

EFEITOS DA NEUROMODULAÇÃO POR TDCS EM PACIENTES COM DIFERENTES DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO

Autor 01: Maria Eduarda Moreira Câmara^{1*}

Autor 02: Nhattyale das Graças Silva^{2†}

Paula Baccarine Viegas^{3§}

Dayse Rodrigues de Sousa Andrade^{4ª}

Orientador: Saulo Elias^{5‡}

RESUMO: INTRODUÇÃO: As doenças do sistema nervoso central provocaram prejuízos motores, sensoriais e cognitivos que afetaram a autonomia e a qualidade de vida dos pacientes. Nesse contexto, a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) surge como um recurso promissor, por ser uma técnica não invasiva capaz de modular a atividade cortical e potencializar os efeitos das abordagens tradicionais de reabilitação. OBJETIVO: O estudo investigou os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) associada à reabilitação fisioterapêutica na melhora da função motora, sensorial e redução da dor em diferentes patologias neurológicas. METODOLOGIA: Foram avaliados sete pacientes com diferentes condições, entre elas: ataxia, doença de Parkinson, neuropatia, fibromialgia, Charcot-Marie-Tooth e esclerose lateral amiotrófica, submetidos de 10 a 30 sessões de tDCS e intervenções fisioterapêuticas específicas. Foram aplicados testes de equilíbrio, sensibilidade, coordenação motora e percepção da dor. RESULTADOS: Observou-se melhora significativa nas demandas individuais dos pacientes ao comparar os resultados pré e pós intervenção. CONSIDERAÇÕES FINAIS: A combinação da tDCS com a fisioterapia potencializou a neuroplasticidade, promovendo efeitos positivos na função motora e sensorial, sugerindo que a abordagem integrada apresentou resultados promissores e reforçando a necessidade de estudos futuros com amostras maiores e delineamentos controlados.

Palavras-chave: tDCS. Reabilitação fisioterapêutica. Doenças neurológicas. Neuroplasticidade. Função motora.

1 INTRODUÇÃO

As patologias do sistema nervoso central podem provocar uma série de prejuízos, não apenas motores, mas também sensoriais, cognitivos e autonômicos, que afetam profundamente a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos acometidos (1).

Brandão e Gómez-Melero (1,2) descrevem que, mesmo em fases iniciais, podem ocorrer manifestações como fraqueza muscular, dificuldades de marcha, alterações sensitivas, fadiga, problemas visuais e disfunções cognitivas que geram impacto significativo nas atividades de vida diária (AVD's), na participação social e no bem-estar psicológico dos pacientes. Considerando esses impactos, torna-se relevante explorar estratégias terapêuticas que possam

^{1*} Discente do Curso de Fisioterapia do UNIPTAN. Email: mariaedu443@gmail.com

^{2†} Discente do Curso de Fisioterapia do UNIPTAN. nhattyale16@gmail.com

^{3§} Professora do Curso de Fisioterapia do UNIPTAN. Email: paula.baccarini@afya.com.br

^{4ª} Professora do Curso de Fisioterapia do UNIPTAN. Email: dayse.andrade@uniptan.edu.br

^{5‡} Professor do Curso de Fisioterapia do UNIPTAN. Email: saulo.jose@afya.com.br

complementar às intervenções atuais, potencializando seus efeitos no tratamento das doenças que alteram o sistema nervoso central (3).

A estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) é uma forma de neuromodulação não invasiva que tem se destacado na reabilitação por sua capacidade de alterar a excitabilidade cortical e, assim, potencializar os resultados das terapias convencionais (4). É considerada um método seguro, indolor, de baixa incidência de efeitos adversos, além de ser de fácil aplicação e boa aceitação entre os pacientes (4). Além disso, há estudos que indicam que a tDCS além de promover modificações na plasticidade cerebral, produz efeitos prolongados, o que amplia seu potencial de uso na neuroreabilitação (5).

Apesar de seu potencial terapêutico, ainda há escassez de estudos clínicos que investiguem, de forma sistemática, os benefícios da tDCS combinada em diversos perfis de pacientes com diferentes patologias (5). A maior parte das pesquisas concentra-se em populações específicas, como indivíduos pós-Acidente Vascular Encefálico (pós-AVE), ou na recuperação da função motora, havendo, portanto, lacunas no conhecimento sobre sua aplicação em outras condições clínicas (5).

