



**A FISIOTERAPIA ASSOCIADA À ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA COMO
ESTRATÉGIA DE REABILITAÇÃO PÓS-ACIDENTE VASCULAR**

PHYSIOTHERAPY COMBINED WITH TRANSCRANIAL STIMULATION AS A POST-STROKE REHABILITATION STRATEGY

**FISIOTERAPIA COMBINADA CON ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL COMO
ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN POST ICTUS**



10.56238/sevenVIIImulti2026-115

Ana Heloisa Quirino Marques da Silva

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Centro Universitário de Itajubá (FEPI) - Minas Gerais

E-mail: anaheloisamarques9@gmail.com

Ana Lívia da Silva Mariano

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Centro Universitário de Itajubá (FEPI) - Minas Gerais

E-mail: analivia.mariano16@gmail.com

Emanuelle Aline Xavier dos Santos

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Centro Universitário de Itajubá (FEPI) - Minas Gerais

E-mail: manualinex@gamil.com

Vitor Jorge Noronha Levando

Graduando em Fisioterapia

Instituição: Centro Universitário de Itajubá (FEPI) - Minas Gerais

E-mail: vitornoronhajorge@gmail.com

Samantha Santiago Silveira de Andrade

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Centro Universitário de Itajubá (FEPI) - Minas Gerais

E-mail: andradesss25@gmail.com

Gislene Guimarães Garcia Tomazini

Doutorado

Instituição: Centro Universitário de Itajubá (FEPI) - Minas Gerais

E-mail: gislenefisioterapia@yahoo.com.br

RESUMO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) representa a segunda principal causa de morte e a primeira de incapacidades no mundo, resultando em déficits motores, sensoriais, cognitivos e de linguagem que comprometem diretamente a autonomia e a funcionalidade dos indivíduos. A reabilitação

fisioterapêutica tem papel fundamental na recuperação desses pacientes, promovendo reorganização neuromuscular, aprimoramento do controle motor e favorecimento da autonomia funcional. Nos últimos anos, a Estimulação Cerebral Não Invasiva (ECNI), especialmente a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS) e a Estimulação Magnética Transcraniana Repetitiva (rTMS), emergiu como recurso adjuvante capaz de modular a excitabilidade cortical, estimular a neuroplasticidade e potencializar os efeitos do treinamento fisioterapêutico. Esta revisão analisou estudos entre 2019 e 2025, evidenciando que a associação entre fisioterapia e estimulação transcraniana resulta em ganhos significativos em força muscular, equilíbrio, coordenação, motricidade fina e desempenho funcional, com protocolos comumente aplicados de 20 minutos, 2 mA, durante 3 a 5 sessões semanais. Ensaios clínicos apontam efeitos superiores quando a estimulação é aplicada precocemente após o AVE, favorecendo a reorganização inter-hemisférica e a recuperação de vias motoras. Apesar de desafios como heterogeneidade metodológica e variabilidade nos parâmetros de estimulação, os achados reforçam que a combinação entre fisioterapia e ECNI é segura, eficaz e constitui estratégia promissora para otimizar a reabilitação neurológica. Estudos futuros devem incluir amostras maiores e acompanhamento longitudinal para padronização de protocolos e consolidação das diretrizes clínicas.

Palavras-chave: Acidente Vascular Encefálico. Estimulação Transcraniana. Neuroplasticidade. Funcionalidade. Fisioterapia. Reabilitação Neurológica.

ABSTRACT

Stroke is one of the leading causes of mortality and long term disability worldwide, resulting in motor, sensory, cognitive, and language impairments that significantly affect autonomy and functional performance. Physiotherapy plays a key role in post stroke rehabilitation by promoting neuromuscular reorganization, improving motor control, and enhancing functional independence. Non Invasive Brain Stimulation (NIBS), particularly Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS), has emerged as a promising adjunct therapy capable of modulating cortical excitability, stimulating neuroplasticity, and potentiating the effects of physiotherapeutic interventions. This review analyzed studies published between 2019 and 2025, showing that combining physiotherapy with transcranial stimulation results in significant improvements in muscle strength, balance, motor coordination, fine motor skills, and overall functionality. The most effective protocols included 20 minute sessions, 2 mA intensity for tDCS, applied 3–5 times per week. Early application, particularly in the acute and subacute phases, favored interhemispheric modulation and accelerated neurological recovery. Despite methodological heterogeneity and variability in stimulation parameters, the combined approach is consistently described as safe, effective, and clinically relevant. Further research with larger samples and long term follow up is required to standardize protocols and strengthen clinical guidelines.

Keywords: Stroke. Transcranial Stimulation. Neuroplasticity. Motor Recovery. Physiotherapy. Neurological Rehabilitation.

RESUMEN

El ictus es la segunda causa principal de muerte y la principal causa de discapacidad a nivel mundial, resultando en déficits motores, sensoriales, cognitivos y del lenguaje que comprometen directamente la autonomía y funcionalidad de los individuos. La rehabilitación fisioterapéutica juega un papel fundamental en la recuperación de estos pacientes, promoviendo la reorganización neuromuscular, mejorando el control motor y potenciando la autonomía funcional. En los últimos años, la Estimulación Cerebral No Invasiva (ECNI), especialmente la Estimulación Transcraneal de Corriente Directa (ETCD) y la Estimulación Magnética Transcraneal Repetitiva (EMTr), ha emergido como un recurso adyuvante capaz de modular la excitabilidad cortical, estimular la neuroplasticidad y potenciar los efectos del entrenamiento fisioterapéutico. Esta revisión analizó estudios realizados entre 2019 y 2025, mostrando que la asociación entre fisioterapia y estimulación transcraneal resulta en ganancias significativas en fuerza muscular, equilibrio, coordinación, habilidades motoras finas y rendimiento funcional, con

protocolos comúnmente aplicados de 20 minutos, 2 mA, durante 3 a 5 sesiones semanales. Los ensayos clínicos indican efectos superiores cuando la estimulación se aplica precozmente tras un ictus, lo que favorece la reorganización interhemisférica y la recuperación de las vías motoras. A pesar de desafíos como la heterogeneidad metodológica y la variabilidad de los parámetros de estimulación, los hallazgos refuerzan que la combinación de fisioterapia y CNIS es segura, eficaz y constituye una estrategia prometedora para optimizar la rehabilitación neurológica. Estudios futuros deberían incluir muestras más amplias y un seguimiento longitudinal para la estandarización de protocolos y la consolidación de guías clínicas.

Palabras clave: Ictus. Estimulación Transcraneal. Neuroplasticidad. Funcionalidad. Fisioterapia. Rehabilitación Neurológica.

