



## A interface EMG-FES pode contribuir na reabilitação do pós-ave agudo? Uma atualização

Jessika Mehret Fiusa

Emerson Carraro

### RESUMO

A eletromiografia (EMG) de superfície consiste em uma técnica de identificação e processamento de dados sobre a ativação neural do músculo estriado esquelético (WONG et.al., 2017). Utiliza-se eletrodos de superfície (Ag/AgCl) para detectar a ação do neurônio motor quando chega na fibra muscular, mesmo se não houver força suficiente para movimentar a articulação durante a contração, como em um paciente com hemiparesia após um acidente vascular encefálico (AVE) (FANG et.al., 2019). A estimulação elétrica funcional (FES) é um dos recursos utilizados no tratamento após o AVE, permitindo a ativação do neurônio motor inferior e consequentemente da musculatura inervada, por meio de estímulos elétricos (LUCAS et.al., 2018). Sua aplicação mais comum é realizada através de eletrodos de superfície nas regiões próximas à inervação do músculo (PARK, 2017).

**Palavras-chave:** Eletromiografia, EMG-FES, Músculo estriado esquelético.

### 1 INTRODUÇÃO

A eletromiografia (EMG) de superfície consiste em uma técnica de identificação e processamento de dados sobre a ativação neural do músculo estriado esquelético (WONG et.al., 2017). Utiliza-se eletrodos de superfície (Ag/AgCl) para detectar a ação do neurônio motor quando chega na fibra muscular, mesmo se não houver força suficiente para movimentar a articulação durante a contração, como em um paciente com hemiparesia após um acidente vascular encefálico (AVE) (FANG et.al., 2019). A estimulação elétrica funcional (FES) é um dos recursos utilizados no tratamento após o AVE, permitindo a ativação do neurônio motor inferior e consequentemente da musculatura inervada, por meio de estímulos elétricos (LUCAS et.al., 2018). Sua aplicação mais comum é realizada através de eletrodos de superfície nas regiões próximas à inervação do músculo (PARK, 2017).

A FES tem-se mostrado uma técnica capaz de estimular a neuroplasticidade (CRAVEN et.al., 2017). Seu funcionamento apresenta duas fases, sendo o tempo ligado (on) que consiste no período de ativação, e o tempo desligado (off) sendo o tempo de repouso para o paciente, onde a FES mantém-se desligada. O tempo desligado deve ser no mínimo 2 vezes o tempo ligado, para que não haja rápida fadiga muscular.



Soma-se os valores de tempo ligado/desligado para calcular o tempo total da ativação elétrica (PINHEIRO et.al., 2018).

Com o objetivo de mimetizar uma atividade motora voluntária, a interface EMG-FES detecta e ativa o aparelho neuromuscular selecionado, por exemplo, a contração da mão para que um tetraplégico apanhe um copo (ZHOU et.al., 2018). Este recurso é capaz de auxiliar a neuroplasticidade de pacientes que possuem sequelas motoras como lesão medular e acidente vascular encefálico por meio de biofeedback tátil, visual e proprioceptivo (LI, 2017).

## **2 OBJETIVO**

Tendo em vista a necessidade de uma atualização sobre a interface EMG-FES para que ela possa ser inserida na reabilitação motora de pacientes com sequelas de AVE, o objetivo do presente estudo é buscar os principais parâmetros utilizados na interface e sua efetividade nesta prática clínica.

## **3 METODOLOGIA**

A pesquisa foi efetuada nas bases Google Scholar, PubMed, Scielo, Lilacs, Medline, PeDro e Bireme com as palavras-chaves a) EMG-FES interface; b) Functional Electrical Stimulation AND Electromyography; c) EMG-FES system; d) EMG trigger FES; e) EMG-FES AND stroke, sobre artigos publicados entre 2017 a 2019. Foram selecionados artigos de periódicos e de congressos, e excluídos aqueles que não se tratava de AVE ou interface EMG-FES, além de resumos, estudos experimentais e resumos expandidos.