Diante disso, este estudo pretende contribuir para o avanço do conhecimento científico na área, investigando os efeitos da tDCS associada à reabilitação fisioterapêutica na promoção da melhora da mobilidade, sensibilidade, diminuição da dor e aumento da independência funcional de pacientes com diferentes doenças do sistema nervoso central.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo tratou-se de uma pesquisa original, experimental e foi realizada em sete pacientes com diferentes patologias neurológicas, como: ataxia (n=1), doença de Parkinson (n=1), neuropatia (n=1), fibromialgia (n=2), Charcot-Marie-Tooth (n=1) e esclerose lateral amiotrófica (ELA) (n=1).

A pesquisa iniciou-se após os pacientes concordarem voluntariamente em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido e a aprovação do comitê de ética e pesquisa local através do CAAE: 81245424.9.0000.5156. A idade variou entre 28 e 65 anos, sendo 2 do sexo feminino e 5 do sexo masculino. Os critérios de exclusão contemplaram pacientes com implantes metálicos em qualquer região do córtex, bem como aqueles com tumor cerebral sem diagnóstico definido e epilepsia sem controle.

Os participantes foram submetidos a 15 sessões de tDCS, sendo 3 sessões nas duas primeiras semanas, com intervalo de pelo menos 24 horas entre elas, e 2 sessões nas quatro semanas restantes. As intervenções fisioterapêuticas foram planejadas conforme as necessidades específicas de cada paciente, com enfoque na funcionalidade e nos principais comprometimentos clínicos. Para o protocolo de tDCS foi utilizada uma corrente de 2 mA, aplicada por meio de eletrodos posicionados paralelamente aos ossos do crânio, de acordo com o sistema internacional 10/20 do eletroencefalograma. Os pontos de estimulação foram definidos conforme os benefícios terapêuticos esperados para cada paciente, com duração de 20 minutos por sessão.

Foram realizados testes antes do início da pesquisa focados nas maiores demandas de cada paciente, sendo: teste Timed Up and Go (TUG) para avaliação de equilíbrio (6), marcha e risco de quedas nos pacientes com ataxia e doença de Parkinson. O TUG é um procedimento de avaliação simples, utilizado para mensurar equilíbrio, velocidade da marcha e risco de quedas. Ele consiste em fazer com que o paciente se levante de uma cadeira, percorra uma distância de três metros até um ponto determinado, retorne e se sente novamente (6,8). A Escala Visual Analógica de Dor (EVA) foi utilizada para avaliação da percepção de dor nos pacientes com fibromialgia, onde valores mais altos correspondem a uma dor de maior intensidade (7). Já o estesiômetro foi utilizado para avaliar o grau de sensibilidade no paciente com neuropatia; e, por fim, para avaliar a coordenação motora fina dos indivíduos com ELA e Charcot-Marie-Tooth, foi solicitado que escrevessem palavras e preenchessem desenhos para comparação ao final da pesquisa.

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software Graph Prism e considerado um valor de p igual a 5%, através do teste t-student pareado.

4 RESULTADOS

Devido à heterogeneidade da amostra, os resultados analisados variaram conforme a patologia e demanda apresentada por cada paciente, portanto, os resultados foram relatados individualmente.

Os dados sobre avaliação do equilíbrio e risco de quedas do paciente 1, com ataxia, demonstrou que ocorreu diminuição do tempo gasto para realizar o teste TUG, onde na avaliação inicial foi gasto 21,41 segundos para percorrer o espaço delimitado no teste e no final da intervenção passou para 16,37 segundos.

Já o paciente 2, com Parkinson, realizou o teste TUG na avaliação inicial no tempo de 15,45 segundos, e no final do estudo, realizou por 10,71 segundos.

O paciente 3 que apresenta alteração da sensibilidade devido a neuropatia, demonstrou resultados favoráveis na melhora da sensibilidade, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1. Regiões do corpo e as cores do estesiômetro na avaliação da sensibilidade do paciente

Regiões do Corpo	Sensibilidade Início	Sensibilidade Após Intervenção
Coxa	Azul	Verde
Perna	Verde	Verde
Pé – dorso	Azul	Verde
Pé - plantar	Azul	Azul

Fonte: Autores (2025).

