REVISTA ERR01 ISSN: 2595-1378

BENEFÍCIOS DA ELETROESTIMULAÇÃO FUNCIONAL (FES) NA REABILITAÇÃO DA MARCHA PÓS-AVE

BENEFITS OF FUNCTIONAL ELECTROSTIMULATION (FES) IN POST-STROKE GAIT REHABILITATION

BENEFICIOS DE LA ELECTROESTIMULACIÓN FUNCIONAL (FES) EN LA REHABILITACIÓN DE LA MARCHA POSTERIOR A UN ICTUS

https://doi.org/10.56238/ERR01v10n7-006

Letícia de Oliveira Souza
Graduanda em Fisioterapia
Instituição: Centro Universitário de Itajubá (FEPI)
E-mail: lhelesouza18@gmail.com

Gislene Guimarães G. Tomazini
Doutora em Ciências
Instituição: Universidade de São Paulo (USP)
E-mail: gislenefisioterapia@yahoo.com.br

Pâmela Camila Pereira
Pós doutora em Engenharia Biomédica

RESUMO

Introdução: O Acidente Vascular Encefálico (AVE) causa significativa incapacidade motora, afetando a marcha e a funcionalidade. A reabilitação motora é essencial, e a Eletroestimulação Funcional (FES), que ativa músculos paralisados ou enfraquecidos por estímulos elétricos, surge como uma estratégia promissora para melhorar a locomoção e a independência funcional. Objetivo: Descrever os benefícios da FES na reabilitação da marcha em indivíduos pós-AVE. Metodologia: Revisão descritiva de literatura, com base em estudos dos últimos cinco anos sobre FES na reabilitação da marcha pós-AVE. Para tanto, realizou-se a busca em bases de dados como: PubMed, BVS e SciELO, bem como utilizou-se artigos originais em português, inglês e espanhol, seguindo critérios éticos dispensando a submissão ao Comitê de Ensino e Pesquisa (CEP). Considerações finais: A FES ajuda de forma essencial na recuperação após um AVE, pois promove autonomia, funcionalidade e confiança, além disso, quando aplicada de forma personalizada, traz importantes ganhos motores, melhorando a qualidade de vida do paciente.

Palavras-chave: Marcha. Covid-19. FES. Controle Postural. Fisioterapia. Eletroestimulação.

ABSTRACT

Introduction: Stroke (CVA) causes significant motor disability, affecting gait and functionality. Motor rehabilitation is essential, and Functional Electrical Stimulation (FES), which activates paralyzed or weakened muscles through electrical stimuli, emerges as a promising strategy to improve locomotion and functional independence. Objective: To describe the benefits of FES in gait rehabilitation for post-

stroke individuals. Methodology: Descriptive literature review using studies from the last five years on FES in post-stroke gait rehabilitation, with searches in PubMed, BVS, and SciELO, including original articles in Portuguese, English, and Spanish, following ethical criteria and exempting submission to the Research Ethics Committee (CEP). Final Considerations: FES plays an essential role in recovery after a stroke, promoting autonomy, functionality, and confidence. When applied in a personalized way, it provides significant motor, cognitive, and quality-of-life improvements.

Keywords: Gait. Covid-19. Functional Electrical Stimulation. Postural Control. Physical Therapy. Motor Rehabilitation.

RESUMEN

Introducción: El accidente cerebrovascular (ACV) causa una discapacidad motora significativa, que afecta a la marcha y la funcionalidad. La rehabilitación motora es esencial, y la electroestimulación funcional (FES), que activa los músculos paralizados o debilitados mediante estímulos eléctricos, se perfila como una estrategia prometedora para mejorar la locomoción y la independencia funcional. Objetivo: Describir los beneficios de la FES en la rehabilitación de la marcha en personas que han sufrido un AVE. Metodología: Revisión descriptiva de la literatura, basada en estudios de los últimos cinco años sobre la FES en la rehabilitación de la marcha tras un AVE. Para ello, se realizó una búsqueda en bases de datos como PubMed, BVS y SciELO, y se utilizaron artículos originales en portugués, inglés y español, siguiendo criterios éticos que eximían de la presentación al Comité de Enseñanza e Investigación (CEP). Consideraciones finales: La FES ayuda de manera esencial en la recuperación tras un AVE, ya que promueve la autonomía, la funcionalidad y la confianza; además, cuando se aplica de forma personalizada, aporta importantes beneficios motores, mejorando la calidad de vida del paciente.