1 INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é uma das principais causas de incapacidade adquirida no mundo, resultante da interrupção ou redução do fluxo sanguíneo cerebral por causas isquêmicas ou hemorrágicas. Além de representar uma das maiores causas de mortalidade, o AVE provoca sequelas neurológicas significativas que demandam intervenções terapêuticas específicas e contínuas. No Brasil, apresenta-se como a segunda causa de morte e a principal de incapacidade em adultos, gerando impacto direto na saúde pública e nos custos relacionados ao tratamento e à reabilitação (Global Burden of Stroke, 2024; Wu *et al.* 2025; Brasil, 2022).

As sequelas decorrentes do AVE incluem déficits motores, cognitivos, sensoriais, de linguagem e de equilíbrio, além de distúrbios emocionais, como depressão. Esses comprometimentos reduzem a autonomia e dificultam a reintegração social, tornando a reabilitação precoce e contínua essencial para minimizar as limitações impostas pela condição (Pollock *et al.* 2022).

Nas últimas décadas, diferentes estratégias de reabilitação têm sido estudadas com o objetivo de potencializar a neuroplasticidade e melhorar os desfechos funcionais desses indivíduos. Dentre as abordagens complementares, destacam-se as técnicas de estimulação transcraniana não invasiva (ETCNI), como a estimulação por corrente contínua (tDCS) e a estimulação magnética transcraniana repetitiva (rTMS). Ambas têm demonstrado potencial em modular a excitabilidade cortical, favorecendo o aprendizado motor e a recuperação funcional, quando associadas à fisioterapia convencional (Cysneiros, 2024; Cavenaghi, 2023).

A tDCS aplica correntes elétricas de baixa intensidade com o objetivo de modular a excitabilidade cortical. A estimulação anódica (eletrodo positivo) promove o aumento da excitabilidade neuronal, enquanto a catódica (eletrodo negativo) a reduz, favorecendo processos de reorganização sináptica e recuperação funcional. Por sua vez, a rTMS utiliza campos magnéticos repetitivos para estimular regiões específicas do cérebro, modulando circuitos neurais de acordo com a frequência aplicada. A associação dessas técnicas a programas fisioterapêuticos tem demonstrado potencial para intensificar a plasticidade neural e aprimorar os resultados funcionais (Costa *et al.*, 2022; Lefaucheur *et al.*, 2020).

A aplicação das técnicas de estimulação cerebral não invasiva requer profissionais devidamente capacitados, capazes de definir parâmetros adequados de intensidade, duração, posicionamento eletrodos e número de sessões, garantindo segurança e eficácia clínica. Embora consideradas seguras, tais técnicas podem ocasionar efeitos adversos leves e transitórios, como cefaleia, formigamento, eritema local ou sensação de desconforto, reforçando a importância do monitoramento contínuo ao longo das intervenções (Melo *et al.*, 2021).

No contexto da neuroreabilitação pós-Accidente Vascular Encefálico (AVE), conforme discutido neste estudo, a estimulação cerebral não invasiva — com destaque para a estimulação por corrente

contínua transcraniana (tDCS) — tem se consolidado como uma estratégia promissora para potencializar a neuroplasticidade. Quando associada à fisioterapia convencional, a tDCS contribui para a modulação da excitabilidade cortical, favorecendo a reorganização funcional de áreas comprometidas e ampliando o efeito terapêutico do treinamento motor.

Do ponto de vista neurofisiológico, a tDCS atua por meio da aplicação de correntes elétricas de baixa intensidade, que promovem mudanças duradouras na atividade sináptica. A estimulação anódica, aplicada por meio do eletrodo positivo, tende a aumentar a excitabilidade neuronal, facilitando mecanismos de potenciação de longo prazo (LTP) e processos essenciais para a aprendizagem motora. Em contrapartida, a estimulação catódica reduz a excitabilidade cortical, modulando regiões hiperativas ou desorganizadas, o que pode contribuir para o reequilíbrio inter-hemisférico frequentemente alterado após o AVE.

Essa distinção entre estimulação anódica e catódica evidencia o caráter multifuncional da tDCS e destaca seu potencial terapêutico quando aplicada de maneira criteriosa. A precisão na escolha do tipo de estimulação, no posicionamento dos eletrodos e na combinação com tarefas específicas de fisioterapia é fundamental para maximizar os benefícios clínicos e minimizar riscos. Nesse sentido, a integração entre neuromodulação e intervenção fisioterapêutica representa uma abordagem complementar relevante para otimizar a recuperação motora, a funcionalidade e o desempenho funcional de pacientes pós-AVE, reforçando a necessidade de profissionais treinados e de protocolos bem estruturados para alcançar resultados consistentes na prática clínica e na pesquisa científica.

2 OBJETIVO

Investigar, por meio de revisão da literatura científica, os efeitos da EET associada à fisioterapia motora na recuperação funcional em pacientes pós-AVE, destacando os desfechos clínicos e a aplicabilidade dessa intervenção no processo de reabilitação neuromotora.