Ao avaliar os dados do nível de dor nos pacientes 4 e 5, com fibromialgia foi possível observar diferenças significativas, com valores de p igual a 0,0002 e 0,0011, respectivamente, como pode ser observado na figura 1.

Figura 1. Média de dor na escala EVA no 4 (A) e 5 (B). Teste t-student, $p < 0,05$.

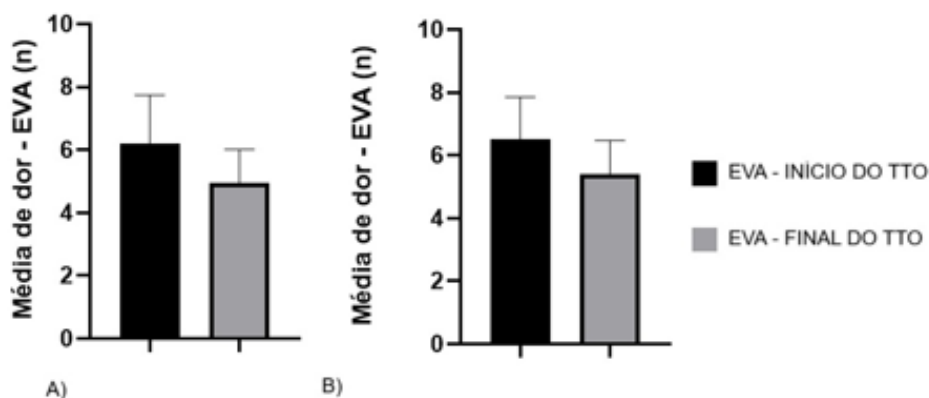


figura 1. Média de dor na escala EVA no 4 (A) e 5 (B). Teste t-student, $p < 0,05$.

Fonte: Autores (2025).

O paciente 6 com sequelas de Charcot-Marie-Tooth apresentou diminuição do tempo ao realizar atividade com manuseio de objetos pequenos. Na primeira sessão gastou 45 segundos para concluir a atividade e, ao final do tratamento, conseguiu finalizar a mesma atividade em 20 segundos.

Nas análises qualitativas das imagens da escrita e desenhos do paciente 7, com sequelas de ELA, também foi possível observar a melhora na coordenação motora de forma qualitativa.

Figura 2. Imagens desenhadas pelo paciente 6 no início, meio e final do período de tratamento.



Fonte: Autores (2025).

Tabela 2. Parâmetros da neuromodulação e resultados pré e pós intervenção observados nos pacientes submetidos à TDCS.

Patologias	Nº de sessões	Tempo da sessão	Local de aplicação dos eletrodos	Medida avaliativa	Resultados pré intervenção	Resultados pós intervenções
Ataxia	15	20 min	Ânodo em deltoide e cátodo em Oz	TUG	21,41 segundos	16,37 segundos
Parkinson	15	20 min	Ânodo em Oz e cátodo em Cz	TUG	15,45 segundos	10,71 segundos
Neuropatia	15	20 min	Ânodo em T10 e cátodo em Cz	Estesiometria	Coxa: azul; perna: verde; dorso do pé: azul; região plantar do pé: azul	Coxa: verde; perna: verde; dorso do pé: verde; região plantar do pé: azul
Fibromialgia – paciente 4	15	20 min	Ânodo em T10 e cátodo em Cz	Escala EVA	8	6
Fibromialgia – paciente 5	15	20 min	Ânodo em T10 e cátodo em Cz	Escala EVA	7	5
Charcot Marie Thoot	15	20 min	Ânodo em C3 e cátodo em C4	Tempo de atividade motora fina	45 segundos	20 segundos
ELA	15	20 min	Ânodo em C3 e cátodo em C4	Análise de imagens	Traços irregulares, menor precisão	Traços mais definidos e caligrafia mais precisa

Fonte: Autores (2025).

5 DISCUSSÃO

A associação entre a tDCS e a reabilitação fisioterapêutica demonstrou ser uma estratégia eficaz na melhora funcional de pacientes com diferentes tipos de sequelas neurológicas. Os resultados evidenciaram ganhos significativos em parâmetros como equilíbrio

corporal, sensibilidade, coordenação motora e alívio da dor, conforme demonstrado pelos testes TUG, estesiometria, EVA e análises qualitativas.

