

O uso da ETCC associado ao treino motor de membros inferiores na neurologia: revisão sistemática da literatura

The use of transcranial direct current stimulation combined with lower limb motor training in neurology: A systematic review of the literature

Natália de Almeida Carvalho Duarte¹; Cinthia Raquel Machado Ferreira²; Nathalia Sellis Silva de Souza³; Patrícia da Silva Cruz²; Hugo Pasini Neto⁴; Claudia Santos Oliveira⁵

¹Doutora em Ciências da Reabilitação. Cenepe Reabilitação, São Paulo, SP - Brasil.

²Discente do curso de Graduação em Fisioterapia, Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP - Brasil.

³Fisioterapeuta. Cenepe Reabilitação, São Paulo – SP, Brasil.

⁴Doutor em Ciências da Reabilitação. Docente na Universidade de Sorocaba – UNISO, Discente do curso de Pós-Doutorado em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho – Uninove. São Paulo, SP - Brasil.

⁵Doutora em Ciências da Saúde. Centro Universitário de Anápolis - Uni Evangélica- GO – Brasil.

Endereço para Correspondência:

Natália de Almeida Carvalho Duarte
Avenida Sebastião Henriques, n.448. Bloco 3, Ap.33.
Vila Siqueira.
02723-050. São Paulo – SP [Brasil]
natycarvalho_fisio@hotmail.com

Resumo

Introdução: A estimulação Transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica neuromodulatória que pode alterar um padrão de excitabilidade mal adaptativo frente a uma lesão neurológica. Seu uso combinado com o treino motor vem sendo amplamente discutido na literatura. **Objetivo:** realizar uma revisão de estudos que utilizaram a ETCC combinada com treinos físicos de membros inferiores para melhora da marcha, equilíbrio e controle postural de pacientes neurológicos. **Método:** Foi realizada uma revisão bibliográfica nas bases de dados: Medline, Lilacs, Embase, Physiotherapy Evidence Database, Cochrane databases, Cinahl, Scielo e PubMed. Os artigos utilizados nesta revisão foram pontuados e qualificados através da escala Physiotherapy Evidence Database. **Resultados:** Foram incluídos no estudo 9 artigos combinando o uso da ETCC a treinos motores de membros inferiores. **Conclusão:** Os resultados dos estudos mostram que embora ainda não exista uma padronização dos parâmetros ideais de utilização da ETCC, sugerimos que seu uso combinado com treino motor pode potencializar os efeitos funcionais da terapia.

Descritores: Estimulação Elétrica, Marcha, Membros Inferiores.

Abstract

Background: Transcranial direct current stimulation (tDCS) is a neuromodulatory stimulation technique that can modulate a maladaptive excitation pattern against neurological injury. The combined use of this technique with physical rehabilitation has been widely discussed in the literature. **Objective:** To conduct a review of studies that employed the tDCS combined with lower limb training to improve gait, balance and postural control in neurological patients. **Methods:** A bibliographic review was performed in the databases: Medline, Lilacs, Embase, Physiotherapy Evidence Database, Cochrane databases, Cinahl, Scielo and PubMed. Selected articles were scored and qualified based on the Physiotherapy Evidence Database scale. **Results:** Nine studies involving the combination of tDCS and lower limb motor training for individuals with neurological problems were included. **Conclusion:** Despite being widely studied scientifically, no general consensus is yet found in the literature regarding the ideal tDCS administration parameters, we suggest that the combined use with motor training may potentiate the functional effects of therapy.

Key words: Electric Stimulation; Gait; Lower Extremity.

Introdução

No contexto da reabilitação a aquisição da marcha é um objetivo terapêutico e funcional importante. O treino de marcha é uma ferramenta eficiente e que pode ser trabalhada de várias maneiras, como o treino de marcha em esteira, utilizando ou não o suporte do peso corporal (SPC). Tem como função fornecer o treinamento de uma atividade específica com diversas repetições das fases da marcha, com estimulações sensório motoras e corticoespinais, resultando em aprendizado motor facilitado¹.