Palabras clave: Marcha. Covid-19. FES. Control Postural. Fisioterapia. Electroestimulación.

ISSN: 2595-1378

1 INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é uma doença de impacto mundial, sendo a segunda maior causa de morte e um dos fatores cruciais na perda da funcionalidade corporal. No Brasil, estima-se que ocorram entre 232.000 e 344.000 novos casos por ano, com cerca de 978 ocorrências diárias. Os principais determinantes de risco incluem Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), diabetes mellitus, dislipidemia, obesidade, sedentarismo, tabagismo e doenças cardiovasculares. Inclusive, a COVID-19 também pode aumentar a chance de ocorrer um AVE isquêmico devido aos mecanismos de hipercoagulabilidade e alterações na circulação sanguínea do paciente (Nascimento *et al.,* 2021; Luo *et al.,* 2022; Sociedade Brasileira de AVC, 2024; Souza; Barbosa, 2024).

Em relação ao aspecto biomecânico, indivíduos acometidos pelo AVE apresentam diferentes padrões compensatórios durante a marcha. Entre os mais frequentes está a marcha em circundução, na qual o membro inferior afetado realiza um movimento em semicírculo, compensando a limitação de flexão do quadril e do joelho. Também é frequente a hiperextensão do joelho na fase de apoio, resultado da fraqueza dos músculos estabilizadores associados à espasticidade dos extensores. Outro padrão característico da doença é o pé equino, definido pela flexão plantar excessiva, geralmente relacionada à fraqueza do músculo tibial anterior ou à espasticidade do gastrocnêmio (Wang; Bhatt, 2022; Skvortsov *et al*., 2025).

Nesse contexto, conceitua-se hemiparesia como a principal manifestação motora decorrente do AVE, caracterizando-se por fraqueza muscular em um hemicorpo, o que limita a execução de movimentos voluntários fundamentais para a marcha. Frequentemente, esse fator é associado à espasticidade, que é mais perceptível nos músculos flexores do membro superior e nos extensores do membro inferior, resultando em aumento do tônus, rigidez e resistência ao movimento passivo.

Assim, esses distúrbios neuromusculares comprometem a coordenação e a eficiência dos padrões locomotores, tornando a marcha assimétrica e ineficaz (Santucci *et al.,* 2023). Nesse contexto, tais alterações motoras e sensoriais afetam todas as fases da marcha. No contato inicial, observa-se a ausência de dorsiflexão, o que leva o indivíduo a tocar o solo com o antepé ao invés do calcanhar. Durante a fase de apoio, pode ocorrer instabilidade postural, dificuldade que favorece o risco de quedas. Já na fase de balanço, a dificuldade em elevar o pé e projetar o membro à frente resulta, em geral, no uso da circundução como estratégia compensatória (Skvortsov *et al*., 2025).

Sendo assim, vale citar que a Eletroestimulação Funcional (FES) é uma estratégia terapêutica eficaz no tratamento do AVE, visto que utiliza estímulos elétricos para ativar músculos específicos durante a marcha. Inicialmente, realiza-se uma avaliação minuciosa do padrão de marcha do paciente, para identificar as características que precisam de correção, para que só depois, haja o posicionamento correto dos eletrodos da FES.

O uso dessa técnica favorece o controle motor, aumenta a força muscular, aprimora o padrão de movimento e estimula a neuroplasticidade de cada indivíduo, promovendo a reorganização do sistema nervoso central e a recuperação das funções motoras comprometidas (Kopereck *et al.,* 2025*).*

Assim, faz-se necessário entender a dimensão global e nacional do AVE, juntamente com as alterações funcionais que afetam a marcha, permite direcionar a escolha de estratégicas terapêuticas, como a FES. Isso se dá, pois a combinação desses fatores possibilita propor estratégias de reabilitação fundamentadas em evidências, visando reduzir limitações, promover autonomia e melhorar a qualidade de vida desses pacientes. Desta forma, é imprescindível que mais estudos abordem os parâmetros e locais de aplicação, evidenciando a necessidade de pesquisas adicionais para auxiliar de forma mais efetiva a recuperação dos pacientes acometidos pelo AVE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FASES DA MARCHA

2.1.1 Fase de apoio

- Contato inicial: O calcanhar toca o solo;
- Resposta à carga: Absorção de impacto e início do suporte de peso;
- Apoio médio: O corpo passa sobre o pé de apoio;
- Apoio terminal: Transferência de peso para o antepé;
- Pré-balanço: Preparação para tirar o pé do chão (Hulleck *et al.*, 2022).