3 METODOLOGIA

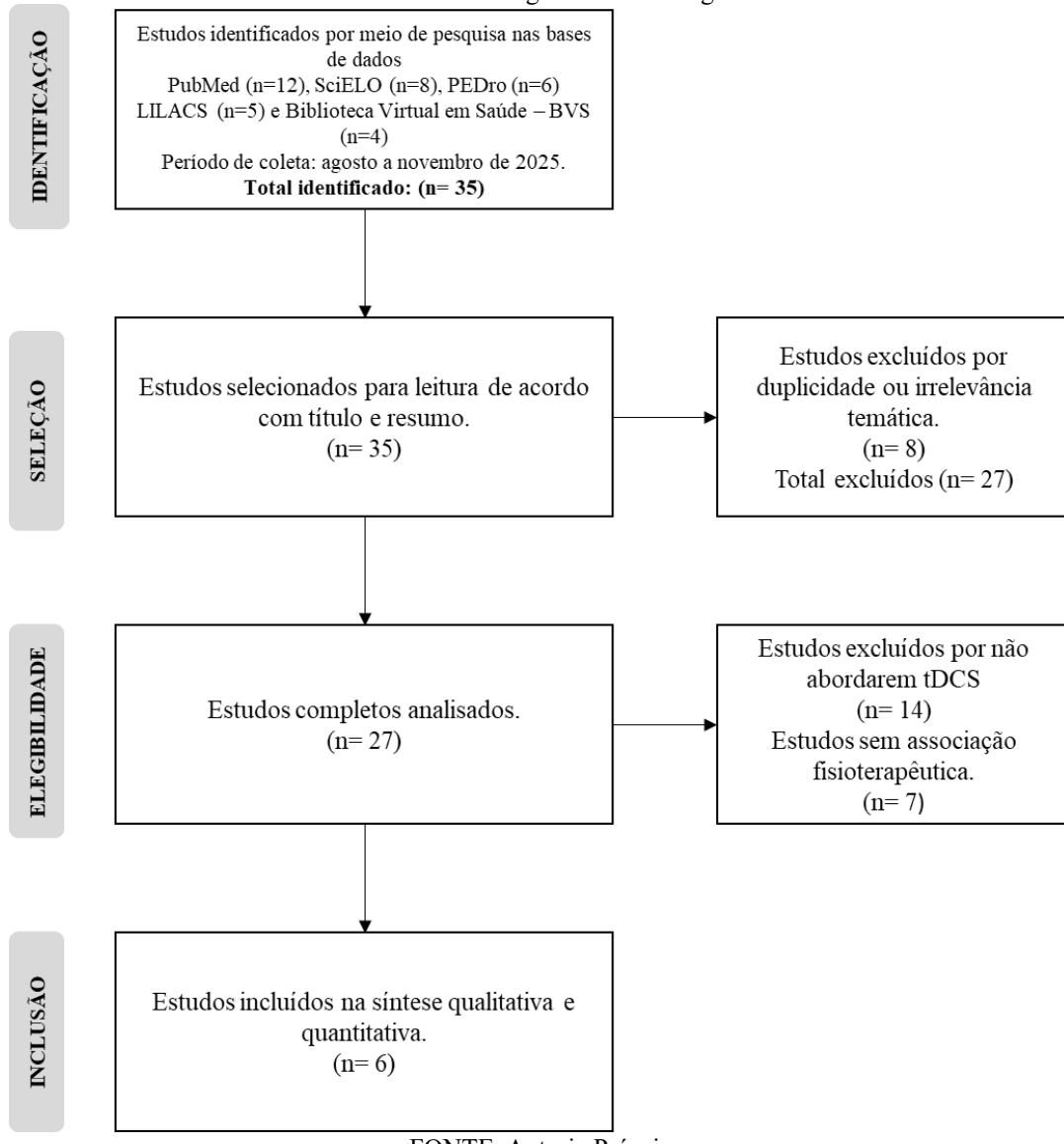
Trata-se de uma revisão narrativa de literatura, desenvolvida a partir de artigos científicos e duas dissertações publicados entre os anos de 2019 e 2025, nas línguas inglesa e portuguesa. Para elaboração deste estudo, foram utilizadas as bases de dados eletrônicas como: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Literatura Latino- Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS).

Visando assegurar as buscas, consultou-se o Descritor em Ciências da Saúde (DeCS): “acidente vascular encefálico”, “estimulação transcraniana”, “fisioterapia”, “reabilitação”, “neuroplasticidade”, “stroke” e “transcranial direct current stimulation”. Os descritores foram combinados entre si ou não, por meio da utilização do operador booleano em português E e OU, e em inglês AND e OR.

A pesquisa incluiu estudos sobre estimulação transcraniana associada à fisioterapia em pacientes com AVE, com metodologia clara e resultados clínicos mensuráveis, excluindo trabalhos sobre outras condições, relatos de caso, revisões narrativas e duplicatas. Dois revisores independentes conduziram a seleção para garantir confiabilidade. Os artigos selecionados foram analisados qualitativamente, avaliando tipo e parâmetros de estimulação, sessões, amostra e desfechos principais, permitindo comparações e identificação de lacunas. Como revisão bibliográfica com dados públicos, não exigiu aprovação ética, seguindo a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, com citações adequadas.

A seleção e extração de dados foi realizado em duas fases. Na primeira fase, foram selecionados artigos fundamentados no título e resumo, de acordo com os critérios de elegibilidade. Na segunda fase, após a leitura dos artigos, os mesmos foram selecionados, de forma independente.

FIGURA 1: Fluxograma Metodológico



FONTE: Autoria Própria

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 FISIOPATOLOGIA

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é uma condição neurológica aguda que ocorre devido à interrupção do fluxo sanguíneo cerebral, podendo ser classificado em dois tipos principais: isquêmico e hemorrágico. O tipo isquêmico é o mais prevalente, representando aproximadamente 85% dos casos, e ocorre pela obstrução de uma artéria cerebral, geralmente provocada por trombose ou embolia. Já o tipo hemorrágico, menos frequente, decorre da ruptura de um vaso sanguíneo cerebral, ocasionando extravasamento sanguíneo, edema e lesão tecidual (He, *et al.* 2024).

Manifesta-se clinicamente por déficits neurológicos súbitos, decorrentes da interrupção do fluxo sanguíneo cerebral. As manifestações clínicas variam de acordo com a extensão e a localização da lesão, podendo envolver alterações motoras, cognitivas, sensoriais e da linguagem. O AVE isquêmico, responsável pela maioria dos casos, provoca necrose neuronal devido à falta de oxigenação tecidual, enquanto o AVE hemorrágico resulta em compressão e dano direto ao tecido cerebral pela presença de sangue extravasado (Campbell, Khatri, 2020).

O AVE representa uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, sendo responsável por elevados custos sociais e econômicos. Os fatores de risco são multifatoriais, envolvendo hipertensão arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, tabagismo e sedentarismo, que promovem alterações vasculares e metabólicas predisponentes ao evento. As consequências do AVE são amplas, abrangendo déficits motores, cognitivos, sensitivos e da linguagem, comprometendo a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos. As lesões cerebrais decorrentes de um AVE, dadas a organização hierárquica e integrada do Sistema Nervoso Central (SNC), frequentemente geram sequelas que comprometem a comunicação, abrangendo desde a linguagem oral e escrita (afasias), que afetam a formulação e compreensão de ideias, até distúrbios de planejamento (apraxia oral e verbal) e de execução da fonoarticulação (disartrias/disartrofonias), além de possíveis distúrbios auditivos; todos estes eventos, quando ocorrem isolados ou em conjunto, impõem ao paciente uma dificuldade severa em se comunicar. (Silva; Costa, 2023; Oliveira *et al.*, 2023; Brasil, 2022).

4.2 ASPECTOS CLÍNICOS E FUNCIONAIS PÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

Entre os principais fatores de risco associados ao AVE destacam-se a hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus, tabagismo, obesidade, dislipidemias e o sedentarismo. Esses fatores comprometem a integridade vascular e aumentam o risco de eventos cerebrovasculares, especialmente em populações idosas.