No presente estudo a aplicação da tDCS associada à fisioterapia demonstrou efeitos positivos sobre o desempenho motor dos pacientes com ataxia e Parkinson, refletidos na redução do tempo de execução do TUG. A melhora observada no paciente com ataxia está alinhada ao estudo de Benussi (2020), no qual a tDCS promoveu uma redução de 26,1% nos sintomas, principalmente relacionados à marcha. Da mesma forma, os achados do paciente com Parkinson corroboram o estudo de Neves (2017), que também identificou benefícios funcionais após o uso da técnica. Além disso, Fregni et al. (2006) relataram aumento significativo da coordenação motora em pacientes com Parkinson quando aplicado eletrodo anódico sobre M1, região igualmente estimulada no presente estudo, o que reforça a coerência dos resultados. Complementarmente, o estudo de Dagan et al. (2018) demonstrou melhora da marcha e redução dos episódios de congelamento utilizando tDCS com montagens comparáveis às empregadas na prática clínica do presente estudo, sugerindo que diferentes configurações da técnica, quando aplicadas sobre áreas-chave do controle motor, tendem a gerar efeitos benéficos na mobilidade. Dessa forma, os achados deste estudo se mostram consistentes com a literatura, indicando que a estimulação de M1 pode atuar como importante moduladora da função motora em condições neurológicas que comprometem equilíbrio e marcha.

O paciente com alteração sensorial neuropática demonstrou ganho sensitivo nas coxas e região plantar do pés, sugerindo que a tDCS, combinada ao tratamento fisioterapêutico pode auxiliar não somente em ganhos motores, como também sensoriais. O estudo de Young et al. (2020) que avaliou alterações sensitivas em pacientes com neuropatias e Esclerose Múltipla (EM) foi observado que o tratamento com tDCS, por cinco dias, reduziu a intensidade da dor por um período prolongado em pacientes com EM.

As duas pacientes com fibromialgia demonstraram redução na percepção da dor através da escala EVA, propondo que a tDCS pode apresentar efeitos analgésicos. Esses resultados corroboram com o estudo de Loreti et al. (2023) onde foram tratadas 35 mulheres com fibromialgia com tDCS estimulando com eletrodo anódico em M1 por 13 minutos em 10 sessões e foram observadas diminuição da dor avaliada pela escala EVA, após dez sessões, após 30 dias e após 90 dias, em comparação às mulheres tratadas com placebo. O estudo demonstra que os efeitos benéficos da tDCS perduram após o término do tratamento. Na metanálise de Yang (2024) também é demonstrado que a tDCS é um tratamento importante na redução da dor de paciente com fibromialgia.

O paciente com Charcot-Marie-Tooth apresentou redução no tempo de execução de tarefas que exigiam coordenação motora fina. Estes achados se assemelham aos resultados encontrados por Condé et al. (2025), que identificaram melhora significativa da coordenação motora em pacientes com ataxia cerebelar submetidos à tDCS associada ao treinamento funcional. Apesar de se tratarem de patologias neurológicas distintas, ambas envolvem comprometimento da via sensório-motora e demandam neuroplasticidade. Assim, é possível concluir que a tDCS atuou como facilitadora, potencializando o reajuste cortical.

No paciente com ELA reabilitado no presente estudo foi possível observar que os traços dos desenhos ficaram mais precisos e a caligrafia mais definida, sugerindo melhora da coordenação motora fina. Palm (2023) também descreveu achados semelhantes, indicando que a tDCS aplicada sobre áreas motoras pode favorecer especialmente o controle motor fino. No estudo de Benussi et al. (2023), que avaliou 31 pessoas com ELA e comparou um grupo tratado com tDCS a outro não tratado, observou-se melhora significativa da força global, da qualidade de vida e da sobrevida, utilizando protocolo com eletrodos bilaterais em M1 e catódico na coluna vertebral ao longo de duas semanas. Embora o protocolo de Benussi et al. apresente diferenças na montagem dos eletrodos e na amplitude dos desfechos analisados, ambos os estudos seguem tempo de intervenção semelhante e utilizam estimulação do córtex motor, o que reforça a coerência entre os achados. No entanto, enquanto Benussi investigou efeitos sistêmicos e multifatoriais, o presente estudo concentrou-se em uma função motora mais específica, a coordenação fina, obtendo resultados positivos após 14 sessões de tDCS anódica aplicada sobre o giro pré-central (2 mA por 20 minutos). Dessa forma, apesar das diferenças metodológicas, os achados convergem para o potencial da tDCS em promover benefícios motores em indivíduos com ELA, tanto em aspectos amplos quanto em habilidades motoras finas.