2.1.2 Fase de balanço

- Balanço inicial: O pé deixa o solo e o joelho se flexiona;
- Balanço médio: O pé passa ao lado da perna de apoio;
- Balanço terminal: O joelho se estende e o pé se prepara para o próximo encontro com o solo (Vilela *et al*., 2023).

2.2 FISIOPATOLOGIA DA MARCHA PATOLÓGICA

O principal impacto em pessoas acometidas pelo AVE é a hemiparesia, caracterizada pelafraqueza em um lado do corpo, frequentemente associada à espasticidade nos flexores do braço e extensores da perna, o que gera rigidez muscular e marcha anormal e ineficiente (Santucci *et al*., 2023).

Nessa conjuntura, após o AVE, a marcha apresenta compensações biomecânicas, como circundução do membro inferior para contornar a limitação de flexão do quadril e joelho, hiperextensão do joelho na fase de apoio, devido à fraqueza e espasticidade, e pé equino causado por fraqueza do tibial anterior ou espasticidade do gastrocnêmio (Wang; Bhatt, 2022; Skvortsov *et al.,* 2025).

Nota-se, então, que as alterações motoras e sensoriais pós-AVE afetam todas as fases da marcha. No contato inicial, há ausência de dorsiflexão; na fase de apoio, ocorre instabilidade postural e, no balanço, a dificuldade em elevar o pé leva frequentemente à circundução como compensação (Skvortsov *et al.,* 2025).

3 ELETROESTIMULAÇÃO FUNCIONAL (FES)

As principais disfunções musculares que afetam a marcha incluem pé equino (tibial anterior, dorsiflexão do tornozelo), inversão excessiva do pé (fibulares, eversão e estabilidade do tornozelo), hiperextensão do joelho (isquiotibiais, flexão do joelho), instabilidade em apoio (quadríceps, extensão do joelho), dificuldade na extensão do quadril (glúteo máximo, estabilização do tronco) e dificuldade na abdução do quadril (glúteo médio, estabilização pélvica), utilizando pontos motores correspondentes a cada músculo (Araki *et al.*, 2020; Chen *et al*., 2024).

3.1 PARÂMETROS DA FES

Os parâmetros de estimulação elétrica variam conforme o tamanho do grupo muscular: grandes músculos utilizam 10–50 Hz e 1.000 µs; os médios 10–50 Hz e 350–500 µs; e pequenos 50–100 Hz e 150–350 µs. Todos os parâmetros são realizados com tempo de subida e descida de 1–2 s, contração de 10–20 s e relaxamento na proporção 1:3–1:5 (Silva *et al.,* 2023).

3.2 FES NA REABILITAÇÃO DA MARCHA

A FES trata com impulsos elétricos os nervos motores, promovendo contrações musculares sincronizadas com a marcha e ajustando o pé equino, bem como estímulo da neuroplasticidade e da reorganização cortical. Dessa forma, com os impulsos, há significativa melhora na cadência, simetria, velocidade, no controle postural, na propriocepção e na motivação do paciente. Há também a potencialização do avanço em relação ao treino de marcha, à cinesioterapia e ao *feedback* sensorial, além de que o tratamento controla atrofias e contraturas em casos crônicos. Entretanto, quando individualizada, não substitui a fisioterapia, mas amplia efeitos funcionais e acelera a reabilitação, promovendo independência e bem-estar pós-AVE (Cunha *et al.,* 2021; Dantas *et al.,* 2023; Silva *et al.,* 2023).

4 OBJETIVO

Descrever os efeitos da FES na reabilitação da marcha de indivíduos acometidos por AVE, considerando sua participação para a melhoria do padrão de marcha e na promoção da neuroplasticidade e da recuperação motora.

ISSN: 2595-1378

5 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão integrativa de literatura com abordagem de análise descritiva, cujo objetivo foi reunir, sintetizar e discutir a produção científica sobre os benefícios da FES na reabilitação da marcha pós-AVE. A busca bibliográfica foi realizada entre os meses de março a setembro, nas bases de dados reconhecidas na área da saúde, como: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e PubMed (U.S. *National Library of Medicine*). Além disso, buscou-se artigos publicados no período de 2020 a 2025, utilizando os seguintes descritores: Marcha (*March*); Covid-19; FES; Controle Postural (*Postural control*); Fisioterapia (*Physiotherapy*) e Eletroestimulação (*Electrostimulation*), combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR.