## **4 DESENVOLVIMENTO**

De acordo com as palavras-chave supracitadas foram encontrados 923 artigos. Foram excluídas as duplicações e com tema diferente do proposto e selecionados 21. Após as leituras, foram utilizados para essa revisão 10 artigos e removidos 11 por não estarem em conformidade com o tema de estudo.

Figura 2. Análise descritiva sobre os resultados obtidos pelos autores a respeito da intervenção com a interface EMG-FES no pós-AVE. EMG-FES: eletromiografia-estimulação elétrica funcional; AVE: acidente vascular encefálico; n: número de participantes / amostra; MEEM: mini-exame do estado mental; RX: raio-X; EVA: escala visual analógica; ADM: amplitude de movimento; RNM: ressonância magnética; MMSS: membros superiores.

Tema do estudo	<b>Jeon, 2017</b>	<b>Bae, 2017</b>	<b>Schauer, 2017</b>	<b>Carmona, 2018</b>	<b>Zhou, 2018</b>
<b>Estágio AVE</b>	Agudo	Crônico			Agudo
<b>Segmento corporal</b>	Membro superior afetado	Tornozelo	Tornozelo		Ombro
<b>Sequela</b>	Hemiparéticos	Hemiparéticos			
<b>MEEM (pontuação)</b>	21	18			>20
<b>Avaliação</b>	RX ombro, EMG, dor (EVA), Fugl-Meyer	Reflexo H, EMG, Ashworth, equilíbrio			Index, caixa e bloco, atividades funcionais
<b>Protocolo tratamento</b>	30', 5x/sem, 4 sem	20', 5x/sem, 4 sem	10 anos		30', 27 sessões
<b>Grupos (experimental/ controle)</b>	EMG-FES/FES	EMG-FES/FES			
<b>Resultados</b>	Amostra melhor que controle pela EMG e EVA. Sem resultados Fugl-Meyer	Amostra foi melhor que controle	Houve recrutamento de unidades motoras	Potencial reabilitação ativa no AVE	O sistema pareceu eficaz
<b>Tema do estudo</b>	EMG-FES associado a imagética	EMG no membro sadio e FES no membro doente	EMG-FES no braço em pós AVE	EMG-FES no braço em pós AVE	EMG-FES para reabilitação de mão em pós AVE em malha fechada
<b>Estágio AVE</b>	Crônico			Crônico	
<b>Segmento corporal</b>	Mão	Mão	Mão	Braço	Mão
<b>Sequela</b>				Hemiparéticos	
<b>n</b>	68	1	1		
<b>MEEM (pontuação)</b>	>24				
<b>Avaliação</b>	Ashworth, caixa e bloco, Fugl-Meyer, Index, Barthel			Fugl-Meyer, caixa e bloco, ADM ativa, RNM funcional	
<b>Protocolo tratamento</b>	30', 5x/sem, 6 sem			20-30 repetições, 3x/sem, 7 sem	
<b>Grupos (experimental/ controle)</b>	Com/sem imagética				
<b>Resultados</b>	Não houve diferença entre os grupos, mas ambos obtiveram melhora	Eficaz no desenvolvimento do movimento da mão	Eficaz no desenvolvimento do movimento da mão	Reorganização cortical com crescimento neuronal ipsilateral a lesão e redução da atividade contralateral	Potencial reabilitação ativa no AVE

Mediante os achados na literatura (Figura 2), observa-se que na maioria dos casos a EMG-FES foi a técnica escolhida para que o paciente pós AVE possa obter neuroplasticidade de forma ativa. Dois estudos compararam a interface EMG-FES com o tratamento somente da FES. O primeiro estudo (JEON, 2017) testou em indivíduos hemiparéticos, na fase aguda do AVE para tratamento dos MMSS, e o segundo (BAE,



2017) aplicou em sujeitos hemiplégicos na fase crônica, para MMII. Ambos os autores executaram um protocolo de tratamento semelhante, sendo a única diferença o tempo de cada sessão (20' x 30'). Seus resultados revelaram que o grupo EMG-FES proporcionou redução da dor, aumento da funcionalidade, melhora no controle do equilíbrio e redução da espasticidade.

