuromuscular é uma aplicação de estimulação elétrica usada na reabilitação do movimento. Nela, a estimulação elétrica produz contrações dos músculos paralisados que ainda estão inervados. Essa técnica pode aumentar força muscular, melhorar a subluxação do ombro (luxação), reduzir o tônus muscular e produzir movimento.

A estimulação elétrica funcional (FES) auxilia os movimentos funcionais e intencionais. Isso é obtido pela aplicação de estimulação elétrica aos músculos que, ao se contraírem, produzem um movimento que pode ser usado funcionalmente. Exemplos de movimentos funcionais incluem levantar um livro de uma mesa, levar uma garrafa de água à boca e segurar uma caneta para escrever. Os músculos, bem como a sequência em que se contraem, são selecionados especificamente para produzir o movimento desejado.

O estimulador elétrico é responsável por gerar as descargas elétricas que produzem as contrações musculares. A entrega da estimulação é realizada por meio de canais de estimulação individuais. Um canal de estimulação consiste em um par de eletrodos (cátodo e ânodo) usados para fornecer pulsos de estimulação complexos. Um estimulador pode ter vários canais de estimulação, cada um dos quais pode estimular músculos individuais usando configurações exclusivas. Um estimulador multicanal programável, que permite especificar a sequência em que cada canal está ativo, possibilita a facilitação de diferentes movimentos funcionais.

A estimulação elétrica pode ser fornecida usando eletrodos com diferentes níveis de invasividade; podem ser implantados total ou parcialmente, conhecidos como eletrodos implantados e percutâneos, respectivamente, ou também podem ser

colocados na superfície do corpo (eletrodos transcutâneos ou não invasivos). Cada tipo de eletrodo oferece vantagens e desvantagens em relação à flexibilidade, especificidade de estimulação, usabilidade e custo.

A intensidade da estimulação é determinada por três parâmetros: amplitude do pulso, duração do pulso e frequência do pulso. A amplitude do pulso se refere à magnitude da estimulação. Afeta diretamente o tipo de fibras nervosas que respondem à estimulação, com fibras grandes nas proximidades do eletrodo de estimulação sendo recrutado primeiro. A duração do pulso (largura do pulso) é o tempo em que o pulso de estimulação está presente. Ambos os parâmetros são inversamente relacionados, de modo que um aumento na duração do pulso pode exigir um pulso com amplitude menor para gerar uma resposta. Por outro lado, reduzir a duração do pulso pode se traduzir na necessidade de aumentar a amplitude do pulso de estimulação.

A frequência de estimulação é a taxa na qual os pulsos de estimulação são administrados e afeta a força da contração muscular, bem como sua qualidade. Cada pulso de estimulação com amplitude e duração devidamente selecionadas produz uma contração muscular, caracterizada por um aumento acentuado na força seguido por um retorno mais lento ao estado de relaxamento. A aplicação rápida de pulsos de estimulação subsequentes antes que o músculo esteja relaxado produzirá espasmos musculares adicionais. A força produzida por cada contração é adicionada de modo que a força média da contração seja maior do que a produzida por uma única contração. Um aumento adicional na frequência de pulso resulta em uma contração sustentada, na qual nenhuma contração individual é visível e, em vez disso, substituída por um movimento suave. A frequência mínima necessária para induzir contrações razoavelmente consistentes está entre 16 e 20 Hz.

Os pulsos usados para estimulação podem ser divididos em monofásicos e bifásicos. Por sua vez, os pulsos bifásicos podem ser classificados em simétricos e assimétricos. Acredita-se que os pulsos monofásicos podem ter um efeito negativo,

pois aplicam energia ao corpo que nunca é removida, criando o potencial de, entre outras coisas, danificar o tecido estimulado. Os pulsos bifásicos, por outro lado, alternam os eletrodos ânodo e cátodo com cada pulso de estimulação, o que é mais seguro para a pessoa que recebe a estimulação. Pulsos *bifásicos simétricos*, como o nome sugere, consistem em duas fases que são idênticas em duração e amplitude, sendo sua polaridade a única diferença entre elas. Em contraste, *bifásico assimétricos* pulsos também têm duas fases de polaridade oposta, mas que não são idênticas em amplitude e / ou duração. No entanto, no caso de *bifásico assimétrico equilibrado* pulsos as amplitudes e durações dos pulsos iniciais e posteriores são selecionados de modo que a carga elétrica total entregue ao corpo durante o pulso inicial seja idêntica à carga elétrica total removida do corpo usando o pulso posterior. Isso garante a segurança e integridade a longo prazo dos tecidos estimulados, ao mesmo tempo que permite controlar exatamente qual eletrodo é usado para fornecer a estimulação que gera as contrações e o ponto motor exato; selecionando a amplitude do pulso principal para ser suficientemente alta para gerar uma contração muscular desejada e selecionando a amplitude do pulso posterior para ser suficientemente baixa para não desencadear a contração muscular, pode-se fornecer estimulação apenas aos pontos motores desejados com precisão.

Antes de usar o FES, é necessário determinar os valores dos diferentes parâmetros de estimulação. A localização dos eletrodos e a intensidade da estimulação são dois dos aspectos mais importantes a serem considerados ao se preparar para administrar a estimulação. Em combinação, esses parâmetros determinarão o movimento produzido quando a estimulação é aplicada, garantindo a segurança e o conforto da pessoa que recebe a estimulação.