Artigos originais, revisões e estudos disponíveis na integra, publicados em português, inglês e espanhol, que abordassem de forma direta a temática proposta foram incluídos na busca. Por outro lado, foram excluídos trabalhos duplicados, publicações não científicas e artigos que não apresentaram relação com os objetivos do estudo. O processo de seleção ocorreu em três etapas: (1) leitura de títulos e resumos; (2) exclusão dos estudos que não atendiam aos critérios; e (3) leitura integral dos artigos elegíveis.

Após a seleção dos dados extraídos, estes foram organizados em quadro sinóptico contendo informações como autor, metodologia, principais resultados e conclusões. Em seguida, foi realizada uma análise descritiva, que possibilitasse a categorização temática e a síntese do conhecimento produzido sobre o assunto. Por se tratar de uma revisão de literatura, não houve coleta de dados com seres humanos, dispensando submissão ao CEP, sendo respeitados os direitos autorais e a integridade científica na apresentação dos resultados.

6 RESULTADOS

Este estudo buscou compreender e descrever os benefícios da FES no processo de reabilitação da marcha em pessoas que sofreram um AVE. A marcha foi escolhida como foco principal por representar uma das sequelas mais impactantes na autonomia e na qualidade de vida desses indivíduos.

Durante a busca nas bases de dados, foram identificados 29 artigos relacionados ao tema. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, nove estudos foram removidos por não terem utilizado a FES como método de intervenção ou por se tratarem de revisões de literatura.

Ao final do processo, seis artigos foram selecionados e organizados na Tabela 1. Esses estudos apresentaram resultados relevantes, evidenciando o papel da FES como uma estratégia capaz de contribuir para a melhoria da marcha e da neuroplasticidade, consequentemente, recuperando a funcionalidade dos pacientes.

ISSN: 2595-1378

Tabela 1- Resultados da aplicação da FES em pacientes pós-AVE para melhora da marcha.

AUTOR/ANO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Sijobert *et al.,* (2021).	**Estudo**: Ensaio clínico **Amostra**: 11 **Sexo**: ♂ ♀ **Idade média**: 56,7 anos **Intervenção**: FES para corrigir assimetrias de marcha em pacientes pós-AVE. **Frequência**: 30 Hz. **Aplicação**: Músculos quadríceps e isquiotibiais do membro parético. **Protocolo**: G1: Caminhada sem assistência, velocidade auto-selecionada; G2: Uso de órtese de joelho limitada a ±5° de flexão/extensão; G3: Membro parético com FES controlado pelo protocolo do estudo.	Testes de Tukey indicaram que FES (G3) reduziu o movimento vertical do tronco em comparação à marcha sem assistência (G1) (p=0,038), sugerindo melhora na estabilidade durante a caminhada.
Dantas *et al.,* (2023).	**Estudo**: Ensaio clínico **Amostra**: 28 **Sexo**: ♂ ♀ **Idade média**: 45 anos **Intervenção**: FES para pé equino. **Frequência**: 12 sessões, 2x na semana, 30 min. **Aplicação**: FES aplicada no TA. **Protocolo**: GA-B: esteira + FES, depois apenas esteira**.** GB-A: Apenas esteira, depois esteira + FES.	O GA-B melhorou a função sensorimotora (p=0,035), equilíbrio (p=0,035), coordenação do membro não parético (p<0,015) e resistência funcional (p=0,001) segundo o TC10m e TUG. A coordenação do membro parético melhorou apenas no GB-A (p=0,026) segundo Teste de Coordenação Motora de MMII. A velocidade de caminhada apresentou melhora (p=0,070) segundo TUG.
Mijic; Schoser; Young, (2023).	**Estudo**: Ensaio clínico **Amostra**: 52 **Sexo**: ♂ ♀ **Idade média**: 46,5 anos **Intervenção**: FES em pacientes com AVCI e AVCH agudo. **Frequência**: 30 min, 5x por semana, 200 a 300 µs, 30 a 50 Hz. **Aplicação:** Nervo fibular comum e ponto motor do músculo TA. **Protocolo**: GA (FES nas primeiras 2 semanas) e GB (sem FES nas primeiras 2 semanas), GC (saudáveis).	GA apresentou reduções nas latências do nervo fibular parético (p=0,001) e aumento da velocidade de condução nervosa central (p=0,045) no lado afetado**.** GB apresentou aumento da força de dorsiflexão do tornozelo parético (p=0,045) e redução significativa da cadência de passos nesse período (p=0,036).
AlAbdulwahab *et al*. (2025).	**Estudo:** Ensaio clínico **Amostra:** 14 **Sexo:** ♂ **Idade média:** 55,93 anos **Intervenção:** FES em CP e LP em AVE. **Frequência:** 35 Hz e 80 µs. **Aplicação:** Músculos GMED e TA. **Protocolo:** CP: FES nos ABD do quadril e dorsiflexores durante: (1) abdução passiva do quadril e dorsiflexão passiva do tornozelo; (2) teste de sentar e levantar; (3) TC10m; (4) caminhada de 3–5 min na esteira. LP: FES durante caminhada de 15 min, 3x ao dia (intervalo de 3 h), durante 1 semana.	Com a FES no LP, houve melhora na espasticidade no TA (p=0,001) e no GMED de (p=0,001) segundo Escala de Ashworth Modificada; largura do passo (p=0,001); comprimento do passo (p=0,003) segundo o TC10m.
He *et al*. (2025).	**Estudo**: Ensaio clínico **Amostra**: 8 **Sexo**: ♂ ♀ **Idade média**: 44 anos	Comparado ao NS, o modo SA-ILC SCS apresentou tendência de melhora em LS (p=0,401) e APS (p=0,240). SA-ILC DCS melhorou