O treinamento motor pode ser relacionado a técnicas de estimulação cerebral não invasiva, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), com objetivo de melhorar o resultado funcional, devido a potencialização dos efeitos do treino motor². O uso da ETCC é uma ferramenta segura de estimulação cerebral não invasiva que envolve a aplicação de uma corrente elétrica monofásica de baixa intensidade (entre 1mA e 2 mA) no couro cabeludo, utilizando eletrodos do tipo silicone-esponja umedecidos em soro fisiológico^{3,4}. A frequência e duração das sessões ainda não possuem um padrão consolidado na literatura, podendo variar de acordo com o objetivo terapêutico. De um modo geral a duração da ETCC em uma sessão varia entre 07 e 20 minutos, com uma frequência entre 1 e 10 sessões, podendo ser intercaladas ou não ao longo de duas semanas.

Durante a fase de reabilitação a técnica de neuromodulação tem como finalidade promover um aumento da eficácia sináptica local, mudando o padrão de plasticidade mal-adaptada que aparece após o surgimento de uma lesão cortical¹⁹. Os eletrodos ânodo e cátodo são os responsáveis por favorecer a despolarização da membrana diminuindo o limiar do potencial de repouso e hiperpolarizar a membrana pós-sináptica dificultando sua despolarização, respectivamente. Desta forma a utilização da técnica de ETCC é benéfica devido a possibilidade de uso ligado a terapias físicas.

A estimulação surge como uma maneira de moldar a atividade cortical abrindo passagem para o aumento e durabilidade do ganho funcional proveniente da terapia física¹⁹.

O uso de protocolos de reabilitação clínica podem ser beneficiados e viabilizados futuramente através da melhor compreensão dos efeitos combinados das técnicas. Uma melhor compreensão do efeito e formas de administração destas combinações associadas simultaneamente ou como recurso auxiliar antes ou após as sessões terapêuticas pode ajudar a estabelecer protocolos de reabilitação adequadas no futuro.

Neste contexto o objetivo da presente pesquisa foi realizar uma revisão da literatura, buscando estudos que empregaram o uso da ETCC combinada com outras formas de terapia para melhora da marcha de pacientes neurológicos bem como entender os efeitos das possíveis combinações.

Material e método

O estudo consiste em uma revisão bibliográfica narrativa onde foi realizada uma pesquisa na literatura na rede de biblioteca virtual em saúde e consulta aos bancos de dados Medline, PEDro, Lilacs, Embase, Physiotherapy Evidence Database (Pedro), Cochrane databases, Cinahl, Scielo e PubMed. Foram considerados os seguintes termos para a pesquisa: Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) + marcha; Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) + treino motor; Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) + membros inferiores. Os estudos encontrados foram avaliados inicialmente por dois pesquisadores cegos, considerando título e resumo, seguindo os seguintes critérios de inclusão: 1) artigos escritos em inglês e conduzidos em humanos 2) ensaios clínicos controlados, 3) estudos que fizeram uso da ETCC como intervenção, 4) estudos conduzidos em indivíduos com algum comprometimento motor neurológico e 5) estudos mais recentes da aplicação

da técnica com ano de publicação de Janeiro de 2009 a Outubro de 2016.

Ao realizar a pesquisa da literatura, quando os resumos não apresentavam informações necessárias para realizar a triagem, os estudos eram lidos na íntegra. Quando existia alguma divergência entre os dois avaliadores cegos um terceiro era convidado para analisar os estudos.

Os artigos utilizados nesta revisão foram avaliados, pontuados e qualificados através da escala Physiotherapy Evidence Database – PEDro. A escala PEDro possui onze itens, sendo que cada item possui o valor de 1 ponto (exceto o item 1 que não é pontuado). O escore final pode variar de zero a dez. Esta escala possui o objetivo de avaliar a qualidade metodológica dos ensaios clínicos aleatorizados controlados, dando prioridade a dois fatores importantes do estudo: se o artigo apresenta validade interna, ou seja, se os resultados divulgados no estudo possuem informações suficientes, relevância clínica e estatística para que assim sua interpretação fique clara e permita a outros pesquisadores reproduzirem o estudo. Todas as divergências encontradas referentes à classificação da escala PEDro foram discutidas e avaliadas por dois avaliadores cegos, de modo que o escore dos estudos fosse estabelecido em comum acordo.

