

**EFEITOS DA ELETROESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA NA MARCHA E
FREEZING DE PACIENTES COM PARKINSON
EFFECTS OF TRANSCRANIAL ELECTROSTIMULATION ON GAIT AND FREEZING
IN PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE**

Marilia Gabrielle de Oliveira Santos

Graduanda do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário São José.

Thiago Bezerra Pereira

Prof. Me. em Neurologia, Docente do Centro Universitário São José.

RESUMO

A doença de Parkinson é uma doença neurodegenerativa e progressiva que acomete os núcleos da base, causando os distúrbios do movimento além de outras complicações a nível sistêmico. O *freezing* associado a marcha é um dos sintomas que menos respondem aos tratamentos convencionais, sendo um dos mais desafiadores em questão de melhora. Diante desse panorama, a intervenção com eletroestimulação transcraniana surge como um método promissor de estudo, através da aplicação de estímulos elétricos e pulsos magnéticos que modulam a atividade cortical da área que se deseja tratar. Esta revisão integrativa teve como objetivo investigar os efeitos da eletroestimulação transcraniana na marcha e *freezing* de pacientes com Parkinson. A busca eletrônica foi feita nas bases de dados PubMed, Scielo, Google Acadêmico e PEDro. Oito estudos foram incluídos nessa revisão e todos chegaram a resultados benéficos, alguns com maiores efeitos e outros com menores, mas apesar dos efeitos positivos, ainda há muita heterogeneidade e inconsistência nos resultados, o que torna necessário estudos mais específicos com protocolos mais demarcados.

Palavras-chave: parkinson, eletroestimulação transcraniana, *freezing*, marcha.

ABSTRACT

Parkinson's disease is a progressive neurodegenerative disease that affects the basal ganglia, causing movement disorders and other systemic complications. Freezing associated with gait is one of the symptoms that responds least to conventional treatments and is one of the most challenging to improve. Given this scenario, intervention with transcranial electrical stimulation appears as a promising method of study, through the application of electrical stimuli and magnetic pulses that modulate the cortical activity of the area to be treated. This integrative review aimed to investigate the effects of transcranial electrical stimulation on gait and freezing in patients with Parkinson's. The electronic search was performed in the PubMed, Scielo, Google Scholar and PEDro databases. Eight studies were included in this review and all reached beneficial results, some with greater effects and others with lesser ones. However, despite the positive effects, there is still a lot of heterogeneity in the results, which makes more specific studies with more demarcated protocols necessary.

Keywords: parkinson's, transcranial electrical stimulation, freezing, gait.

INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson (DP) é uma doença de característica hipocinética neurodegenerativa progressiva que ocorre na substância negra do mesencéfalo causando a degradação dos neurônios dopaminérgicos resultando em distúrbios motores. A tríade do Parkinson consiste em bradicinesia, tremor de repouso e rigidez (Pol et al., 2021).

A doença foi descoberta por James Parkinson no ano de 1817 e atinge de 1% a 3% da população mundial com mais de 60 anos e sua incidência aumentou consideravelmente nos últimos anos. No Brasil há aproximadamente 222.000 indivíduos com a doença (Vasconcellos et al., 2023).

O congelamento/*freezing* também conhecido como FOG (*freezing of gait*) é um fenômeno que dificulta brevemente o início da marcha e suas mudanças de direções. As alterações de marcha decorrentes da DP consistem em (desequilíbrio, descoordenação, postura fletida, hipocinesia, etc.). O *freezing* e a marcha estão diretamente ligados e suas disfunções são uns dos sintomas motores incapacitantes que avançam de acordo com a progressão da doença, trazendo consequências como: quedas, maior dependência funcional, menor desempenho nas atividades, impacto na saúde mental, etc. (Rutz; Benninger, 2020).

Atualmente, o tratamento mais usado nos sintomas parkinsonianos é a levodopa. A fisioterapia e a cirurgia são complementares ao tratamento medicamentoso. A abordagem fisioterapêutica convencional no Parkinson é voltada para sintomas motores e tem resultados satisfatórios, assim como a cirurgia. Porém, alguns sintomas ainda não respondem bem a estes tratamentos, principalmente o congelamento da marcha (Radder et al., 2020).

Nesse contexto, a eletroestimulação transcraniana como técnica terapêutica de estimulação cerebral não invasiva atua através da aplicação de correntes elétricas ou pulsos magnéticos modulando a atividade elétrica e conexões nervosas em áreas específicas do córtex, buscando influenciar positivamente o congelamento da marcha (Pol et al., 2021).

Diante disso, o tratamento fisioterapêutico através da eletroestimulação transcraniana aparenta ser uma opção de tratamento para a melhora desses sintomas dos pacientes com DP. Ela parece ter um possível potencial como terapia viável, além de ser uma alternativa segura, não invasiva, com baixo custo e com pouco ou nenhum efeito colateral (Paixão et al., 2021).

Os estudos acerca desse assunto são poucos, principalmente quando voltados aos sintomas citados acima, assim, o presente trabalho justifica-se pela escassez de literatura a respeito do tema. Esta revisão torna-se necessária para ampliar a propagação e interesse sobre o assunto e estimular a pesquisa acerca do mesmo. O entendimento sobre essa intervenção pode contribuir na prática clínica fisioterapêutica, ser relevante a nível de sabedoria para a comunidade alvo e contribuir como possível alternativa para melhora desses sintomas.