No estudo de Bernal et al. (2024) que avaliou a coordenação motora de membro superior de pacientes com sequelas de Acidente Vascular Encefálico (AVE) foi observado melhora da mobilidade dos dedos quando utilizado tDCS associado com reabilitação assistida com Robô, colocando o eletrodo anódico em M1 e catódico contralateral. Apesar de ser uma doença neurológica diferente das estudadas no presente estudo, as áreas corticais que regulam os movimentos finos de membros superiores são as mesmas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

A redução no tempo de execução das tarefas motoras, o aumento da sensibilidade tátil

e a diminuição dos níveis de dor sugerem que a combinação das terapias promove efeitos sinérgicos positivos na neuroplasticidade e no desempenho funcional dos pacientes. Apesar do número limitado de participantes e a heterogeneidade das condições avaliadas, os achados sustentam a relevância do uso integrado da tDCS na prática clínica fisioterapêutica, reforçando a necessidade de novos estudos com amostras maiores e delineamentos controlados para consolidar sua aplicabilidade como abordagem terapêutica complementar na reabilitação neurológica.

REFERÊNCIAS

1. Brandão PMF, Lino TB, Oliveira RT, et al. Age, motor dysfunction and neuropsychiatric symptoms impact quality of life in multiple sclerosis. *Rev Bras Enferm.* 2022;75(6):e20210207. doi:10.1590/0034-7167-2021-0207.
2. Gómez-Melero S, Caballero-Villarraso J, Escribano BM, et al. Impact of cognitive impairment on quality of life in multiple sclerosis patients: a comprehensive review. *J Clin Med.* 2024;13(11):3321. doi:10.3390/jcm13113321.
3. Evancho A, Tyler WJ, McGregor K, et al. Combined neuromodulation and physiotherapy interventions to potentiate neurorehabilitation: a review. *Front Hum Neurosci.* 2023;17:1151218. doi:10.3389/fnhum.2023.1151218.
4. Brunoni AR, Ferrucci R, Fregni F, et al. Transcranial direct current stimulation for the treatment of major depressive disorder: a summary of preclinical, clinical and translational findings. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2012;39(1):9-16. doi:10.1016/j.pnpbp.2012.05.016.
5. Sánchez-Kuhn A, Pérez-Fernández C, Cánovas R, et al. Transcranial direct current stimulation as a tool for motor neurorehabilitation: an empirical review. *Biomed Eng Online.* 2017;16(Suppl 1):76. doi:10.1186/s12938-017-0361-8.
6. Bretan O, Silva Júnior JE, Ribeiro OR, Corrente JE. Risco de quedas em idosos residentes na comunidade: avaliação pelo teste Timed Up and Go. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2013;79(1):18–21.
7. Fregni F, Boggio PS, Santos MC, et al. Estimulação cortical não invasiva com estimulação transcraniana por corrente contínua na doença de Parkinson. *Mov Disord.* 2006;21:1693–1702.
8. Dagan M, Herman T, Harrison R, et al. Multitarget transcranial direct current stimulation for freezing of gait in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2018;13:27300. doi:10.1002/mds.27300.
9. Bernal-Jiménez JJ, Dileone M, Mordillo LM, et al. Combining transcranial back-pass with hand rehabilitation in stroke patients: a double-blind, randomized clinical trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2024;103(10):875–882. doi:10.1097/PHM.0000000000002446.
10. Loreti EH, et al. Effects of anodal transcranial direct current stimulation on the primary motor cortex in women with fibromyalgia: a randomized, triple-blind clinical trial. *Neuromodulation.* 2023;26(4):767–777.
11. Benussi A, et al. Cortico-spinal tDCS in amyotrophic lateral sclerosis: a randomized, double-blind, sham-controlled trial followed by an open-label phase. *Brain Stimul.* 2023;16(6):1666–1676.

12. Young J, Zoghi M, Khan F, et al. The effect of transcranial direct current stimulation on chronic neuropathic pain in patients with multiple sclerosis: randomized controlled trial. *Pain Med.* 2020;21(12):3451–3457.
13. Condé A, et al. Coordenação motora fina em pacientes com ataxia cerebelar submetidos à tDCS associada ao treinamento funcional. 2025.