Resultados

Um total de quinze artigos foram selecionados inicialmente durante as pesquisas com os termos específicos de busca. Seis estudos foram excluídos por não atenderem aos critérios de seleção. Os nove artigos restantes foram selecionados através da

leitura inicial de títulos e resumos dos estudos para então realizar análise do texto e extração dos dados (figura 1). Todos os artigos foram publicados entre Janeiro de 2009 a Novembro de 2016.

Os artigos apresentaram os seguintes desenhos: quatro ensaios clínicos controlados, randomizados e duplo cego, um estudo clínico cruzado e randomizado e três estudos piloto clínicos, randomizados e duplo cego. Os artigos investigaram as seguintes alterações neurológicas: Paralisia cerebral (cinco artigos), Leucoaraiose (um artigo), Doença de Parkinson (dois artigos), Acidente Vascular Encefálico (um artigo). As tabelas 1,2,3 apresentam os dados relevantes de cada estudo. Com o objetivo de avaliar e qualificar os artigos clinicamente, estes foram classificados pela escala pEDRO (Tabela 4).

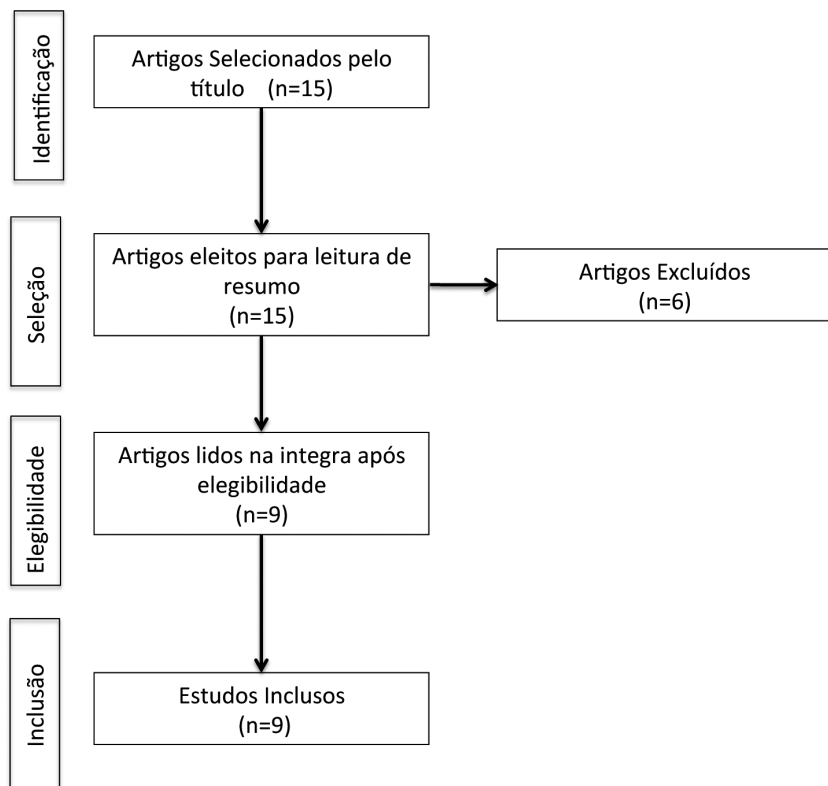


Figura 1: Fluxograma da seleção de estudos.

Doença de Parkinson

Foram encontrados dois artigos avaliando o uso da ETCC em indivíduos com doença de

Parkinson. Ambos utilizaram uma intensidade de corrente de 2mA. No estudo de Kaski et al.¹⁸ foi avaliada a técnica de ETCC associada ao treinamento físico em dezesseis indivíduos. Estes foram separados em dois grupos com oito integrantes cada. O primeiro grupo foi submetido ao treinamento físico (treino de marcha e equilíbrio) com ETCC e o segundo grupo treinamento físico com estimulação placebo. A estimulação ativa consistiu em única sessão de ETCC durante quinze minutos, 2mA, com catodo de tamanho 4cm x 4cm, e anodo 10cm x 4cm. O eletrodo anodo foi posicionado sobre o córtex motor primário (C3 e C4) e vértex e o catodo sobre o ínion. Após os trinta segundos iniciais a corrente foi reduzida a 0mA para a realização do treino do grupo placebo. Foi realizado estudo cruzado onde os pacientes receberam a estimulação placebo e após uma semana receberam estimulação ativa com treinamento físico. O segundo grupo recebeu estimulação ativa e após uma semana a estimulação placebo, porém sem o treino físico associado¹⁸.