A prevalência do Acidente Vascular Encefálico (AVE) no Brasil, especialmente na população idosa, demonstra uma parcela significativa da população que já sofreu o evento, refletindo a carga da doença crônica no sistema de saúde, com taxas que podem variar regionalmente, mas que apontam

para uma alta distribuição na comunidade (em alguns estudos, próximo a 5,6% em idosos) indicando o número total de casos existentes em um dado momento.

Já a incidência, que se refere à taxa de novos casos em um período específico, é crucial para entender a taxa de novos eventos cerebrais anualmente na população, estudos regionais apontam taxas que exigem atenção contínua nas estratégias de prevenção primária. O cenário geral é de alta morbidade e mortalidade, com o AVE isquêmico sendo o subtipo mais comum, e a idade avançada e fatores de risco como hipertensão sendo determinantes centrais tanto para a prevalência quanto para a incidência de novos eventos. (Silva; Costa, 2023; Brasil, 2022).

As sequelas motoras decorrentes do AVE incluem hemiparesia, espasticidade, alterações de coordenação e de equilíbrio, que comprometem a mobilidade e a independência funcional. Além disso, déficits cognitivos e de linguagem, como afasia, apraxia e disartria, impactam diretamente a comunicação e a qualidade de vida. A associação de distúrbios emocionais, como ansiedade e depressão, também é comum, agravando a limitação funcional e dificultando o processo de reabilitação (Costa; Ferreira; Silva, 2022; Oliveira *et al.*, 2023).

A abordagem terapêutica deve considerar a complexidade clínica e funcional do paciente pós-AVE, enfatizando o tratamento interdisciplinar que inclua fisioterapia, terapia ocupacional, fonoaudiologia e suporte psicológico. Essa atuação integrada visa à recuperação motora, cognitiva e emocional, promovendo o retorno às atividades da vida diária e a reintegração social (Soares *et al.*, 2024).

4.3 NEUROPLASTICIDADE E RECUPERAÇÃO PÓS-AVE

A neuroplasticidade é um processo fundamental para a recuperação funcional após o Acidente Vascular Encefálico (AVE). Trata-se da capacidade do sistema nervoso central de reorganizar suas conexões sinápticas em resposta a estímulos internos e externos, permitindo que regiões cerebrais íntegras assumam funções de áreas lesionadas. Esse mecanismo é essencial para a reaquisição de habilidades motoras, cognitivas e sensoriais comprometidas (Evancho; Tyler; McGregor, 2023).

A reabilitação pós-AVE é um processo essencial para minimizar as incapacidades e promover a recuperação funcional. A compreensão dos mecanismos neurobiológicos subjacentes e o uso de estratégias terapêuticas baseadas em evidências têm contribuído significativamente para a melhora dos resultados clínicos e para o restabelecimento da funcionalidade (Soares *et al.*, 2024).

Durante o processo de reabilitação, a estimulação repetitiva de vias neurais por meio de exercícios motores e atividades funcionais desencadeia alterações sinápticas que favorecem a reorganização cortical. A intensidade, a frequência e a especificidade do treinamento são fatores determinantes para a eficácia da plasticidade cerebral (Su *et al.*, 2020).

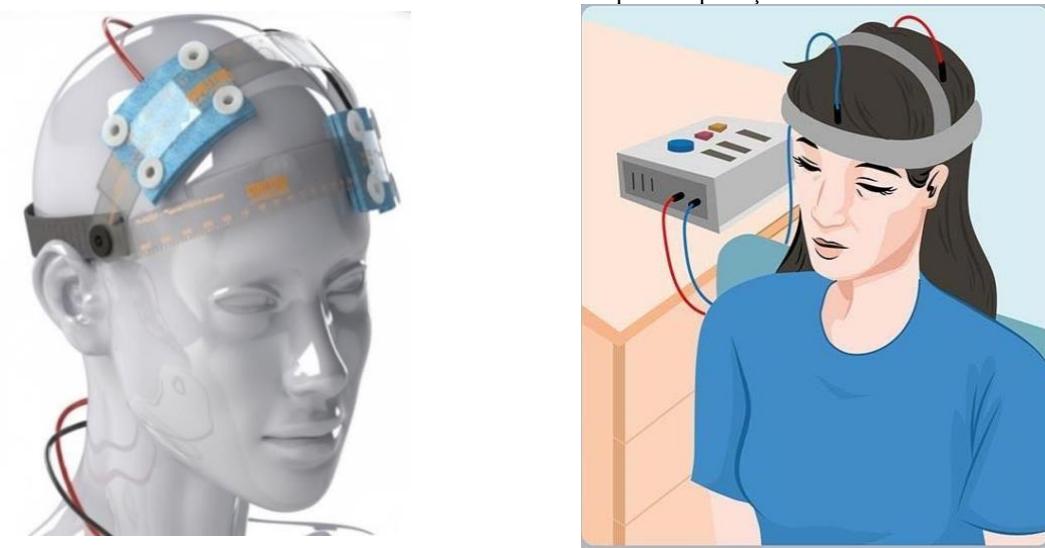
Estudos demonstram que a prática motora orientada e a fisioterapia baseada em tarefas específicas induzem modificações estruturais e funcionais no córtex motor, melhorando a coordenação e a força muscular. Essa reorganização ocorre devido à ativação de redes neurais alternativas e à liberação de fatores neurotróficos, substâncias produzidas pelo sistema nervoso que estimulam o crescimento, a sobrevivência dos neurônios como o BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor) (Silva; Costa, 2023).

4.4 ESTIMULAÇÃO CEREBRAL NÃO INVASIVA: CONCEITOS E MODALIDADES

A estimulação cerebral não invasiva (ECNI) vem sendo estudada desde a década de 80. Nos estados unidos já se aplica essa técnica desde 2008. Condutas as quais abrange um conjunto de técnicas que modulam a excitabilidade cortical por meio de estímulos elétricos ou magnéticos aplicados externamente, sem necessidade de procedimentos cirúrgicos. Entre as principais modalidades destacam-se a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS) e a Estimulação Magnética Transcraniana Repetitiva (rTMS), amplamente utilizadas em contextos de reabilitação neurológica (Fitzgerald; Benitez, 2023).

A tDCS atua pela aplicação de uma corrente elétrica de baixa intensidade (geralmente entre 1 e 2 mA) através de eletrodos posicionados sobre o couro cabeludo, promovendo modulação da excitabilidade cortical. O estímulo anódico tem efeito facilitador, enquanto o catódico exerce efeito inibitório, modulando a atividade neuronal conforme o objetivo terapêutico (Costa *et al.*, 2022).