	Intervenção: FES para pé equino em AVE crônico. **Frequência**: 21 dias. **Aplicação**: Músculos TA e gastrocnêmio. **Protocolo**: (1) NS; (2) FES no TA durante a fase de balanço SA-ILC SCS; (3) FES no TA na fase de balanço e ao gastrocnêmio na fase de apoio SA-ILC DCS.	LS (p=0,008) e APS (p=0,018) segundo o COP.
Bleichner *et al*. (2025).	**Estudo**: Ensaio clínico **Amostra**: 15 **Sexo**: ♂ ♀ **Idade média**: 35,5 anos **Intervenção**: FES aplicada a pacientes com distúrbios neurológicos (lesões de neurônio motor superior) e pé equino. **Frequência**: 120 hz. **Aplicação**: Músculos dorsiflexores do pé afetado. **Protocolo**: G1 sem FES (tarefa única e DT) e G2 com FES (tarefa única e DT).	A velocidade da marcha aumentou em média de 0,06 a 0,07 m/s com FES (p=0,012), enquanto a DT reduziu a velocidade em 0,09 m/s (p=0,001). O comprimento do passo aumentou em 0,03 m com FES (p=0,002) e foi reduzido pela DT em 0,03 m (p=0,003). A largura do passo diminuiu com o uso de FES, indicando maior estabilidade (p=0,019). Quanto à elevação máxima do pé durante a fase de balanço, houve aumento com FES (p=0,002) avaliado pela Análise de marcha 3D.

LEGENDA: CP: Curto prazo; GMED: Glúteo médio; TA: Tibial anterior; LP: Longo prazo; hz: hertz; FES: Eletroestimulação funcional; G1: Grupo 1; G2: Grupo 2; G3: Grupo 3; GA: Grupo A; GB: Grupo B; GC: Grupo controle; AVEI: Acidente vascular encefálico isquêmico; AVEH: Acidente vascular encefálico hemorrágico; min: Minuto; m: Metros; MMII: Membros inferiores; APS: Simetria anteroposterior; COP: Centro de pressão; NS: Sem estimulação; SA-ILC SCS: FES adaptativa aplicada ao tibial anterior na fase de balanço; SA-ILC DCS: FES híbrida adaptativa aplicada ao TA na fase de balanço e ao gastrocnêmio (GAS) na fase de apoio; TUG: *Timed Up and Go*; AVE: Acidente vascular encefálico; TC10m: Teste de caminhada de 10 metros; ABD: Abdutores; DT: Dupla tarefa.
Fonte: Autoria Própria.