As avaliações foram realizadas antes e após as intervenções, sendo que as principais medidas de avaliação foram: A velocidade da marcha, comprimento do passo, teste de caminhada de 6 minutos e teste timed up and go (TUG).

Outro estudo associado a Parkinson é o de Benninger et al.¹⁵, onde foi avaliada a eficácia da ETCC para o tratamento da doença. Vinte e cinco indivíduos com idade entre 40 a 80 anos foram distribuídos em dois grupos: treze foram submetidos à estimulação ativa e os outros doze a estimulação placebo. Durante 2,5 semanas, foi aplicada a ETCC anodal com 2mA durante vinte minutos, utilizando eletrodos esponja de tamanho 3,5 x 7 umedecidos em soro fisiológico sobre o córtex motor e pré-frontais nas 8 sessões. Por um período de três meses a avaliação incluiu testes cronometrados da marcha (desfecho primário), Escala unificada de avaliação da doença de Parkinson (The unified Parkinson's disease rating scale- UPDRS), Reação Serial Time Task, Beck Depression Inventory, Health Survey e auto-avaliação da mobilidade.

Acidente Vascular Encefálico

Geroïn et al.¹⁶, em um estudo piloto, avaliou a aplicação da ETCC, 1.5mA, associada ao treinamento de marcha assistida por robô (durante os sete primeiros minutos de treino de marcha com robô), tendo em vista, melhorar a mobilidade de pacientes portadores de acidente vascular encefálico com comprometimento motor. Trinta indivíduos de aproximadamente 64 anos, foram distribuídos igualmente em três grupos sendo eles grupo ativo, placebo e sem intervenção, avaliados nos períodos antes, imediatamente após e duas semanas depois do tratamento. O eletrodo anodo foi posicionado no hemisfério lesionado sobre córtex motor na área representativa de membros inferiores e o catodo sobre a região supra-orbital contralateral, sendo os eletrodos anodo e catodo com dimensões de 7cm x 5cm. Durante duas semanas consecutivas, todos os grupos, cinco dias por semana, receberam dez sessões de 50min de tratamento físico com treino de marcha e fortalecimento de membros inferiores. A estimulação foi aplicada simultaneamente ao treino de marcha assistido pelo robô durante os primeiros 7 minutos de treino e após este período o estimulador foi desligado, porém os eletrodos foram mantidos até finalizar o treino de marcha assistido. O primeiro grupo foi submetido a um treino combinado da ETCC anódica ativa simultaneamente ao treino de marcha com robô. O segundo grupo, realizou treino de marcha assistida por robô associada a ETCC placebo e o terceiro grupo abordando apenas treino de marcha em solo. Como desfecho primário foram considerados os testes de caminhada de 6 minutos e o teste de caminhada de 10 metros. Os desfechos secundários foram avaliação dos parâmetros espaço-temporais da marcha, a escala modificada de Ashworth, O GAITRite, a escala Functional Ambulation Categories, e os índices Rivermead Mobility Index e Motricity Index leg subscore.

Paralisia Cerebral

Nos estudos com paralisia cerebral, a intervenção foi empregada em crianças di-

agnosticadas com PC e idade entre quatro e dezenove anos de idade. No estudo de Young et al.²⁰, crianças diagnosticadas com distonia foram incluídas, enquanto outros quatro estudos incluíram crianças com PC hemiparéticas e diparéticas espásticas²¹⁻²⁴. No estudo de Young et al.²⁰ o catodo foi posicionado no córtex motor C3 ou C4, no lado contralateral da mão que foi mais afetada pela distonia e o ânodo foi colocado ao lado contralateral ao catodo. Foram avaliadas catorze crianças, as quais passaram por duas sessões de estimulação sendo uma ativa e outra placebo com intervalo de uma semana uma da outra. A estimulação foi efetuada utilizando nove minutos de estimulação com uma corrente de 1 mA, uma pausa de vinte minutos e novamente nove minutos adicionais com 1 mA. Já para a estimulação placebo, após trinta segundos de estimulação com 1 mA, houve a diminuição da intensidade de 1 mA para 0 mA. Eletrodos de 5x7 cm foram utilizados para estimulação. Para auxílio na verificação dos resultados da atividade muscular foi utilizada a eletromiografia, sendo realizado o exame antes e depois da estimulação com o intuito de comparar parâmetros.