FIGURA 2: Posicionamento dos Eletrodos para a aplicação da ETCC

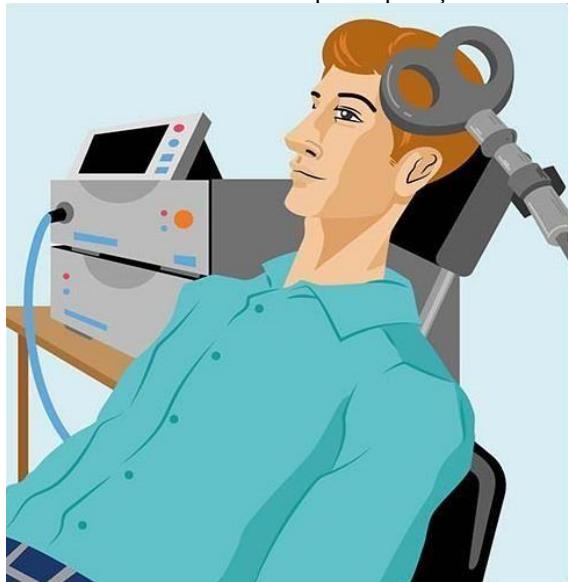


FONTE: Autoria Própria

A rTMS, por sua vez, utiliza pulsos magnéticos aplicados de forma repetitiva sobre áreas específicas do córtex cerebral, podendo induzir efeitos excitatórios ou inibitórios de acordo com a frequência de estimulação. Frequências acima de 5 Hz são consideradas facilitadoras, enquanto

frequências inferiores a 1 Hz têm efeito inibitório. Ambas as técnicas vêm sendo estudadas como recursos complementares à fisioterapia, com o objetivo de restaurar o equilíbrio inter-hemisférico e melhorar a função motora em pacientes pós-AVE (Chou; Hsu; Lin, 2021).

FIGURA 3: Posicionamento para Aplicação da rTMS



FONTE: Autoria Própria

4.5 APLICAÇÃO PRÁTICA DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA

A aplicação clínica da estimulação transcraniana tem mostrado resultados promissores na reabilitação de pacientes com sequelas pós-AVE. A tDCS, quando associada à fisioterapia motora, tem demonstrado qualidade na efetividade da recuperação funcional de membros superiores e inferiores, melhorando coordenação motora e redução da espasticidade (Elsner *et al.*, 2023).

Durante o tratamento, os eletrodos são posicionados estratégicamente sobre áreas corticais relacionadas à função motora, como o córtex motor primário (M1). A estimulação anódica é geralmente aplicada sobre o hemisfério afetado, com o objetivo de aumentar a excitabilidade neuronal, enquanto a estimulação catódica é posicionada sobre o hemisfério não afetado, reduzindo sua hiperatividade (Lefaucheur *et al.*, 2020).

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), também conhecida como *transcranial direct current stimulation* (tDCS), vem sendo amplamente investigada como técnica adjuvante na reabilitação de pacientes pós-acidente vascular cerebral (AVC). Estudos recentes destacam que a associação da tDCS à fisioterapia potencializa a recuperação motora e funcional desses pacientes, sendo uma ferramenta promissora no processo de neuroreabilitação (Elsner *et al.*, 2022). No contexto brasileiro, o Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO), por meio da Resolução nº 554/2022, reconheceu a utilização das técnicas de estimulação elétrica não invasiva do sistema nervoso central pelo fisioterapeuta, desde que o profissional possua qualificação específica e siga protocolos de segurança e monitoramento.

A aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), ou *transcranial direct current stimulation* (tDCS), em pacientes pós-acidente vascular cerebral (AVC) tem sido amplamente padronizada quanto aos parâmetros de estimulação utilizados em protocolos clínicos e experimentais. Em geral, a duração das sessões varia de 20 a 30 minutos, com intensidade entre 1 e 2 mA, administradas em séries de 5 a 10 sessões consecutivas, podendo se estender conforme a resposta do paciente.

4.6 EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS

Estudos recentes reforçam a eficácia da associação entre fisioterapia e estimulação transcraniana no processo de reabilitação pós-AVE. Pesquisas de revisão sistemática apontam melhora na função motora, equilíbrio e coordenação quando essas técnicas são utilizadas de forma combinada (Chung *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2022).

Foi observado que pacientes submetidos à tDCS anódica no córtex motor apresentaram aumento significativo na força muscular e na velocidade de execução de movimentos, com resultados positivos na modulação da plasticidade neural e na melhora da funcionalidade global de pacientes em fase crônica de AVE (Chhatbar *et al.*, 2019; Cavenaghi 2023).

A literatura também destaca que o uso da estimulação cerebral não invasiva potencializa os efeitos da terapia motora, promovendo reorganização cortical mais eficiente e acelerando a recuperação funcional. Entretanto, os estudos reforçam a necessidade de padronização de protocolos quanto à intensidade, duração e número de sessões, para otimizar os resultados e garantir segurança terapêutica (Lefaucheur *et al.*, 2022).

5 RESULTADOS

TABELA 1: Distribuição dos estudos encontrados nas bases de dados

Autor, ano	Metodologia	Resultados
Solomons; Shanmugasundaram (2019)	Estudo: Revisão de literatura. Amostra: 27 estudos incluídos (ensaios clínicos e revisões sistemáticas) envolvendo mais de 600 pacientes pós-AVE. Sexo: ♀ ♂ Idade: 45 a 70 anos. Intervenção: Diferentes métodos de estimulação elétrica transcraniana (tDCS, tACS, tRNS) aplicados isoladamente ou combinados à fisioterapia. Protocolo: Sessões variando entre 10 e 30 minutos, 1–2 mA, durante 2 a 4 semanas.	A revisão demonstrou evidências consistentes de melhora motora e funcional com o uso da estimulação elétrica transcraniana, especialmente quando combinada à fisioterapia convencional ($p < 0,05$) instrumentos de avaliação: Fugl-Meyer Assessment (FMA); WMFT; BBS; MAS; Barthel Index.