A partir disso, o objetivo geral deste estudo foi identificar a utilidade e os consequentes benefícios da eletroestimulação transcraniana no tratamento adjuvante do *freezing* e da marcha em pacientes com doença de Parkinson.

METODOLOGIA

O referente estudo trata-se de uma revisão literária integrativa de diversas publicações no período de 2019 a 2024 acerca dos efeitos da estimulação transcraniana no *freezing*/marcha do paciente com Doença de Parkinson. Como banco de dados para a pesquisa foram utilizados: PubMed, Scielo, Google Acadêmico e PEDro. Foram utilizados artigos nos idiomas português e inglês para um maior alcance de dados e foram considerados relatos de casos, estudos randomizados e controlados, revisões sistemáticas com e sem metanálise, meta-análises e revisões bibliográficas. As palavras chaves usadas foram: eletroestimulação cerebral não invasiva, parkinson, eletroestimulação, fisioterapia, sintomas motores, eletroestimulação magnética transcraniana, eletroestimulação transcraniana por corrente contínua, congelamento da marcha, levodopa, estimulação cerebral e na língua inglesa foram utilizadas: *non-invasive brain stimulation, Parkinson, electrostimulation, physiotherapy, motor symptoms, transcranial magnetic electrical stimulation, transcranial direct current electrical*

stimulation, freezing of gait, FOG, brain stimulation. Para critérios de inclusão, foram considerados: estudos que abordassem a aplicação da eletroestimulação transcraniana isoladamente e/ou em conjunto com outra intervenção, associada ou não com outra repercussão motora/cognitiva causada pela DP e que tenha o sintoma de FOG (*freezing of gait*) e/ou marcha como foco primário de estudo. Contudo, houve a exclusão de estudos que abordassem a aplicação desta intervenção nos sintomas deste estudo, porém em outra patologia neurológica, que tivessem outros sintomas motores como foco primário de estudo e publicações anteriores ao ano de 2019.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A doença de Parkinson (DP) atinge a população acima de 60 anos com prevalência do sexo masculino e é uma condição neurológica degenerativa e progressiva que se apresenta com sintomas de lentidão ou diminuição dos movimentos, tremor em repouso e rigidez, podendo haver outras repercussões sistêmicas (Zafar; Yaddanapudi, 2023).

Segundo Zafar e Yaddanapudi (2023), o fator de causa mais predominante visto na DP é a diminuição ou ausência dos neurônios dopaminérgicos dos núcleos da base, tendo como estrutura mais afetada a porção compacta da substância negra do mesencéfalo, ou seja, os sintomas mais vistos ditos no parágrafo acima acontecem, pois, essas estruturas chamadas núcleos da base são responsáveis pelo controle motor de forma geral (refinamento, modulação, ritmo, velocidade, sinergia, organização, etc.).

A doença de Parkinson é composta por cinco estágios e eles são avaliados e classificados através da Escala de Estadiamento de Hoehn e Yahr, sendo os estágios de 1 a 3 = incapacidades leve a moderada e estágios de 4 a 5 = incapacidade grave (Silva et al., 2022).

Nas diversas repercussões causadas pela DP, uma delas é o *freezing* também conhecido como FOG (*freezing of gait*) e disfunções da marcha. Paciente em estágios mais avançados da doença experimentam essas alterações citadas acima, principalmente o FOG (*freezing of gait*). O *freezing* não é muito bem compreendido e não se sabe exatamente o porquê ele acontece, o acometimento dele é amplo variando de 5% até 85,9% dos pacientes e ele tem relação direta com a marcha, contribuindo para os

distúrbios da mesma. O fenômeno do congelamento ocorre geralmente nas mudanças de direção, giros e início da marcha (Zhang et al., 2021).

De acordo com Gilat et al., (2021), o *freezing* é um potente predispor para quedas e ocorre na fase OFF da medicação. A marcha Parkinsoniana se caracteriza pela presença de passos curtos e rápidos, joelhos em semi flexão, tronco em flexão anterior, antebraços ligeiramente fletidos e pescoço anteriorizado, com isso entendemos que um dos riscos de quedas aumenta também devido a essa alteração de marcha que favorece o deslocamento do centro de massa corporal juntamente ao FOG (*freezing of gait*).

Através de Radder et al., (2020), foi entendido que a Levodopa é o tratamento atual mais usado para a doença, mas os sintomas estudados nesta revisão não respondem bem a esse tratamento convencional. Com base neste cenário terapêutico, surge a eletroestimulação transcraniana, técnica de neuromodulação não invasiva como alternativa de intervenção e ela consiste em duas modalidades: eletroestimulação magnética transcraniana (EMT) e eletroestimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC).

No ano de 1980, surgiu a primeira intervenção de estimulação cerebral não invasiva por Merton e Morton, a estimulação elétrica transcraniana (TES), causando uma reviravolta na área da neurologia, porém, ela foi usada por pouco tempo pois causava dor significativa durante sua aplicação. Cinco anos depois, em 1985, a EMT foi criada por Anthony Barker e seus colegas, contrastando com o método criado anteriormente usando o princípio de indução eletromagnética (Moreno-Roco et al., 2024).