Os outros artigos envolvendo o uso de ETCC em crianças com PC utilizaram uma montagem unilateral com a estimulação anódica sobre o córtex motor primário lesionado, ou seja, contralateral ao membro inferior com maior comprometimento motor, e com eletrodo catodo posicionado em região supraorbital contralateral ao anodo, por vinte minutos com uma intensidade de 1mA. Todos os estudos realizaram dez sessões durante duas semanas (cinco por semana)²¹⁻²⁴.

As sessões de ETCC eram realizadas simultaneamente com o treino de marcha em esteira ergométrica em três estudos. Em outro artigo a ETCC foi combinada com treino de marcha usando a realidade virtual. Em todos estudos as avaliações foram realizadas antes, após e um mês após o final da intervenção. Dois protocolos envolveram a avaliação do equilíbrio estático (oscilação do centro de pressão

nos sentidos anteroposterior e médio lateral) e do equilíbrio funcional (escala de equilíbrio pediátrica)^{21,22}. Os outros dois estudos envolveram a análise tridimensional da marcha, a avaliação da mobilidade funcional (teste de caminhada de 6 minutos) e a avaliação da função motora grossa (GMFM – Gross Motor function measure). A ETCC e o treino motor foram realizadas simultaneamente.

Leucoaraiose

No estudo de Kaski et. Al¹⁷ investigou-se o uso da ETCC combinada com treinamento físico, em uma única sessão, com o objetivo de melhorar a marcha e equilíbrio em pacientes com Leucoaraiose. Foi aplicada a ETCC anódica com eletrodo tamanho 10cm x 4cm entre o córtex motor (C3 e C4) e Cz, e catódica localizada no inion, eletrodo tamanho 4cm x 4cm, durante quinze minutos com uma corrente de 2mA. Estudo cruzado foi realizado em nove indivíduos, onde os pacientes foram submetidos ao treino de marcha e equilíbrio durante a ETCC ativa e placebo. O tempo entre as sessões de ETCC foi de uma semana. As avaliações incluíram a velocidade da marcha, o comprimento da passada, a variabilidade comprimento do passo e o teste de caminhada de 6 minutos, timed up and go (TUG), e teste retropulsão (Equilíbrio), duas vezes em cada sessão (antes e após). O treinamento físico foi constituído de uma sessão de treino de equilíbrio e marcha durante quinze minutos em simultâneo com a estimulação (ativa ou placebo).

Discussão

É possível encontrar na literatura estudos que utilizaram o treino de marcha em esteira ergométrica associado á ETCC e obtiveram melhora na velocidade da marcha⁵⁻⁷, no comprimento do passo⁸, na função motora grossa relacionada ao ortostatismo e a marcha⁵⁻¹², no desempenho funcional e no equilíbrio estático e funcional de

Tabela 1: Características principais do estudo

Estudo	Amostra	Idade	Diagnóstico
Kaski et. al (2014)	16	Não identificado	Parkinson
Benninger et. al (2010)	25	40 - 80	Parkinson
Geroin et. al (2011)	30	≈ 64	AVE
Kaski et. al (2013)	18	≈ 79	Leucoaraiose
Young et. al (2014)	14	7-19	Paralisia Cerebral
Grecco et. al (2013)	40	4-10	Paralisia Cerebral
Grecco et. al (2013)	20	5-10	Paralisia Cerebral
Lazzari et. al (2015)	20	4-12	Paralisia Cerebral
Duarte et. al (2014)	24	5-12	Paralisia Cerebral

Legenda: AVE: Acidente Vascular encefálico.

crianças com paralisia cerebral (PC)^{6,7}. Outros estudos ainda avaliam o benefício da ETCC associada ao treino motor em outras patologias como: leucoaraiosis, acidente vascular encefálico (AVE), doença de parkinson e paralisia cerebral. Estes estudos demonstram que a ETCC é capaz de gerar melhoras nos parâmetros da marcha e equilíbrio dos pacientes¹³⁻¹⁸.