Chhatbar et al. 2019	<p>Estudo: ensaio clínico randomizado Amostra: 36 pacientes hospitalizados Sexo: ♀ = 18; ♂ = 18 Idade: 61,7 anos Intervenção: tDCS bihemisférica + mCIMT. Protocolo: 20 minutos, 2 mA, 5x por semana, durante 4 semanas.</p>	<p>Ganhos em força, destreza manual, independência funcional e qualidade de vida ao final dos 90 dias de intervenção. p< 0,05. Instrumentos de avaliação: Fugl-Meyer Assessment (FMA); Barthel Index</p>
Costa et al. (2022)	<p>Estudo: Tipo de estudo: Ensaio clínico experimental. Amostra: 30 Sexo: 21♀ 19♂ Idade: média de 58 anos Intervenção: tDCS anódica associada à fisioterapia motora. Protocolo: 20 minutos, 2 mA, 3 a 5 vezes por semana, durante 4 semanas.</p>	<p>Ganhos motores e funcionais superiores ao grupo controle; melhora em força e mobilidade de membro superior. p=0,002. Instrumentos de avaliação: Fugl-Meyer Assessment (FMA); Timed Up and Go (TUG); Functional Independence Measure (FIM)</p>
Ng el al. 2020	<p>Estudo: Ensaio clínico controlado. Amostra: 30 Sexo: 17♀ 13♂ Idade: média de 59 anos. Intervenção: Estimulação elétrica funcional controlada por EMG no membro contralateral associada à estimulação elétrica funcional convencional. Protocolo: 5 sessões de 20 minutos cada, durante 4 semanas.</p>	<p>O grupo combinado apresentou melhora significativa na força muscular e na recuperação motora, em comparação com o grupo controle. p=0,001. Instrumentos de avaliação: Fugl-Meyer Assessment (FMA); Manual Muscle Testing (MMT); Eletromiografia (EMG)</p>
Gomes; Almeida (2023)	<p>Estudo: Estudo experimental. Amostra: 20 Sexo: ♀ 10 ♂ 10 Idade: média de 57 anos Intervenção: tDCS anódica aplicada ao hemisfério afetado combinada ao treino de equilíbrio. Protocolo: 15 sessões de 20 minutos cada, 2 mA.</p>	<p>Melhora significativa do controle postural e da simetria da marcha. p=0,004. Instrumentos de avaliação: Berg Balance Scale (BBS); TUG; Functional Reach Test (FRT)</p>
Bornheim et al. (2023)	<p>Estudo: Ensaio Clínico Randomizado, triplo-cego, controlado por placebo. Amostra: 50 pacientes com AVC agudo. Sexo: ♀ ♂ Idade: 45 a 65 anos Intervenção: tDCS associada à fisioterapia convencional. Protocolo: 20 minutos, 2 mA, 5x/semana, durante 4 semanas.</p>	<p>Melhora significativa em função motora e sensorial; efeitos mantidos por até 1 ano (WMFT +51% → +57%). p=0,04 (1 mês), p=0,02 (1 ano). Instrumentos de avaliação: Wolf Motor Function Test (WMFT); Fugl-Meyer Assessment (FMA); Escala de Ashworth Modificada (MAS)</p>

Bahr-Hosseini et al. (2023)	<p>Estudo: Ensaio clínico randomizado, duplo-cego, controlado por placebo. Amostra: 90 pacientes com AVC isquêmico agudo Sexo: 52 ♀ 38 ♂ Idade: média de 62 anos.</p> <p>Intervenção: Estimulação elétrica transcraniana aplicada nas primeiras 72 horas após o evento isquêmico.</p> <p>Protocolo: Corrente direta de 2 mA por 20 minutos, aplicada diariamente durante 5 dias consecutivos.</p>	<p>A estimulação elétrica precoce associou-se a maior recuperação funcional e menor volume de infarto cerebral nos exames de imagem. p=0,003.</p> <p>Instrumentos de avaliação: NIH Stroke Scale (NIHSS); Modified Rankin Scale (mRS); Fugl-Meyer Assessment (FMA)</p>
Zhang et al. (2025)	<p>Estudo: Estudo de caso Amostra: 1 Sexo: ♀ Idade: 58 anos</p> <p>Intervenção: Estimulação magnética periférica repetitiva + treino orientado à tarefa.</p> <p>Protocolo: 20 sessões, 5x por semana;</p>	<p>Melhora significativa da função motora do membro superior, aumento da coordenação e da destreza manual</p> <p>Instrumentos de avaliação: Box and Block Test (BBT); Nine Hole Peg Test (9HPT)</p>

Legenda: tDCS = estimulação transcraniana por corrente contínua; mCIMT = treino restritivo modificado do membro afetado; WMFT = Wolf Motor Function Test; FMA = Fugl-Meyer Assessment; MAS = Modified Ashworth Scale; TUG = Timed Up and Go; FIM = Functional Independence Measure; BBT = Box and Block Test; 9HPT = Nine Hole Peg Test; BBS = Berg Balance Scale; FRT = Functional Reach Test; NIHSS = National Institutes of Health Stroke Scale; mRS = Modified Rankin Scale; EMG = eletromiografia; ♀ = feminino; ♂ = masculino; AVC = acidente vascular cerebral; p / P = valor de significância estatística; mA = miliampere; min = minutos; → = evolução ao longo do tempo; ns = não significativo. Valores numéricos sem p correspondem a observações de caso único ou estudos exploratórios.

Fonte: Autores.

6 DISCUSSÃO

Estudos recentes confirmam que aproximadamente 86% dos ensaios aplicam estimulação por 20 minutos, com intensidade de 1 ou 2 mA, representando o protocolo mais comum na literatura (Yu *et al.*, 2025). Em ensaios clínicos controlados, como o de Kim *et al.* (2023), a aplicação bi-hemisférica de tDCS a 2 mA por 20 minutos, durante duas semanas, resultou em melhora significativa da função motora em pacientes na fase subaguda do AVC. De modo semelhante, Huang *et al.* (2021) observaram ganhos na marcha, equilíbrio e funcionalidade com estimulações de 1,5 a 2 mA por 20 minutos, especialmente quando associadas à fisioterapia. Além disso, Xie *et al.* (2023) identificaram que protocolos de 20 minutos com intensidade de 1,4 mA foram otimizados para melhora da deglutição em pacientes com disfagia pós-AVC. Esses achados indicam que a tDCS, aplicada dentro desses parâmetros, promove plasticidade cortical e potencializa os resultados funcionais da reabilitação motora quando associada a exercícios específicos e conduzida sob protocolos padronizados e supervisionados.

Os estudos de Chhatbart *et al.*, (2019) e Bornheim *et al.* (2023) demonstraram resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) em desfechos motores e funcionais após a aplicação da tDCS combinada à fisioterapia convencional, com destaque para ganhos sustentados até 90 dias e, em alguns

casos, até um ano após o tratamento. Esses achados corroboram com as evidências de Costa *et al.* (2022), que observaram melhora expressiva na mobilidade de membros superiores, sugerindo que a estimulação anódica potencializa os efeitos do treino motor e favorece o restabelecimento da simetria entre os hemisférios cerebrais.