O princípio de indução eletromagnética usado na EMT consiste na Lei de Faraday, de acordo com Matsuda et al., (2019). A Lei de Faraday se baseia em um intenso campo magnético que muda rapidamente sendo capaz de promover um campo elétrico na superfície do cérebro, despolarizando os neurônios corticais. Essa técnica tem três tipos de protocolos diferentes para serem aplicados: EMT de pulso único, de pulso pareado e de pulsos repetitivos, mais conhecida como EMTr (estimulação magnética transcraniana repetitiva), que é o protocolo mais utilizado atualmente na prática clínica (Pedrosa et al., 2022).

A EMT atua de forma catódica (inibindo a atividade cortical) e anódica (excitando a atividade cortical), segundo Matsuda et al., (2019), as aplicações com frequências

abaixo de 1Hz podem diminuir a excitação do córtex, enquanto que a aplicação de frequências mais altas, acima de 5Hz podem promover a excitação do córtex.

Segundo Sousa et al., (2023), a aplicação da técnica é feita dividindo o crânio do paciente em quadrantes, a estimulação é feita nesses quadrantes através da bobina que gera um campo magnético penetrando a estrutura craniana conforme o limiar de sensibilidade de cada indivíduo, os parâmetros são determinados de forma individual para cada paciente e as sessões duram no mínimo 20 minutos.

Há diferentes tipos de bobinas que podem ser usadas na aplicação da terapia, sendo elas: bobina circular, em formato de 8 ou butterfly, em formato de cone duplo, etc. Para a aplicabilidade clínica, a bobina circular é a mais usada quando se quer estimular regiões amplas do cérebro (Matsuda et al., 2019).

A EMT é uma técnica não invasiva, indolor, com pouco ou nenhum efeito colateral e de baixo risco ao paciente, seu uso é indicado em patologias neurológicas, principalmente nas de aspecto psiquiátrico, como: depressão, transtorno bipolar, dependência química, esquizofrenia, etc. Além de ser uma alternativa esperançosa para patologias como a doença de Parkinson, AVC, paralisia cerebral, etc. (Sousa et al., 2023).

Não há contraindicações para o uso da EMT, mas deve haver um cuidado especial quando se tratar de pacientes com histórico convulsivo, doenças degenerativas neurológicas, alguns medicamentos usados pelo paciente, uso excessivo de álcool, dispositivos implantados, etc. (Pedrosa et al., 2022).

A ETCC tem mais de 100 anos de existência, porém ela teve seu ressurgimento na virada do século XXI, desde então vem sendo estudada e aplicada em ambientes clínicos e alguns estudos já dizem que a técnica é mais vantajosa quando comparada a EMT (Sudbrack-Oliveira et al., 2021).

A aplicação é fácil, tem baixo custo, pode ser usada em ambiente doméstico e também é indicada no tratamento de doenças neurológicas, psiquiátricas, entre outras. Sua prática é feita através de eletrodos catódicos ou anódicos posicionados no couro cabeludo que transmitem uma corrente de baixa intensidade (Pol et al., 2021).

Sudbrack-Oliveira et al., (2021), relatam que há algumas contraindicações na aplicação da ETCC, mas que com devidos cuidados, pode ser realizada, como em casos

de lesões cutâneas, como dermatites, eczema ou psoríase, implantes metálicos, indivíduos com histórico de epilepsia, malformações, crianças, gestantes e idosos.

A corrente elétrica é gerada através de uma bateria e a interface entre o couro cabeludo e os eletrodos se dão através de uma solução salina ou de uma pasta condutora (Sudbrack-Oliveira et al., 2021).

RESULTADOS

O fluxograma abaixo demonstra a pesquisa realizada para revisão literária com dados baseados na aplicação da eletroestimulação transcraniana na marcha e *freezing* de pacientes com Doença de Parkinson. A pesquisa foi feita através das bases de dados Pubmed, Google Acadêmico, PEDro e *Scielo*. No total foram encontrados 105 artigos, sendo 8 compatíveis com o tema, com ano de publicação a partir de 2019.



O fluxograma acima facilita o entendimento de como foi realizada a coleta de dados para o embasamento da pesquisa acerca da aplicação do tratamento. A pesquisa foi feita com foco nas palavras-chave: “eletroestimulação transcraniana”, “doença de Parkinson”, “marcha e *freezing*”, “tms”, “etcc”, “tdcs”, “emt”. Para essa estratégia de busca foram encontrados no total 105 artigos nas bases de dados utilizadas: *Scielo* = 32, PubMed = 44, Google Acadêmico = 24, PEDro = 5.

29 artigos foram excluídos por serem duplicados, após a exclusão dos estudos duplicados, foi feita a identificação e filtragem dos 76 artigos restantes através dos títulos e resumos dos estudos e foram excluídos 68 artigos, por não corresponderem aos critérios de inclusão. Por fim, 08 artigos foram selecionados para esta revisão, sendo 02 revisões sistemáticas, 02 estudos controlados e randomizados e 04 revisões sistemáticas com meta-análise.