A indagação sobre os efeitos estruturais a nível cortical do tratamento com a interface EMG-FES foi tema de estudo para Wilkins (2017) (11). Ele utilizou a interface para reabilitação de membro superior em pacientes pós-AVE crônicos, hemiparéticos. Sua avaliação incluía ressonância magnética funcional em córtex. Após um protocolo de tratamento de 7 semanas, puderam observar uma reorganização cortical. Houve crescimento neuronal ipsilateral à lesão e redução da atividade neuronal contralateral, demonstrando mudanças estruturais com a reabilitação ativa proporcionada pela EMG-FES. Um outro protocolo proposto em um estudo de 2017 (SCHAUER, 2017) também avaliou a atividade neuronal após o tratamento com 3 técnicas associadas à FES para feedback. Após 10 anos de estudo pode-se concluir que a associação da estimulação elétrica funcional com a eletromiografia promoveu o recrutamento de unidades motoras à nível periférico.

Outros estudos realizaram a associação da EMG-FES com outras técnicas, como imagética e biofeedback através de um membro sadio. O primeiro estudo (PARK, 2019) randomizou dois grupos, sendo o grupo (a) somente a EMG-FES e o grupo (b) EMG-FES com imagética. Seu protocolo de tratamento foi de 6 semanas para ambos os grupos em pós-AVE na fase crônica. O experimento demonstrou que não houve diferença estatística entre os grupos (a) e (b), porém, ambos os grupos obtiveram melhora no movimento da mão. O segundo estudo (RAGHAVENDRA, 2017) aplicou a EMG-FES em pós-AVE para melhora da funcionalidade da mão em um relato de caso. O indivíduo em questão apresentava hemiplegia e, para conseguir a captação do movimento com a EMG, os pesquisadores a aplicaram no braço sadio, enquanto a FES estimulava o membro hemiplégico. Observou-se que essa alternativa foi eficaz no desenvolvimento do movimento da mão, sugerindo novos estudos com maior número de participantes.

Percebe-se que ao longo do tempo os estudos com a interface EMG-FES têm expandido, mas ainda há muitas dúvidas acerca da técnica e de sua legitimidade. Pesquisadores tem como foco de estudo os segmentos corporais com maiores dificuldades de recuperação após uma lesão cerebral e apresentam resultados potencialmente eficazes. Uma pesquisa realizada em 2019 associou a EMG-FES com órtese robótica para membro superior e exoesqueleto para apoio do braço em pós-AVE agudo (AMBROSINI et.al., 2019). Outro estudo aplicou a interface com um sistema de malha fechada para abertura da mão (ZHOU, 2018). Um terceiro estudo utilizou a EMG-FES para melhora da função de punho e dedos em hemiparéticos crônicos (CAMPONA, 2018). Esses estudos obtiveram resultados em comum, inferindo que a interface EMG-FES apresenta um bom potencial para a reabilitação ativa no AVE.



Tabela 2. Configurações utilizadas para aquisição, aplicação e processamento dos dados da eletromiografia e estimulação elétrica funcional. FES: estimulação elétrica funcional; EMG: eletromiografia; f: frequência; p: largura de pulso; i: intensidade; t: tempo; F: frequência de aquisição; pb: filtro passa-banda; pba: filtro passa-baixa; pa: filtro passa-alta; rf: filtro rejeita-faixa; RMS: raiz quadrada da média ao quadrado / root mean square.