Assim como o estudo de Pereira, Gomes e Almeida (2023) destacou a influência positiva da tDCS no controle postural e na simetria da marcha, indicando que os benefícios da estimulação transcraniana não se restringem aos membros superiores, mas abrangem também o equilíbrio e o padrão de marcha — fatores determinantes para a funcionalidade global. A magnitude desses efeitos reforça o papel modulador da tDCS sobre a excitabilidade cortical e o aprendizado motor, conforme descrito por Lefaucheur *et al.* (2022 e Teasell *et al.* (2020)

Além disso, Bahr-Hosseini *et al.* (2023), no ensaio Anderberg *et al.* 2020 demonstraram que a aplicação precoce da EET, nas primeiras 72 horas após o evento isquêmico, favoreceu uma recuperação funcional mais rápida e eficiente, associando-se a menores danos cerebrais evidenciados por exames de imagem. Esses resultados corroboram com os princípios da neuroplasticidade precoce descritos por Ward; Cohen, 2020, segundo os quais o estímulo neuromodulatório aplicado logo após a lesão cerebral contribui para a formação de novas conexões sinápticas e acelera o processo de recuperação das vias neurais afetadas.

Por outro lado, o estudo de Zhang *et al.* (2025), embora de caso único, trouxe contribuições relevantes ao utilizar a rTMS associada ao treino orientado à tarefa, evidenciando aumento de destreza e coordenação manual. Esses achados corroboram parcialmente com os resultados de Raffin *et al.* (2023), que destacam a importância da combinação de modalidades de estimulação distintas, mas discordam quanto à generalização dos efeitos funcionais em amostras reduzidas, reforçando a necessidade de estudos com maior representatividade clínica.

Os achados de Ng *et al.*, 2020 ao empregar estimulação elétrica funcional controlada por EMG, também apontaram ganhos significativos na força muscular e na recuperação motora ($p = 0,001$), confirmando que intervenções baseadas em feedback sensório-motor favorecem a integração funcional entre o estímulo elétrico e o movimento voluntário, ampliando a eficácia da fisioterapia convencional. A revisão de Solomons e Shanmugasundaram (2019) reforçou esses resultados, ao sintetizar evidências de mais de 600 pacientes e constatar melhora motora e funcional significativa com o uso da estimulação elétrica transcraniana, especialmente quando associada à fisioterapia.

Essa consistência entre os estudos confirma o papel adjuvante da neuromodulação no processo de reabilitação neurológica, conforme também destacado por Figueiredo *et al.* (2023) e Cysneiros (2024). De forma geral, observa-se uma tendência entre os autores em adotar protocolos de 20 minutos de estimulação, com intensidade de 2 mA, em frequência de 3 a 5 sessões semanais durante quatro semanas, o que demonstra certa padronização metodológica. No entanto, ainda persistem desafios

quanto à individualização dos parâmetros, à variabilidade das respostas clínicas e à necessidade de estudos longitudinais que confirmem a durabilidade dos efeitos observados, conforme apontado por Pereira, Gomes e Almeida (2023) e Soares *et al.* (2024).

Portanto, os resultados sintetizados evidenciam que a combinação entre fisioterapia e estimulação transcraniana constitui uma estratégia eficaz e segura para a reabilitação de pacientes pós-AVE, promovendo ganhos motores, funcionais e de qualidade de vida. A continuidade de estudos longitudinais com amostras ampliadas e delineamentos controlados acompanhando os resultados a médio e longo prazo é essencial para consolidar protocolos clínicos baseados em evidências e otimizar o uso dessas técnicas na prática fisioterapêutica.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos estudos demonstra que a associação da fisioterapia às técnicas de estimulação transcraniana favorece resultados mais eficientes para a reabilitação pós-AVE. Os ensaios clínicos apontam benefícios consistentes na função motora, força, coordenação e autonomia, reforçando o papel da neuromodulação — especialmente da tDCS — como um recurso seguro e eficaz para estimular a neuroplasticidade e o aprendizado motor. Nesse sentido, a integração dessas abordagens configura uma estratégia promissora na neuroreabilitação. Contudo, permanece a necessidade de avançar em pesquisas que reduzam a variabilidade entre protocolos e considerem as diferenças individuais, a fim de fortalecer as evidências e aprimorar a precisão clínica, contribuindo para melhores resultados e maior qualidade de vida dos pacientes após o AVE.

Apesar desses avanços, desafios importantes ainda permeiam a utilização da estimulação cerebral não invasiva na prática clínica. A heterogeneidade na resposta ao tratamento, a falta de padronização dos parâmetros e a escassez de estudos longitudinais continuam a limitar a generalização dos achados (Pereira; Gomes; Almeida, 2023).

As perspectivas futuras, entretanto, apontam para um campo em evolução constante. O desenvolvimento de protocolos personalizados, baseados em biomarcadores neurofisiológicos, aliado à incorporação de tecnologias como realidade virtual e sistemas robóticos, tende a potencializar os efeitos da neuroestimulação. Além disso, a capacitação de profissionais e a ampliação da produção e disseminação científica são fundamentais para consolidar essa abordagem no âmbito da fisioterapia neurológica (Soares *et al.*, 2024).

Assim, a articulação entre fisioterapia e estimulação transcraniana configura um caminho promissor para a reabilitação pós-AVE, oferecendo avanços significativos em funcionalidade, autonomia e qualidade de vida. À medida que novas evidências surgem e os protocolos se refinam, fortalece-se a construção de uma prática clínica mais precisa, segura e orientada para resultados efetivos na neuroreabilitação.