7 DISCUSSÃO

A utilização da FES na marcha de pacientes pós-AVE demonstrou melhora significativa na dorsiflexão do tornozelo, na simetria dos passos, no controle postural e na independência funcional, bem como na redução da espasticidade e aumento da força muscular.

Segundo Sijobert *et al.* (2021), o uso da FES nos músculos quadríceps e isquiotibiais do membro parético com frequência de 30 hz promoveu redução (p=0,038) da assimetria da marcha em pacientes pós-AVE. O estudo se destacou por utilizar o teste de Tukey, encontrando redução do movimento vertical do tronco através da aplicação da FES, um achado que sugere melhora na estabilidade postural e na eficiência na locomoção.

Esses resultados se aproximam dos de Bleichner *et al.* (2025), que também observaram melhora na estabilidade durante a marcha, evidenciada pela redução da largura do passo com o uso da FES usando uma frequência de 120 hz (p=0,019). Contudo, enquanto Sijobert *et al.* (2021) focaram na simetria e estabilidade do tronco, Bleichner *et al.* (2025) foram os únicos a incluir a dupla tarefa e a empregar Análise de Marcha 3D, o que forneceu uma visão ampla dos parâmetros cinemáticos e funcionais.

Já Dantas *et al.* (2023) avaliaram a interação da FES com treino em esteira em pacientes com pé equino, aplicando a estimulação apenas no músculo tibial anterior e utilizando os testes TUG e TC10m como ferramentas de avaliação. O estudo demonstrou melhora significativa na função sensório-motora (p=0,035), no equilíbrio (p=0,035), na coordenação (p>0,015) e na resistência funcional (p=0,001), em especial no grupo que iniciou com FES associada à esteira e depois manteve apenas o treino em esteira. Em comparação, Bleichner *et al.* (2025) e Sijobert *et al.* (2021) priorizaram análises cinemáticas e biomecânicas, enquanto Dantas *et al.* (2023) concentraram-se em desempenho motor, evidenciando abordagens complementares no uso da FES.

No estudo de He *et al.* (2025), a FES foi aplicada tanto no tibial anterior quanto no gastrocnêmio em indivíduos com AVE crônico, e observou-se melhora na simetria anteroposterior (p=0,240) apenas quando a estimulação foi realizada no tibial anterior. Esse achado demonstra a relevância de selecionar com precisão os músculos-alvo, concordando parcialmente com Dantas *et al.* (2023), uma vez que obtiveram resultados positivos estimulando exclusivamente o tibial anterior.

Por outro lado, Mijic, Schoser e Young (2023) aplicaram a FES no nervo fibular comum e no ponto motor do tibial anterior com parâmetros de 200 a 300 μs e 30 a 50 Hz em pacientes com AVE agudo, observando redução da latência do nervo fibular parético (p=0,001)**,** aumento da força de dorsiflexão do tornozelo (p=0,045) e redução da cadência de passos (p=0,036). Comparado aos demais autores, esse estudo foi o único a apresentar análises neurofisiológicas, evidenciando efeitos diretos da FES na função nervosa periférica, enquanto os outros se concentraram em variáveis cinemáticas ou funcionais.

De forma complementar, AIAbdulwahab *et al.* (2025) aplicaram a FES em curto e longo prazo nos músculos glúteo médio e tibial anterior, utilizando o TC10m e a Escala de Ashworth Modificada como métodos de avaliação. O estudo evidenciou que, a longo prazo, houve melhora significativa da espasticidade (p=0,001), além de aumento da largura (p=0,001) e do comprimento do passo (p=0,003), indicando que a FES também pode gerar benefícios sustentados sobre o tônus muscular e variáveis espaciais da marcha. Esses achados reforçam os resultados de Sijobert *et al.* (2021) e Bleichner *et al.* (2025), que observaram melhora da estabilidade, porém, AIAbdulwahab *et al.* (2025) ampliam a compreensão dos efeitos prolongados da FES sobre o controle motor e a funcionalidade da marcha.

De maneira geral, os estudos concordam que a FES é eficaz na melhora da simetria, estabilidade, espasticidade e desempenho da marcha em pacientes com sequelas neurológicas, embora as diferenças nos músculos estimulados, protocolos de aplicação e métodos de avaliação expliquem a variedade dos resultados. Enquanto Sijobert *et al.* (2021) e Bleichner *et al.* (2025) destacam-se pela análise da estabilidade e parâmetros cinemáticos, Dantas *et al.* (2023) e He *et al.* (2025) evidenciam ganhos funcionais e de simetria, Mijic *et al.* (2023) exploram a neuroplasticidade, e AIAbdulwahab *et*

al. (2025) demonstram a eficácia sustentada da FES no controle da espasticidade e no aprimoramento das variáveis espaciais da marcha.