		Jeon, 2017	Bae, 2017	Schauer, 2017	Camona, 2018	Zhou, 2018	Ambrosini, 2019	Park, 2019	Raghavendra, 2017	Wilkins, 2017	Zhou, 2018 IEEE
<b>FES</b>											
	f (Hz)				50	50	25			50	
	p ( $\mu$ s)		250		300	200-400	300			300	
	i (mA)		30-70			30-60		15-30			
	t (s)				3					3	
<b>EMG</b>											
	F (kHz)	1.5	1				4		2		1
	pb (Hz)	60-450	20-500		30-300						
	pba (Hz)								90		20
	pa (Hz)								10		50
	rf (Hz)								50		50
<b>Processamento</b>		RMS	RMS	RMS ou pico-a-pico pela diferença do valor e filtro	RMS ou pico-a-pico pela diferença do valor estimado	RMS					RMS

A respeito das configurações mais utilizadas pelos pesquisadores (Tabela 2), temos na FES a frequência mais utilizada de 50 Hz, descrita em estudos para tratamento no pós-AVE crônico de membros superiores (7,11,17), largura de pulso de 300  $\mu$ s tanto para pós-AVE agudo quanto para crônico de membro superior (7,11,15,17), intensidade variando de 30 – 70 mA sendo intensidades mais baixas em membros superiores e mais altas em membros inferiores no paciente crônico (7,10,13), tempo on de 3 segundos, descrito somente em dois estudos de MMSS, na fase crônica da doença (11,17).

Para a EMG, os autores utilizaram, na sua maioria, frequência de aquisição de 1 kHz tanto para fase aguda quanto crônica do AVE em membros inferiores e superiores (9,10,16). Os filtros variaram de acordo



com o ambiente que foi aplicado o tratamento, tipo de músculo e objetivo a ser alcançado (filtro passa-banda (9,10,12), passa-baixa, passa-alta e rejeita-faixa (14,16)).

O processamento dos dados utilizado em todos os estudos (que foram citados) foi através do domínio temporal das frequências (RMS), com variações naqueles estudos que realizaram avaliações mais minuciosas, sendo elas a contagem do recrutamento de unidades motoras e avaliação de função motora e estereognosia (12,17).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nessa revisão bibliográfica pode-se entender que o uso da interface EMG-FES no paciente pós-AVE vem sendo realizada a fim de obter uma nova forma de reabilitação, ativa, facilitadora, em oposição às técnicas utilizadas usualmente na prática clínica. Seus resultados têm sugerido variados benefícios em relação a rapidez do tratamento e reestruturação neural nos níveis cortical e periférico.

Com relação aos equipamentos, ainda não há um consenso na questão de configurações padronizadas, visto que cada estudo busca um objetivo específico. Porém, de uma forma geral, pesquisadores têm utilizado na FES a frequência de 50 Hz, largura de pulso de 300  $\mu$ s, intensidade entre 30 – 70 mA e tempo on de 3 segundos. Para a captação do sinal com a EMG, têm-se utilizado frequência de aquisição de 1 kHz e filtros de acordo com o ambiente a ser aplicado. Para o processamento dos dados todos os autores utilizaram o domínio temporal da frequência (root mean square – RMS).

A partir dos resultados observados, nota-se que o uso da interface EMG-FES tem propiciado benefícios aos pacientes que sofreram acidente vascular encefálico, tanto na fase aguda, evitando espasticidade e atrofia, quanto na fase crônica, gerando reorganização cortical e reativação neural periférica. Novos estudos ainda são necessários para confirmação desses resultados e adequação dos equipamentos.