No quadro 1 estão apresentados um resumo de cada artigo que foi utilizado nessa revisão, organizados por autor/ano, objetivo, tipo de estudo, tempo de tratamento, resultados e conclusão.

Quadro 1. Artigos usados para a revisão literária.

Autor/Ano	Objetivo	Tipo do estudo	Nº de amostras/tempo do tratamento	Resultados	Conclusão
MI <i>et al.</i> / 2019	Investigar a eficácia da EMTr de alta frequência sobre a SMA na melhora do congelamento da marcha na Doença de Parkinson.	Estudo randomizado, duplo-cego controlado por placebo, com design paralelo.	30 participantes 20min. 5x na semana / 2 semanas. (10 sessões).	Houve melhoras significativas a partir da 5ª e 10ª sessão no FOG, sintomas motores e variáveis da marcha comprovados pelo FOG-Q e MDS-UPDRS III. O grupo placebo não teve melhoras.	A EMTr de alta frequência sobre a SMA pode ser uma terapia eficaz para aliviar o congelamento da marcha. Os efeitos benéficos duraram por até quatro semanas após o término das sessões.

KIM <i>et al.</i> / 2019	Investigar o efeito da EMTr e ETCC no congelamento da marcha na Doença de Parkinson.	Revisão sistemática com meta-análise.	Sete estudos com um total de 102 participantes foram incluídos na análise.	Houve melhoria significativa no FOG e no tempo de virada de marcha. Não houve melhorias promissoras quando aplicada no córtex motor, embora o efeito tenha sido maior em comparação com a estimulação do córtex frontal.	Ambas as estimulações demonstraram um efeito benéfico em pacientes com Doença de Parkinson. No entanto, sugere-se a necessidade de pesquisas para determinar o protocolo ideal e entender melhor os efeitos de acordo com a intervenção.
NARDONE <i>et al.</i> / 2020	Investigar a utilidade da EMTr nos distúrbios da marcha na doença de Parkinson.	Revisão sistemática.	20 estudos foram utilizados na revisão sistemática.	A EMTr quando aplicada nas regiões corticais motoras com alta frequência pode melhorar o congelamento da marcha e a velocidade.	Há a necessidade de mais estudos com amostras maiores e a longo prazo, para identificar os melhores protocolos de estimulação e como manter os efeitos benéficos ao longo prazo.
POL <i>et al.</i> / 2021	Explorar sistematicamente os efeitos da ETCC na marcha de paciente com Doença de Parkinson.	Revisão sistemática.	18 estudos randomizados foram utilizados na revisão sistemática.	A ETCC no córtex motor e na SMA bilateralmente se mostrou promissora na reabilitação da marcha na DP. Porém, não houve resultados tão	A ETCC anódica em áreas motoras mostrou efeito positivo na marcha, mas a estimulação de outras áreas não teve resultados tão animadores. São necessárias mais pesquisas

				significativos quando aplicada ao córtex pré-frontal dorsolateral ou cerebelo.	para otimizar a eficácia.
MANOR <i>et al.</i> / 2021	Avaliar os efeitos de múltiplas sessões da ETCC no congelamento da marcha visando o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo e córtex motor primário (M1) em pacientes com Parkinson.	Ensaio clínico randomizado, controlado por placebo e duplo-cego.	77 participantes 5x na semana / 2 semanas (10 sessões), seguidas por 5 sessões semanais de manutenção.	A avaliação principal não mostrou vantagens significativas da ETCC no FOG. No entanto, avaliação secundária comparada ao placebo, reduziu a gravidade do FOG auto-relatada.	A ETCC multisessão direcionada ao córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo e M1 não melhorou significativamente o desempenho em testes provocativos do FOG. Porém, as melhorias observadas no FOG leve a moderado sugerem que investigações adicionais são justificadas.
LEE; KIM / 2021	Investigar os efeitos da ETCC combinada com treinamento de estímulos visuais sobre a função motora, equilíbrio e capacidade de marcha em pacientes com doença de Parkinson (DP).	Revisão sistemática e meta-análise.	30 participantes 20 min. 5x na semana / 4 semanas (20 sessões). GE recebeu ETCC real por 20 min e GC recebeu ETCC falsa por 30 seg.	O grupo experimental mostrou uma melhora significativa na função motora, após a intervenção comparada ao grupo controle. Os efeitos foram mantidos até duas semanas após o término da intervenção.	A ETCC combinada com treinamento de estímulos visuais demonstrou ser eficaz para melhorar função motora, equilíbrio e capacidade de marcha em pacientes com DP, sugerindo seu uso como terapia adjuvante.