A ETCC tem se mostrado uma intervenção de neuromodulação de baixo custo e relativamente de fácil aplicação. Vem demonstrando ser uma técnica segura, com a administração de uma corrente de baixa intensidade e que vem sendo bem tolerada até mesmo na população pediátrica.

Efeitos encorajadores são observados em estudos na população neurológica gerando grande motivação para continuação de terapias. A reabilitação neurológica normalmente apresenta estagnação da evolução do quadro motor, por exemplo, após certo período. A ETCC aparece neste contexto como um novo estímulo para potencializar as intervenções de reabilitação e podendo promover uma melhora da funcionalidade, permitindo que o treino motor seja realizado simultaneamente.

Tabela 2: Dados referentes às sessões e tipo de estudo

Estudo	Tratamento	Sessões	Tipos de Estudo
Kaski et. al (2014)	ETCC + Treinamento Físico	1	Estudo piloto, Randomizado e controlado.
Benninger et. al (2010)	ETCC + ETCC Placebo	8	Randomizado, Duplo-cego e placebo-controlado.
Geroin et. al (2011)	ETCC + Marcha + Robô	10	Estudo Piloto, Ensaio clínico, Randomizado.
Kaski et. al (2013)	ETCC + Treinamento Físico	1	Randomizado, duplo cego, placebo controlado.
Young et. al (2014)	ETCC + ETCC placebo	2	Placebo-controlado, duplo-cego, cruzado
Grecco et. al (2013)	ETCC + realidade virtual, ETCC + treino de esteira + ETCC placebo (game e esteira)	10	Duplo-cego, aleatório, controlado, analítico
Grecco et. al (2013)	ETCC + realidade virtual + ETCC placebo + realidade virtual	10	Piloto, aleatório, controlado, duplo-cego
Lazzari et. al (2015)	ETCC + realidade virtual + ETCC placebo + realidade virtual	1	Aleatório, controlado, duplo-cego
Duarte et. al (2014)	ETCC + treino de esteira+ ETCC placebo + esteira	10	Duplo-cego, aleatório, controlado

Legenda: ETCC: Estimulação Transcraniana por corrente contínua.

idade, permitindo que o treino motor seja realizado simultaneamente.

Tabela 3: Parâmetros da ETCC utilizados nos estudos

Estudo	Tipo de ETCC	Local	Intensidade (mA)	Tamanho	Duração
Kaski et. al (2014)	Anódica	C3, Cz e C4	2mA	10x4 cm	15 min
Benninger et. al (2010)	Anódica	Córtex pré-frontal, pré motor. Cz	2mA	3,5x7 cm	20 min
Geroin et. al (2011)	Anódica	C3	1,5mA		07 min
Kaski et. al (2013)	Anódica	Cz	2mA	4x4 cm	15 min
Young et. al (2014)	Catódica	C3 ou C4	1 mA	5x7 cm	09 min
Grecco et. al (2013)	Anódica	C3	1 mA	5x5 cm	20 min
Grecco et. al (2013)	Anódica	C3	1 mA	5x5 cm	20 min
Lazzari et. al (2015)	Anódica	C3	1 mA	5x5 cm	20 min
Duarte et. al (2014)	Anódica	C3	1 mA	5x5 cm	20 min

Legenda: ETCC: Estimulação Transcraniana por corrente contínua; mA: Miliampères.

Tabela 4: Pontuação dos estudos pela escala PEDRO

	Young et al. (2014)	Kaski et al.	Grecco et al.	Kaski et al.	Geroin et al. (2011)	Grecco et al.	Lazzari et al. (2015)	Duarte et al. (2014)	Benninger et al. (2010)
1. Especificação de critérios de inclusão (item não pontuado)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
2. Alocação aleatória	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
3. Sigilo na alocação	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
4. Similaridade inicial entre grupos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
5. Mascaramento de participantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
6. Mascaramento de terapeutas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
7. Mascaramento de avaliadores	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
8. Medidas de um desfecho primário (85% dos participantes)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
9. Análise de intenção de tratar	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
10. Comparação entre grupos em um desfecho primário	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
11. Tendência central e variabilidade de pelo menos uma variável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Escore total (em 10 pontos)	08	09	09	10	10	10	10	10	10

A ETCC pode favorecer a despolarização do potencial de repouso da membrana neuronal, sem de fato gerá-la. Desta maneira a técnica

associada ao treino motor pode otimizar os efeitos da reabilitação devido ao aprendizado da atividade motora²⁵.