A localização dos eletrodos estimulantes tem impacto direto nos músculos que são estimulados e, conseqüentemente, nos movimentos que são produzidos. O conhecimento da anatomia funcional é necessário para realizar essa tarefa, bem como a compreensão de que cada indivíduo é único. Identificar a localização ideal dos eletrodos frequentemente envolve tentativa e erro informados para verificar se o

movimento facilitado é o desejado: os eletrodos são colocados primeiro sobre o (s) nervo (s) que inervam o músculo a ser estimulado e a estimulação é aplicada. Se o movimento resultante for o desejado, o processo está encerrado. Caso contrário, os eletrodos são reposicionados (normalmente usando pequenos ajustes de não mais que alguns centímetros) e o processo é repetido até que o movimento desejado seja obtido.

A intensidade da estimulação determinará quais músculos são contraídos, bem como a força de sua contração. O processo de determinação da intensidade da estimulação é realizado após a determinação da colocação dos eletrodos. Conforme afirmado anteriormente, a intensidade é determinada pela duração do pulso, bem como pela amplitude do pulso.

A FES tem sido usada clinicamente como um dispositivo de assistência e uma intervenção terapêutica para facilitar a restauração do movimento volitivo nas áreas da neuropedagogia, psicopedagogia, fisioterapia e estética. Esta seção descreve os sistemas que desempenharam um papel histórico importante no desenvolvimento da FES como uma tecnologia de reabilitação. Exemplos de neuropróteses para aplicações assistivas são apresentados primeiro e incluem sistemas para facilitar ficar em pé, andar, agarrar e alcançar e agarrar. Esta lista é seguida por uma apresentação do trabalho seminal que ajudou a estabelecer o uso da FES como terapia. Como no caso anterior, o trabalho descrito inclui a restauração da função dos membros superiores e inferiores, e também é categorizado de acordo com a população-alvo.

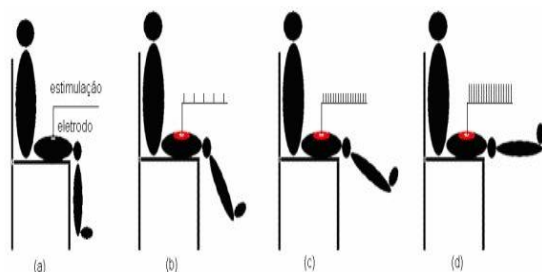


Figura 1: Modelo simplificado da ação de levantar a perna. A corrente de estimulação é nula quando a perna está relaxada (a). Com amplitude e freqüências baixas, o

músculo começa a se contrair e a perna começa a subir (b). Aumentando a frequência de disparo, produz-se uma força de contração maior e a perna sobe mais ainda (c). Aumentando-se a amplitude da corrente, atinge-se um número maior de fibras, proporcionando a força muscular necessária para manter-se a perna levantada (d)

Tabela 1. Largura, frequência e tempo para cada objetivo.

TERAPIA	LARGURA DE PULSO – T (µs)	FREQUÊNCIA (Hz)	TEMPO (min)
Dor Aguda Local	50	100	30
Dor Aguda Local (IFM)	50	100	30
Dor Aguda Extendida	250	50	30
Dor Aguda Extendida (IFM)	250	50	30
Dor Crônica Difusa (8 Hz - IFM)	250	8	30
Dor Crônica (BURST)	250	2	30

FONTE: GOOGLE IMAGENS.

CONCLUSÕES

A eletroterapia, embora seja uma área que está em constante pesquisa e desenvolvimento, vem provando ser de grande importância pela sua praticidade e por abranger várias áreas, mesmo sendo uma área da fisioterapia está bastante ligada a neuropedagogia, psicopedagogia, assim abrindo espaço para profissionais de diversas áreas e ajudando no bem estar do ser humano.

REFERÊNCIAS

BOHORQUEZ, Ingrid Johanna Rodríguez; SOUZA, Marcio Nogueira de; PINO, Alexandre Visintainer. Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps. *Rev. Bras. Eng. Bioméd.*, Rio de Janeiro , v. 29, n. 2, p. 153-165, June 2013 . Available from

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-31512013000200005&lng=en&nrm=iso>.

access

on 23 Nov. 2020. <https://doi.org/10.4322/rbeb.2013.012>

Braz GP, Russold M, Davis GM. Functional electrical stimulation control of standing and stepping after spinal cord injury: A review of technical characteristics. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2009; 12(3):180-90. PMID:22151359

Doheny EP, Caulfield BM, Minogue CM, Lowery MM. Effect of subcutaneous fat thickness and surface electrode configuration during neuromuscular electrical stimulation. *Medical Engineering & Physics*. 2010; 32(5):468-74. PMID:20417145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.medengphy.2010.03.004>

El Makssoud H, Poignet P, Guiraud D. Modelling of the skeletal muscle under functional electrical stimulation. In: *IFESS'03: Proceedings of the Annual Conference of the International Functional Electrical Stimulation Society*; 2003; Sunshine Coast. Sunshine Coast; 2003.

Ingrid Johanna Rodríguez Bohórquez, Marcio Nogueira de Souza, Alexandre Visintainer Pino, *Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps*, Rio de Janeiro, RJ:

José Braconnot Velloso *SISTEMA PARA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA FUNCIONAL (FES-PEB)*, Rio de Janeiro, RJ:

MODESTO, Paulo Cesar; PINTO, Fernando Campos Gomes. Comparação da estimulação elétrica funcional associada à cinesioterapia e cinesioterapia isolada em pacientes com hemiparesia durante a fase subaguda do acidente cerebrovascular isquêmico. *Arq. Neuro-Psiquiatr.*, São Paulo, v. 71, n. 4, pág. 244-248, abril de 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2013000400244&lng=en&nrm=iso>. acesso em 23 de novembro de 2020. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20130009>.