DENG <i>et al.</i> / 2022	Determinar os efeitos da EMTr sobre o congelamento da marcha e função cognitiva em pacientes com Parkinson.	Revisão sistemática com meta-análise.	16 estudos com um total de 419 participantes foram utilizados na análise.	A EMTr foi eficaz em melhorar as pontuações do questionário de congelamento da marcha (FOG-Q) tanto a curto quanto a longo prazo. Também mostrou efeitos positivos na avaliação cognitiva de Montreal (MOCA).	A EMTr mostrou um efeito benéfico no FOG e na disfunção cognitiva na doença de Parkinson, embora mais estudos de alta qualidade sejam necessários para determinar o protocolo ideal.
NGUYEN <i>et al.</i> / 2024	Avaliar os efeitos da ETCC sozinha e em combinação com terapias de reabilitação sobre a marcha e o equilíbrio de indivíduos com doença de Parkinson (DP).	Revisão sistemática e meta-análise	23 ensaios clínicos randomizados com um total de 569 participantes foram utilizados na análise.	A ETCC isoladamente ou combinada com outras terapias, melhorou a marcha e o equilíbrio de pacientes com DP e houve redução moderada do <i>freezing</i> durante a marcha.	A ETCC foi considerada eficaz para melhorar certos aspectos da marcha e equilíbrio na DP, tanto sozinha quanto combinada. No entanto, mais pesquisas são necessárias para determinar o protocolo ideal.

LEGENDA: EMTr = estimulação magnética transcraniana repetitiva; SMA = área motora suplementar; FOG-Q = questionário de congelamento da marcha; MDS-UPDRS = Sociedade de Distúrbios do Movimento – Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson; ETCC = estimulação transcraniana por corrente contínua; DP = doença de Parkinson; M1 = córtex motor primário; FOG = congelamento da marcha/*freezing*; GE = grupo experimental; GC = grupo controle;

DISCUSSÃO

Esta revisão teve como objetivo resumir os efeitos da eletroestimulação transcraniana na marcha e *freezing* de pacientes com Parkinson. Após a análise dos estudos inclusos, esta revisão discute os efeitos de diferentes abordagens de eletroestimulação na redução desses sintomas.

Características gerais dos estudos

Os estudos presentes nesta revisão foram conduzidos em diversos países. Dois estudos eram da China (Mi et al., 2019; Deng et al., 2022), dois eram da Coreia (Kim et al., 2019; Lee;Kim, 2021), um da Itália (Nardone et al., 2020), do Irã (Pol et al., 2021), dos Estados Unidos (Manor et al., 2021) e um de Taiwan (Nguyen et al., 2024).

O número total de participantes dos estudos foi de 1921 e em quatro estudos (Kim et al., 2019; Nardone et al., 2020; Pol et al., 2021; Deng et al., 2020) houve predominância do sexo masculino, enquanto que em três estudos (Mi et al., 2019; Manor et al., 2021; Lee; Kim, 2021) os gêneros foram distribuídos equilibradamente, somente o estudo de Nguyen et al., (2024) não reportou o sexo dos participantes. Seis estudos (Mi et al., 2019; Deng et al., 2020; Pol et al., 2021; Manor et al., 2021; Lee;Kim, 2021; Nguyen et al., 2024) tiveram apenas pacientes com DP e dois estudos (Kim et al., 2019; Nardone et al., 2020), tiveram pacientes com DP e parkinsonismo atípico. A faixa etária dos participantes variou de 50 a 79 anos, a duração média da doença variou de 6,27 meses a 17,7 anos, a gravidade da doença foi quantificada pela escala Hoehn e Yahr em seis estudos (Mi et al., 2019; Nardone et al., 2020; Deng et al., 2020; Lee;Kim, 2021; Pol et al., 2021; Nguyen et al., 2024) e variou de 1 a 3,6, nos outros dois estudos não foi utilizada a escala HY (Kim et al., 2019; Manor et al., 2021). Quatro estudos investigaram a atuação da ETCC (Pol et al., 2021; Manor et al., 2021; Lee;Kim, 2021; Nguyen et al., 2024), três estudos avaliaram a atuação da EMTr (Mi et al., 2019; Deng et al., 2020; Nardone et al., 2020) e um estudo investigou a atuação tanto da EMTr quanto da ETCC (Kim et al, 2019), todos os estudos tiveram algumas áreas de estimulação em comum, como: área motora suplementar, córtex pré-frontal dorsolateral, córtex motor primário e cerebelo.

Efeitos da Estimulação Magnética Transcraniana

Quanto ao protocolo utilizado, Mi et al., (2019) conduziram 10 sessões ao longo de duas semanas consecutivas sobre a SMA bilateralmente, com bobina em forma de 8, frequência de 10 Hz, 1000 pulsos por sessão, com duração de 20min em pacientes com DP. O grupo placebo recebeu o mesmo protocolo, porém com a bobina em ângulo de 90°.

Houve melhoras e foram comprovadas com o FOG-Q com pontuações entre 1,8 a 2,1 pontos e MDS-UPDRS III com pontuação de 5,3 pontos com seus efeitos durando por até 4 semanas pós intervenção em comparação ao estudo de Hamada et al., (2008) que teve como média a pontuação de 4,5 pontos após 8 sessões de EMTr de alta frequência, também perdurando por até quatro semanas.

Houve mudanças benéficas nas variáveis de marcha como duração total, cadência e duração de giros, não houve alterações no grupo placebo apesar das semelhanças entre os grupos.