A estimulação do tibial anterior, facilita a dorsiflexão durante a fase de balanço, reduzindo a assimetria anteroposterior, como observado por He *et al.* (2025) e Dantas *et al.* (2023). Já a estimulação do glúteo médio melhora a estabilidade da pelve durante os movimentos laterais, influenciando a largura do passo e a estabilidade lateral, o que justifica os achados de AlAbdulwahab *et al.* (2025).

A diminuição das latências nervosas e o aumento da força de dorsiflexão relatados por Mijic, Schoser e Young (2023) indicam que a FES também pode induzir ajustes no sistema nervoso periférico, tornando a transmissão dos sinais mais eficiente e facilitando o recrutamento motor.

AlAbdulwahab *et al.* (2025) demonstraram esse efeito em longo prazo, evidenciando melhora significativa da espasticidade (p=0,001) e aumento do comprimento (p=0,003) e largura do passo (p=0,001), o que comprova o potencial da FES para promover ganhos sustentados no controle motor e no tônus muscular.

Entretanto, a aplicação de uma dupla tarefa no estudo de Bleichner *et al.* (2025) resultou em redução da velocidade da marcha (p=0,001), o que pode ser compreendido pelo aumento da demanda cognitiva imposta durante a execução conjunta de tarefas motoras e cognitivas. Essa redução da velocidade reflete uma estratégia adaptativa, na qual o paciente prioriza a estabilidade e a segurança em consequência da rapidez do movimento.

O treino combinado com esteira e FES, como em Dantas *et al.* (2023), potencializa o aprendizado motor e melhora o condicionamento funcional através da repetição controlada do movimento. De forma semelhante, a aplicação de métodos de avaliação distintos como a Análise de Marcha 3D, adotada por Bleichner *et al.* (2025), e testes funcionais como o TUG e o TC10m pode explicar diferenças nos achados, já que cada instrumento mede aspectos específicos do desempenho motor.

Por fim, os resultados têm importantes implicações práticas e científicas: na prática clínica, a FES se mostra eficaz para otimizar marcha, equilíbrio e função motora, enquanto na pesquisa científica, reforça a carência de estudos com protocolos individualizados, acompanhamento prolongado e análise detalhada de mecanismos fisiológicos.

Esses resultados evidenciam que a FES, quando aplicada de forma apropriada e personalizada, não apenas potencializa a recuperação motora, como também aprimora o controle postural e a eficiência da marcha, resultando em ganhos funcionais. Logo, a análise integrada dos estudos reforça o valor da FES como um recurso fundamental no processo de reabilitação fisioterapêutica, por integrar aspectos neurofisiológicos, clínicos e funcionais que colaboram para a restauração da locomoção e para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

ISSN: 2595-1378

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a FES é uma aliada crucial no processo de recuperação da autonomia e da funcionalidade após um AVE. Isso se dá, pois quando aplicada de maneira individualizada, progressiva e integrada ao treino funcional, favorece ganhos motores e cognitivos, melhorando a qualidade de vida.

Esses resultados reforçam que a técnica ultrapassa a ideia de ser um simples recurso terapêutico, configurando-se como uma abordagem fundamental de reabilitação, apto para impulsionar a autonomia, restaurar a funcionalidade e potencializar a confiança do paciente em seu processo de recuperação neurofuncional.

REFERÊNCIAS

AlAbdulwahab, S. S.; Aldhaferi, A. S.; Alsubiheen, A. M. *et al.* The Effects of Functional Electrical Stimulation of Hip Abductor and Tibialis Anterior Muscles on Standing and Gait Characteristics in Patients with Stroke. **Journal of Clinical Medicine, Basel**, v.14, n.1, p.2309-2313, 2025.

Araki, S.; Kawada, M.; Miyazaki, T. *et al.* Effect of functional electrical stimulation of the gluteus medius during gait in patients following a stroke. **BioMed Research International**, v.6, n.1, p.6-10, 2020.