REFERÊNCIAS

- ANDERBERG, L. et al. Early transcranial direct current stimulation in acute ischemic stroke: a randomized controlled trial. *Stroke*, v.51, n.1, p.310–319, 2020.
- BAHR-HOSSEINI, M. et al. Transcranial electrical stimulation in stroke: early after-onset clinical trial (TESSERACT). *Clinical Neurophysiology*, v.135, n.2, p.285–296, 2023.
- BORNHEIM, S. A. et al. Estimulação transcraniana por corrente contínua associada à fisioterapia em pacientes com acidente vascular cerebral agudo: estudo randomizado triplo-cego controlado por placebo. *Journal of Stroke Rehabilitation*, v.14, n.3, p.210–221, 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.
- CAMPBELL, B. C. V.; KHATRI, P. Stroke. *The Lancet*, v.396, n.10244, p.129–142, 2020.
- CAVENAGHI, V. B. Estimulação cerebral não-invasiva na prática clínica. *Arquivos Médicos*, v.18, n.2, p.55–63, 2023.
- CHHATBAR, P. Y. et al. Anodal transcranial direct current stimulation for chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *Brain Stimulation*, v.12, n.6, p.1418–1425, 2019.
- CHOU, Y. H.; HSU, Y. C.; LIN, Y. C. Repetitive transcranial magnetic stimulation and motor recovery after stroke: mechanisms, applications, and future directions. *Frontiers in Neurology*, v.12, p.579195, 2021.
- CHUNG, C. L. et al. Effects of transcranial direct current stimulation combined with physiotherapy on motor function, balance, and gait in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v.18, n.1, p.1–15, 2021.
- COSTA, L. D. et al. Efeitos combinados de tDCS e terapia convencional na reabilitação pós-AVE. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v.36, n.5, p.412–425, 2022.
- CYSNEIROS, H. R. S. Estimulação transcraniana por corrente contínua na reabilitação. *Revista Brasileira de Terapia Pain*, v.3, n.1, p.25–33, 2024.
- ELSNER, B. et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving activities of daily living, and physical and cognitive functions in people after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, v.5, n.3, p.1–184, 2022.
- ELSNER, B. et al. Transcranial direct current stimulation for improving activities of daily living, and physical and cognitive functions in people after stroke: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Neurology*, v.30, n.7, p.1250–1265, 2023.
- EVANCHO, A.; TYLER, W. J.; McGREGOR, K. A review of combined neuromodulation and physical therapy interventions for enhanced neurorehabilitation. *Frontiers in Human Neuroscience*, v.17, n.4, p.1–14, 2023.
- FIGUEIREDO, L. M. et al. Efeitos da tDCS sobre a plasticidade cortical e recuperação motora após AVC. *Revista Brasileira de Neurociências*, v.29, n.2, p.155–164, 2023.

FITZGERALD, P. B.; BENITEZ, J. Avanços em estimulação cerebral não invasiva. Arquivos de Neuropsiquiatria, v.81, n.1, p.25–34, 2023.

GLOBAL BURDEN OF STROKE (GBD 2021). Global burden of stroke 1990–2021: a systematic analysis. The Lancet Neurology, v.23, n.2, p.102–118, 2024.

GOMES, L. F.; ALMEIDA, F. J. Uso clínico de estimulação elétrica cerebral após AVC. Revista de Neuroreabilitação Funcional, v.15, n.1, p.45–56, 2023.

HE, X. et al. Efeitos da tDCS na reorganização cortical e recuperação motora em AVC. Chinese Journal of Clinical Neurology, v.22, n.3, p.210–219, 2024.

HUANG, Y. et al. Neuromodulação e plasticidade cerebral após AVC: revisão sistemática. Asian Clinical Neurology Journal, v.10, n.2, p.85–94, 2021.

LEFAUCHEUR, J.-P. et al. Guidelines for the use of repetitive transcranial magnetic stimulation in neurological diseases. European Journal of Neurology, v.27, n.4, p.415–425, 2020.

LEFAUCHEUR, J.-P. et al. Updated guidelines for the use of repetitive transcranial magnetic stimulation in neurological diseases. European Journal of Neurology, v.29, n.3, p.223–245, 2022.

MELO, L. M. et al. Impacto da tDCS combinada à fisioterapia na recuperação motora após AVC. Revista Brasileira de Fisioterapia, v.25, n.2, p.145–152, 2021.

NASCIMENTO, L. R. et al. Estratégias de reabilitação motora com estimulação cerebral não invasiva. Revista de Terapia e Reabilitação Neurológica, v.11, n.3, p.215–228, 2022.

NG, Y. S. et al. Panorama da reabilitação pós-AVC: avanços e desafios. Southeast Asian Journal of Neurosciences, v.19, n.4, p.255–264, 2020.

NUDO, R. Plasticidade cortical e recuperação funcional pós-lesão. Contemporary Neuroscience, v.6, n.1, p.32–48, 2023.

OLIVEIRA, F. L.; SANTOS, P. R.; CARVALHO, M. J. Efeitos da tDCS em pacientes pós-AVC: revisão narrativa. Revista de Neurologia Clínica Aplicada, v.28, n.2, p.175–188, 2023.

PASCUAL-LEONE, A. et al. Transcranial magnetic stimulation and brain plasticity. International Journal of Cognitive Neuroscience, v.12, n.1, p.1–15, 2021.

PEREIRA, T. A.; GOMES, L. F.; ALMEIDA, F. J. Abordagens integradas de neuromodulação e fisioterapia após AVC. Revista Brasileira de Neuroreabilitação, v.19, n.3, p.220–235, 2023.

POLLOCK, A. et al. Intervenções de reabilitação após AVC: revisões sistemáticas. Cochrane Database of Systematic Reviews, v.5, n.8, p.1–184, 2022.

RAFFIN, E. et al. Estudos de estimulação cerebral não invasiva e reorganização cortical. Experimental Brain Research, v.241, n.6, p.1819–1831, 2023.

SILVA, J. P.; COSTA, M. V. Estimulação cerebral na prática fisioterapêutica. Revista Brasileira de Fisioterapia Clínica, v.12, n.2, p.98–108, 2023.

SOARES, C. M. S. et al. Aplicações clínicas da estimulação elétrica transcraniana em AVC. Revista de Fisioterapia e Neurociência, v.21, n.3, p.201–210, 2024.

SOLOMONS, K.; SHANMUGASUNDARAM, S. Avanços na neuromodulação não invasiva. International Journal of Applied Neuroscience, v.5, n.2, p.95–106, 2019.

SU, Y. et al. Transcranial electrical stimulation and neuroplasticity in stroke. Asian Journal of Neurorehabilitation, v.8, n.1, p.1–10, 2020.

TEASELL, R. et al. Diretrizes para reabilitação pós-AVC. Canadian Journal of Neurological Rehabilitation, v.37, n.2, p.145–160, 2020.

WARD, N. S.; COHEN, L. G. Neuroplasticity and motor recovery after stroke. The Lancet Neurology, v.19, n.4, p.350–359, 2020.

WU, S. et al. Therapeutic potential of transcranial electrical stimulation. International Clinical Neurology Journal, v.34, n.2, p.120–134, 2025.

XIE, F. et al. Comparative effects of brain stimulation modalities in stroke. Chinese Journal of Clinical Neuroscience, v.31, n.1, p.45–56, 2023.

ZHANG, L. et al. Long-term effects of tDCS on motor recovery after stroke. International Journal of Neurorehabilitation, v.32, n.2, p.175–187, 2025.