No artigo de Nardone et al., (2020), os autores fizeram uma revisão utilizando 20 estudos sobre a EMTr nos distúrbios da marcha com pacientes com DP e Parkinsonismo Atípico, os estudos tiveram resultados diferentes a depender da frequência que foi utilizada, n° de sessões, área, etc. Igualmente ao estudo de Mi et al., (2019), Nardone também teve resultados benéficos com a aplicação da alta frequência na SMA, obtendo melhora da função da marcha e redução dos episódios do *freezing* de acordo com o FOG-Q em comparação com o córtex motor primário.

As frequências de 5Hz e 25Hz mostraram resultados positivos na velocidade da marcha e amplitude do passo com efeitos duradouros por até um mês pós intervenção, a de 10Hz no córtex motor primário melhorou a função da marcha após 5 sessões diárias com efeito duradouro por pelo menos uma semana pós intervenção e a combinação da EMTr com treino em esteira melhorou a caminhada e reduziu a inibição corticomotora.

Em contrapartida, a baixa frequência no córtex pré-frontal dorsolateral teve sua eficácia limitada e inconsistente, não levando a nenhuma melhoria motora a área dita acima.

Deng et al., (2022), avaliaram 16 estudos voltados ao congelamento da marcha e função cognitiva nos pacientes com DP, com protocolos diversos, sendo a maioria com

uso da estimulação de alta frequência (>1Hz) em áreas como córtex motor primário, SMA e córtex pré-frontal, com intensidade variando de 600 a 2100 pulsos por sessão, com até 24 sessões ao longo do tratamento.

Chegaram a resultados significativos com melhoria das pontuações no FOG-Q, no tempo de caminhada de 10m, pontuações no TUG, MOCA e FAB, além de efeitos de curto e longo prazo.

De acordo com os resultados acima, sugere-se que a SMA (área motora suplementar) é uma região com bom potencial para o alívio do *freezing* e distúrbios da marcha, principalmente quando aliada a estimulação de alta frequência. Além disso, entende-se que um protocolo que perdura por mais tempo como o estudo de Mi et al., (2019) tem maiores chances de ter efeitos mais significativos e que é de suma importância que o acompanhamento pós intervenção se mantenha por pelo menos quatro semanas para concretizar a eficácia do tratamento.

O córtex motor primário fica atrás da SMA quando o foco é exclusivamente a melhora do *freezing*, porém tem seus efeitos em variáveis/função de marcha. Na grande maioria dos estudos, a frequência alta teve resultado benéfico em algum sintoma, o que contrasta com o estudo de Benninger et al., (2011) que utilizou a frequência de 50Hz e falhou em melhorar a performance motora e a marcha de pacientes com DP, já que grande maioria dos estudos atuais ditam a frequência alta acima de 1Hz como facilitadora de excitabilidade cortical, auxiliando em possíveis melhoras de sintomas motores.

Silva et al., (2019) e outros autores apontam que abaixo de 1hz é baixa frequência, que causa a inibição cortical e que quase nunca é usada na aplicação da EMTr, o que vai de encontro com o resultado de Nardone et al., (2020), que não obteve melhora alguma com o uso da baixa frequência quando aplicada ao córtex pré-frontal dorsolateral.

Entretanto, sabe-se que o córtex pré frontal é uma região majoritariamente cognitiva, Deng et al., (2022) analisou o estudo de Jiang et al., (2020) que fez o uso da alta frequência sobre a região e chegou à conclusão que pode haver efeito positivo na função cognitiva no Parkinson. Enquanto que Zhuang et al., (2020), utilizou a baixa frequência na mesma região e relatou que a técnica tem potencial no tratamento tanto nos sintomas motores quanto nos não motores.

Efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

O estudo de Manor et al., (2021) verificou a atuação da ETCC sobre o córtex pré-frontal dorsolateral E e no córtex motor primário na região das pernas, não foi informado dados quanto ao protocolo e parâmetros utilizados, mas a intervenção consistiu em 10 sessões distribuídas ao longo de duas semanas, seguidas por cinco sessões semanais de manutenção.

A técnica não reduziu significativamente a gravidade do *freezing* na análise primária, enquanto que na secundária os participantes relataram melhora na gravidade do mesmo logo após a fase intensiva, assim como o aumento da contagem de passos diários, esses resultados não foram observados no FOG (*freezing of gait*) grave, somente no leve a moderado.

No artigo de Pol et al., (2021), os autores fizeram uma revisão utilizando 18 artigos sobre a ETCC anódica na marcha nas regiões do cerebelo, córtex pré-frontal dorsolateral, SMA e córtex motor primário. Na maioria dos estudos analisados, a aplicação da intervenção teve múltiplas sessões com duração entre 7 a 30 minutos e intensidade entre 1mA a 4mA.

Nas áreas do córtex motor e SMA a terapia mostrou-se promissora para reabilitação da marcha na DP, entretanto, no córtex pré-frontal dorsolateral e cerebelo, os resultados foram heterogêneos. Em divergência com o estudo de Lu et al., (2018), que fez o uso da estimulação anódica também na SMA, mas não produziu melhoras significativas.

No entanto, Lu et al., (2018), aplicou a ETCC apenas por 10 minutos com intensidade de 1mA, com os resultados sendo medidos na fase off da medicação, o que pode indicar a ausência de eficácia da intervenção.