## REFERÊNCIAS

- WONG AM-K, CHEN C-C, CHUANG L-L, HSU A-L, CHANG Y-J, LI Y-C, et al. Effect of EMG-triggered neuromuscular electrical stimulation with bilateral arm training on hemiplegic shoulder pain and arm function after stroke: a randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2017;14(1):1–12.
- FANG P, GENG Y, ASOGBON MG, JI N, Li G, Pirbhulal S, et al. Intelligent EMG Pattern Recognition Control Method for Upper-Limb Multifunctional Prostheses: Advances, Current Challenges, and Future Prospects. *IEEE Access.* 2019;PP(c):1–1.
- LUCAS F, AZEVEDO CC, DAVID G, ANTONIO PLB, ANTHONY G, EMERSON FM, et al. Towards FES-assisted grasping controlled by residual muscle contraction and movement on persons with tetraplegia. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2018;61(2018):e485–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rehab.2018.05.1132>
- PARK S-J, WANG J-S. The immediate effect of FES and TENS on gait parameters in patients after stroke. *J Phys Ther Sci.* 2017;29:2212–2214.
- CRAVEN BC, GIANGREGORIO LM, ALAVINIA SM, BLENCOWE LA, DESAI N, HITZIG SL, et al. Evaluating the efficacy of functional electrical stimulation therapy assisted walking after chronic motor incomplete spinal cord injury: effects on bone biomarkers and bone strength. *J Spinal Cord Med* [Internet]. 2017;40(6):748–58. Available from: <https://doi.org/10.1080/10790268.2017.1368961>
- PINHEIRO DL da SA, ALVES GS, FAUSTO FMM, PESSOA LS de F, SILVA LA da, PEREIRA SM de F, et al. Efeitos da eletroestimulação associada ao treino mastigatório em pessoas com síndrome de down. *CoDAS.* 2018;30(3):6–11.
- ZHOU; Y, FANG Y, JIA; Z, KAIRU; L, HONGHAI. L. A Multi-channel EMG-Driven FES Solution for Stroke Rehabilitation. *Springer Nat Switz* [Internet]. 2018;1:235–43. Available from: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-97586-3\\_21](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-97586-3_21)
- LI Z, GUIRAUD D, HAYASHIBE M, ANDREU D, GELIS A, FATTAL C. Real-Time Closed-Loop Functional Electrical Stimulation Control of Muscle Activation with Evoked Electromyography Feedback for Spinal Cord Injured Patients. *Int J Neural Syst.* 2017;28(06):1750063.
- JEON S, KIM Y, JUNG K, CHUNG Y. The effects of electromyography-triggered electrical stimulation on shoulder subluxation, muscle activation, pain, and function in persons with stroke: A pilot study. *NeuroRehabilitation.* 2017;40(1):69–75.
- BAE S, KIM KY. Dual-afferent sensory input training for voluntary movement after stroke: A pilot randomized controlled study. *NeuroRehabilitation.* 2017;40(3):293–300.
- WILKINS KB, OWEN M, INGO C, CARMONA C. Neural Plasticity in Moderate to Severe Chronic Stroke Following a Device-Assisted Task-Specific Arm/Hand Intervention. 2017;8(June).
- SCHAUER T. Sensing motion and muscle activity for feedback control of functional electrical stimulation: Ten years of experience in Berlin. *Annu Rev Control.* 2017;44:355–74.
- PARK J. Effects of mental imagery training combined electromyogram-triggered neuromuscular electrical stimulation on upper limb function and activities of daily living in patients with chronic stroke : a



randomized controlled trial. *Disabil Rehabil* [Internet]. 2019;0(0):1–6. Available from: <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1577502>

RAGHAVENDRA P, TALASILA V, SRIDHAR V. Triggering a Functional Electrical Stimulator Based on Gesture for Stroke-Induced Movement Disorder. 2017;61–71.

AMBROSINI E, ZAJC J, FERRANTE S, FERRIGNO G, MEMBER S, DALLA S, et al. A Hybrid Robotic System for Arm Training of Stroke Survivors : Concept and First Evaluation. 2019;9294(c).

ZHOU Y, MEMBER S, FANG Y, GUI K. sEMG Bias-driven Functional Electrical Stimulation System for Upper-Limb Stroke Rehabilitation. *IEEE Sens J*. 2018;PP(c):1.

CAMONA C, WILKINS KB, DROGOS J, SULLIVAN JE, DEWALD JPA, YAO J. Improving hand function of severely impaired chronic hemiparetic stroke individuals using task-specific training with the rein-hand system: A case series. *Front Neurol*. 2018;9(NOV).