Bleichner, N.; Heitzmann, D. W. W.; Raynaud, J. *et al.* Effects of functional electrical stimulation on cognition rate and gait in neurological patients during single- and dual-task walking. **Scientific Reports, Heidelberg**, v.14, n.1, p.135-157, 2025.

Cunha, M. J.; Rech, K. D.; Salazar, A. P. *et al*. Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy. A systematic review and meta-analysis. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v.64, n.1, p.10-13, 2021.

Chen, S.; Gao, J.; Zhou, Y. *et al.* Implications of neuromuscular electrical stimulation on gait ability, balance and kinematic parameters after stroke: a systematic review and meta-analysis. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v.21, n.164, p.1-10, 2024.

Dantas, M. T. A. P.; Fernani, D. C. G. L.; Silva, T. D. *et al.* Gait training with functional electrical stimulation improves mobility in people post-stroke. **International Journal of Environmental Research and Public Health, Basel**, v.20, n.9, p.5728-5730, 2023.

He, R.; Dong, Y.; Li, Y. *et al.* Therapeutic and orthotic effects of an adaptive functional electrical stimulation system on gait biomechanics in participants with stroke. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v.22, n.62, p.10-16, 2025.

Hulleck, A. A.; Mohan, D. M.; Abdallah, N. *et al.* Present and future of gait assessment in clinical practice: towards the application of novel trends and technologies. **Frontiers in Medical Technology**, v.4, n.1, p.90-133, 2022.

Kopereck, R. S.; Cardoso, O. D.; Nogueira, G. A. *et al.* Neuroplasticidade e reabilitação neurológica: estratégias fisioterapêuticas para promover a recuperação funcional em pacientes pós-AVE (Acidente Vascular Encefálico). **Editora Arché, São Paulo**, v.1, n.2, p.1-10, 2025.

Luo, W.; Liu X.; Bao, K. *et al*. Ischemic stroke associated with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Neurology (Germany)**, v.269, n.3, p.1731-1740, 2022.

Mijic, M.; Schoser, B.; Young, P. Efficacy of functional electrical stimulation in rehabilitating patients with foot drop symptoms after stroke and its correlation with somatosensory evoked potentials - a crossover randomised controlled trial. **Neurological Sciences**, v.44, n.1, p.1301-1310, 2023.

Nascimento, C. R.; Santos, J. M.; Brito, S. B. P. *et al.* What cellular mechanisms are related to thromboembolic events in patients with COVID-19? **Jornal Vascular Brasileiro**, v.20, n.1, p.10-15, 2021.

Santucci, V.; Alam, Z.; Liu, J. *et al*. Immediate improvements in post-stroke gait biomechanics are induced with both real-time limb position and propulsive force biofeedback. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v.20, n.37, p.2-5, 2023.

Sijobert, B.; Azevedo, C.; Pontier, J. *et al.* A Sensor-Based Multichannel FES System to Control Knee Joint and Reduce Stance Phase Asymmetry in Post-Stroke Gait. **Sensors**, v.21, n.6, p.2134-2140, 2021.

Silva, M. H. A.; Soares, V. P.; Sales, M. *et al.* Aplicabilidade da Estimulação Elétrica Funcional nas Diferentes Disfunções Motoras de Origem Neurológica: Uma Revisão Narrativa. **Universidade Federal da Bahia, Salvador**, v.23, n.2, p.32-52, 2023.

Skvortsov, D.; Kaurkin, S.; Grebenkina, N. *et al.* Typical Changes in Gait Biomechanics in Patients with Subacute Ischemic Stroke. ***Diagnostics*, Basel**, v.15, n.1 p.1-10, 2025.

Sociedade Brasileira de Acidente Vascular Cerebral. Números do AVC. Disponível em: https://avc.org.br/numeros-do-avc/. Acesso em: 7 set. 2025.

Souza, D.; Barbosa, G.C. Estratégias fisioterapêuticas sobre a funcionalidade de um paciente diagnosticado com acidente vascular encefálico: Estudo de caso. **Revista Saúde Multidisciplinar**, v.16, n.1, p.34-40, 2024.

Vilela, G. B. J.; Lima, B. N.; Carvalho, A. S. *et al*. Biomecânica da caminhada de idosos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências da Saúde**, v.15, n.3, p.3-9, 2023.

Wang, S.; Bhatt, T. Gait kinematics and asymmetries affecting fall risk in people with chronic stroke: a retrospective study. **Biomechanics**, v.2, n.3, p.453-465, 2022.