A meta-análise de Lee;Kim (2021), investigou a atuação da ETCC combinada com treinamentos visuais na SMA, com 30 participantes divididos em grupo experimental e controle, com total de 20 sessões por 4 semanas, durante o estado ON, com intensidade de 2mA por 20 minutos, foram utilizados dois treinos visuais diferentes.

Não houve diferença significativa entre os grupos na melhora do *freezing*, mas o grupo experimental mostrou melhoras significativas em comparação ao grupo controle

no equilíbrio, cadência da marcha, mobilidade funcional e função motora. As melhoras se mantiveram por até duas semanas após o fim da intervenção

Nguyen et al., (2024), também analisaram 23 estudos onde a ETCC foi aplicada de forma isolada e combinada com outras terapias de reabilitação (treinamento de marcha, EMTr, fisioterapia, exercícios aeróbicos, treinamento de dupla tarefa, bicicleta e indicação visual) sobre as áreas do córtex motor primário, córtex pré-frontal dorsolateral e córtex motor suplementar em grupo experimental e simulado.

A maioria dos estudos realizaram sessão única enquanto que outros nove estudos estenderam-se de 5 a 20 sessões com duração variando entre 7 e 60 minutos. Houve efeitos terapêuticos tanto com a ETCC isolada quanto combinada na marcha, cadência, equilíbrio, *freezing* e mobilidade funcional quando combinada com outras terapias, mas não houve nenhuma diferença significativa entre os grupos experimental e simulado.

Efeitos da EMTr e da ETCC em conjunto

A revisão de Kim et al., (2019), avaliou sete estudos com a atuação das técnicas em conjunto com pacientes com Parkinson e Parkinsonismo Atípico. Os locais de estimulação foram o córtex motor da perna, córtex frontal e córtex pré-frontal dorsolateral, a maioria utilizou a alta frequência, com duração entre 6 a 25 minutos, com período de intervenção entre 1 sessão a 8 semanas de sessões.

Houve mudanças para os pacientes com parkinsonismo, mas para os pacientes com doença de Parkinson a pontuação foi mais acentuada na melhora do *freezing* comprovada através do FOG-Q, também ocorreu melhora dos sintomas motores através da UPDRS-III e no tempo de giro. Tanto a estimulação do córtex motor quanto do córtex frontal não revelou melhora significativa para o *freezing*, mas o tamanho do efeito da estimulação no córtex motor foi quase o dobro em comparação com a estimulação do córtex frontal.

Apesar de não significativa, a melhora sobre o córtex motor foi maior em comparação ao córtex frontal, igualmente ao estudo de Pol et al., (2021), que também teve efeitos terapêuticos nessa área em questão de marcha, enquanto que no córtex pré frontal teve respostas heterogêneas.

CONCLUSÃO

Os estudos apresentados mostraram que tanto a EMTr quanto a ETCC têm potencial terapêutico para melhorar os sintomas motores, principalmente o congelamento da marcha nos pacientes com DP. Ambas as intervenções se mostraram mais eficazes quando aplicadas com restrições específicas, como por exemplo frequência e área.

Notou-se que a estimulação de alta frequência na área motora suplementar (SMA) se mostrou promissora para o alívio dos sintomas motores e o congelamento da marcha nos pacientes com DP. A estimulação nas áreas como córtex motor primário também se mostrou eficaz nas variáveis da marcha, como cadência e duração de giros, embora tenha ficado atrás da SMA quando se refere a melhora do *freezing*.

Os estudos sugeriram que protocolos de intervenção prolongados com um acompanhamento de pelo menos quatro semanas para observar o curso dos efeitos causados são mais benéficos para os pacientes com DP.

A duração e intensidade da ETCC, além da combinação com outras terapias influenciaram positivamente nos resultados, encontrando efeitos positivos na marcha, equilíbrio, mobilidade e cadência da marcha, que mantiveram as melhoras por duas semanas pós intervenção, destacando o potencial das durações prolongadas e acompanhamento no pós intervenção.

Em resumo, conclui-se que a aplicação da EMTr e ETCC na SMA com alta frequência e duração prolongada, mostra-se promissora para reabilitação da marcha e *freezing* nos pacientes com DP. No entanto, estudos adicionais são necessários para refinar os protocolos e entender melhor as variações de resposta entre diferentes áreas específicas e suas condições. Não há como comparar uma técnica com a outra, já que ambas apresentaram resultados muito parecidos e ao mesmo tempo muito diversos, sendo necessário mais especificidade na aplicação de ambas.

REFERÊNCIAS

BENNINGER, D.H et al. **Estimulação magnética transcraniana intermitente theta-burst para tratamento da doença de Parkinson.** V. 76, n. 7. Neurology, fev. 2011.

DENG, S et al. **Efeitos da estimulação magnética transcraniana repetitiva nos distúrbios da marcha e na disfunção cognitiva na doença de Parkinson: uma revisão sistemática com meta-análise.** V. 12, Ed. 8. Brain and Behavior, jul. 2022.

FATEME, P et al. **Os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na marcha de pacientes com doença de Parkinson: uma revisão sistemática.** V. 10, n. 22. Translational Neurodegeneration, jun. 2021.