A escolha de parâmetros da ETCC relacionados à polaridade do eletrodo podem favorecer ou inibir o potencial da membrana neuronal, desta maneira deve-se considerar os reais objetivos da reabilitação a fim de selecionar as variáveis ideais^{4,19}.

Observa-se que o tempo de estimulação ainda não é um parâmetro padronizado entre os estudos, oscilando entre nove e vinte minutos nos estudos analisados, sendo em sua maioria utilizados vinte minutos. Existem estudos que descrevem que o uso da ETCC no período de treze minutos, podem gerar efeitos na excitabilidade cortical já com tempo de três a cinco minutos, podendo durar até uma hora²⁵. Sendo assim o tempo de estimulação é um fator importante a ser considerado. Neste contexto a intensidade da corrente deve ser bem administrada, com diferentes valores para a população adulta e pediátrica. A maioria dos estudos publicados considera uma corrente de 2mA para adultos, sendo que para população pediátrica houve uma adaptação da corrente com valores até 1mA, sendo estas capazes de atingir o córtex cerebral⁴.

Ainda não existe um consenso na literatura sobre o momento ideal de se fazer a ETCC, por exemplo: antes da terapia motora, o que estaria modulando a atividade cerebral para a terapia sequente; durante a terapia, podendo potencializar os efeitos finais; ou após a terapia física otimizando o efeito da intervenção em questão. Em estudos com indivíduos saudáveis, foi observado que o uso da ETCC simultaneamente à intervenção motora obteve resultados mais promissores em relação ao aprendizado motor quando comparados ao uso da ETCC anteriormente à intervenção²⁶.

Apesar da ETCC vir sendo amplamente estudada cientificamente, ainda não há um consenso geral em relação aos parâmetros ideais a serem utilizados. Existe a necessidade do aprimoramento no estudo da técnica a fim de determinar o melhor cenário para o uso de terapias combinadas.

O tamanho da amostra dos estudos avaliados é uma limitação para que haja um consen-

so que padronize os parâmetros da ETCC e seus possíveis efeitos. Desta forma, nós acreditamos que estudos futuros com amostras maiores devam ser desenvolvidos a fim de reforçar os efeitos da técnica.

Conclusão

Com base nos achados da presente revisão da literatura, a ETCC pode potencializar os efeitos da reabilitação física. Esta técnica neuromodulatória demonstra gerar benefícios quando combinada aos protocolos terapêuticos sendo favorável ao processo de reabilitação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP – 2015/14952-9) pelo suporte financeiro.

Referências

1. Mattern-Baxter K. Locomotor treadmill training for children with cerebral palsy. *Orthopaedic Nursing*. 2010;29: 169-73.
2. Stagg CJ, Bachtar V, O'Shea J, Allman C, Bosnell RA, Kischka U et al. Cortical activation changes underlying stimulation induced behavioral gains in chronic stroke. *Brain*. 2012 ;135: 276–284.
3. Miranda PC, Lomarev M, Hallett M. Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation. *Clinical Neurophysiology*. 2006;117: 1623-9.
4. Wagner T, Fregni F, Fecteau S, Grodzinsky A, Zahn M, Pascual-Leone A. Transcranial direct current stimulation: A computer-based human model study. *Neuroimage*. 2007;35: 1113-24.
5. Smania N, Bonetti P, Gandolfi M. Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2011;90: 137-49.