GILAT, M et al. **Uma revisão sistemática sobre exercícios e treinamento baseado em intervenções para congelamento da marcha na doença de Parkinson.** V. 7, n. 81. Npj / Parkinson's disease, set. 2021.

HAMADA, M et al. **rTMS de alta frequência na área motora suplementar para tratamento da doença de Parkinson.** V. 23, Ed. 11, p. 1524-1531. Movement Disorders, jun. 2008.

JIANG, Y et al. **Efeito da EMTr na função cognitiva de Parkinson: uma revisão sistemática e meta-análise.** V. 20, n. 377. BMC Neurology, out. 2020.

KIM, Y.W et al. **Efeitos da estimulação cerebral não invasiva no congelamento da marcha no parkinsonismo: uma revisão sistemática com meta-análise.** V. 64, p. 82-89. Parkinsonism & Related Disorders, jul. 2019.

LEE, S.A; KIM, M.K. **O efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua combinada com treinamento de orientação visual na função motora, equilíbrio e capacidade de marcha de pacientes com doença de Parkinson.** V. 57, n. 11. Medicina, out. 2021.

LU, C et al. **Os efeitos da tDCS anódica sobre a área motora suplementar na iniciação da marcha na doença de Parkinson com congelamento da marcha: um estudo piloto.** V. 265, p. 2023-2032. Journal of Neurology, jun. 2018.

MANOR, B et al. **Estimulação elétrica transcraniana multialvo para congelamento da marcha: um ensaio clínico randomizado.** V. 36, Ed 11, p. 2693-2698. Movement Disorders, ago. 2021.

MATSUDA, R.H et al. **Estimulação magnética transcraniana: uma breve revisão dos princípios e aplicações.** V. 13, n. 1. Revista Brasileira de Física Médica, 2019.

MI, T.M et al. **A EMTr de alta frequência sobre a área motora suplementar melhora o congelamento da marcha na doença de Parkinson: um ensaio clínico randomizado.** V. 68, p. 85-90. Parkinsonismo e Related Disorders, nov. 2019.

MORENO-ROCO, J et al. **Utilidade diagnóstica da estimulação magnética transcraniana para doenças neurodegenerativas: uma revisão crítica.** V. 17. Dementia & Neuropsychologia, jan. 2024.

NARDONE, R et al. **Estimulação magnética transcraniana e distúrbios da marcha na doença de Parkinson: uma revisão sistemática.** V. 50, Ed 3, p. 213-225. Neurophysiologie Clinique, jul. 2020

NGUYEN, T.X.D et al. **Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua isoladamente e em combinação com terapia de reabilitação na marcha e equilíbrio em indivíduos com doença de Parkinson: uma revisão sistemática e meta-análise.** V. 21, n. 27. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, fev. 2024.

PAIXÃO, M.S et al. **O uso da estimulação transcraniana por corrente contínua em crianças com paralisia cerebral: uma revisão sistemática.** V. 22, n. 5, p. 773-788. Fisioterapia Brasil, nov. 2021.

PEDROSA, A.T et al. **Estimulação magnética transcraniana: aplicações, segurança e fundamentos.** V. 13, n. 1. Revista de Casos e Consultoria, jul. 2022.

RADDER, D.L.M et al. **Fisioterapia na doença de Parkinson: uma meta-análise das atuais modalidades de tratamento.** V. 34, Ed 10, p. 871-880. Neurorehabilitation and Neural Repair, set. 2020.

RUTZ, D.G; BENNINGER, D.H. **Fisioterapia para congelamento da marcha e deficiências da marcha na doença de Parkinson: uma revisão sistemática.** V. 12, Ed 11, p. 1140-1156. American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, jan. 2020.

SILVA, F et al. **Avaliação do risco de quedas entre pessoas com doença de Parkinson.** V. 26. Escola Anna Nery, nov. 2022.

SILVA, L.K.C et al. **Estimulação magnética transcraniana repetitiva nos sintomas motores da doença de Parkinson: revisão sistemática.** V. 14, n. 4. Revista Conexão Ciência, dez. 2019.

SOUSA, R. M et al. **Estimulação magnética transcraniana: uma revisão integrativa.** V. 17, n. 69, p. 180-192. Revista de Psicologia, dez. 2023.

SUDBRACK-OLIVEIRA, P et al. **Estimulação cortical não invasiva: estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC).** V. 159, p. 1-22. International Review of Neurobiology, 2021.

VASCONCELLOS, P.R.O et al. **Morbidade hospitalar e mortalidade por Doença de Parkinson no Brasil de 2008 a 2020.** V. 47, n. 137, p. 196-206. Rio de Janeiro: Saúde Debate, jun. 2023.

ZAFAR, S; YADDANAPUDY, S.S. **Doença de Parkinson.** StatPearls, jan. 2024.

ZHANG, W.S et al. **Prevalência de congelamento da marcha na doença de Parkinson: revisão sistemática e metanálise.** V. 268, p. 4138-1450. Journal of Neurology, jul. 2021.

ZHUANG, S et al. **Estimulação magnética transcraniana repetitiva de baixa frequência sobre o córtex pré-frontal dorsolateral direito na doença de Parkinson.** V. 2020, Ed. 1. Parkinson's Disease, set. 2020.