6. Grecco LAC, Duarte NAC, Mendonça ME, Pasini H, Lima VLCC, Franco RC et al. Effect of transcranial direct current stimulation combined with gait and mobility training on functionality in children with cerebral palsy: study protocol for a double-blind randomized controlled clinical trial. *BioMed Central Pediatrics*. 2013;13:168.
7. Grecco LAC, Freitas TB, Satie J, Bagne E, Oliveira CS, Souza DR. Treadmill training following orthopedic surgery in lower limbs of children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*. 2013;25: 187-92.
8. Cherng R, Liu C, Lau T, Hong R. Effect of treadmill training with body weight support on gait and gross motor function in children with spastic cerebral palsy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2007;86: 548-55.
9. Richards CL, Malouin F, Dumas F, Marcoux S, Lepage C, Menier C. Early and intensive treadmill locomotor training for young children with cerebral palsy: A feasibility study. *Pediatric Physical Therapy*. 1997;9: 159-65.
10. Dodd KJ, Foley S. Partial body-weight-supported treadmill training can improve walking in children with cerebral palsy: A clinical controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2007;49: 101-5.
11. Verschuren O, Ketelaar M, Gorter JW, Helders PJ, Uiterwaal CS, Takken T. Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*. 2007;161(11), 1075-81.
12. Willoughby KL, Dodd KJ, Shields N, Foley S. Efficacy of partial body weight-supported treadmill training compared with over ground walking practice for children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2010;91: 333-9.
13. Grecco LAC, Tomita SM, Christovão TC, Pasini H, Sampaio LM, Oliveira CS. Effect of treadmill gait training on static and functional balance in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2013;17: 17-23.
14. Grecco LAC, Zanon N, Sampaio LMM, Oliveira CS. A comparasion of treadmill training and overground walking in ambulant children with cerebral palsy: randomized controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation*. 2013;27: 686-96. 15.
15. Benninger DH, Lomarev M, Lopez G, Wassermann EM, Li X, Considine E et al. Transcranial Direct Current Stimulation for the Treatment of Parkinson's Disease. *Journal of Neurology Neurosurgery & Psychiatry*. 2010;81: 1105-1111.16.
16. Geroin C, Picelli A, Munari D, Waldner A, Tomelleri C, Smania N. Combined transcranial direct current stimulation and robot-assisted gait training in patients with chronic stroke: a preliminary comparison. *Clinical Rehabilitation*. 2011;25: 537-548.
17. Kaski D, Dominguez RM, Allum JH, Bronstein AM. Improving Gait and Balance in Patients With Leukoaraiosis Using Transcranial Direct Current Stimulation and Physical Training: An Exploratory Study. *Neurorehabilitation Neural Repair*. 2013;27: 864-71.
18. Kaski D, Dominguez RO, Allum JH, Islam AF, Bronstein AM. Combining physical training with transcranial direct current stimulation to improve gait in Parkinson's disease: a pilot randomized controlled study. *Clinical Rehabilitation*. 2014;28: 1115-24.
19. Mendonça ME, Fregni F. Neuromodulação com estimulação cerebral não invasiva: aplicação no acidente vascular encefálico, doença de Parkinson e dor crônica. In.: ASSIS, R.D. *Conduitas práticas em fisioterapia neurológica*. São Paulo, Manole; 2012. p. 307-39.
20. Young SJ, Bertucco M, Sanger TD. Study Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation in Children With Dystonia: A Sham-Controlled. *Journal Child Neurology*. 2014;29: 232-9.
21. Lazzari RD, Politti F, Santos CA, Dumont AJL, Rezende FL, Grecco LAC et al. Effect of a single session of transcranial direct-current stimulation combined with virtual reality training on the balance of children with cerebral palsy: a randomized, controlled, double-blind trial. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27: 763-8.
22. Duarte NAC, Grecco LAC, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effect of Transcranial Direct-Current Stimulation Combined with Treadmill Training on Balance and Functional Performance in Children with Cerebral Palsy: A Double- Blind Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE*. 2014;9: e105777.
23. Grecco LAC, Duarte NAC, Mendonça ME, Cimolin V, Galli M, Fregni F et al. Transcranial direct current stimulation during treadmill training in children with cerebral palsy: A randomized controlled double-blind clinical trial. *Research in Developmental Disabilities*. 2014;35: 2840-8.



24. Grecco LAC, Duarte NAC, Zanon N, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effect of a single session of transcranial direct-current stimulation on balance and spatiotemporal gait variables in children with cerebral palsy: A randomized sham-controlled study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2014;18: 419-427.
25. Nitsche MA, Liebetanz D, Tergau F, Paulus W. Modulation of cortical excitability by transcranial direct current stimulation. *Nervenarzt* 2002; 73(4):332-5.
26. Sriraman A, Oishi T, Madhavan S. Timing - dependent priming effects of tDCS on ankle motor skill learning. *Brain Research*. 2014; 1581: 23-9.