

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

NATÁLIA DE ALMEIDA CARVALHO DUARTE

**EFEITOS DAS DIFERENTES MONTAGENS DA ESTIMULAÇÃO
TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NA
FUNCIONALIDADE DE CRIANÇAS COM PARALISIA
CEREBRAL: ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO, PLACEBO-
CONTROLADO E DUPLO CEGO**

SÃO PAULO, SP

2017

NATÁLIA DE ALMEIDA CARVALHO DUARTE

**EFEITOS DAS DIFERENTES MONTAGENS DA ESTIMULAÇÃO
TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA NA
FUNCIONALIDADE DE CRIANÇAS COM PARALISIA
CEREBRAL: ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO, PLACEBO-
CONTROLADO E DUPLO CEGO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - PPGCS da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, para a obtenção do grau de Doutor em Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Prof. Dra. Cláudia Santos Oliveira

Co- orientador: Prof. Dra. Manuela Galli

SÃO PAULO, SP

2017

Duarte, Natália de Almeida Carvalho.

Efeitos das diferentes montagens da estimulação transcraniana por corrente contínua na funcionalidade de crianças com paralisia cerebral: ensaio clínico aleatorizado, placebo-controlado e duplo cego/ Natália de Almeida Carvalho Duarte. 2017.

133 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2017.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Prof. Dra. Cláudia Santos Oliveira.

1. Paralisia cerebral. 2. Criança. 3. Estimulação elétrica. 4. Marcha.
I. Oliveira, Cláudia Santos. II. Título.

CDU 615.8

São Paulo, 26 de outubro de 2017.

TERMO DE APROVAÇÃO

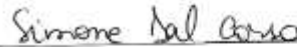
Aluno (a): Natália de Almeida Carvalho Duarte

Título da Tese: "Efeitos das diferentes montagens da estimulação transcraniana por corrente contínua na funcionalidade de crianças com paralisia cerebral: ensaio clínico aleatorizado, placebo-controlado e duplo cego"

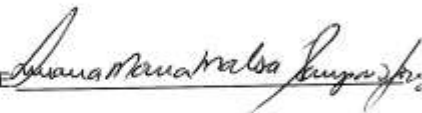
Presidente: PROFª. DRª. CLAUDIA SANTOS OLIVEIRA



Membro: PROFª. DRª. SIMONE DAL CORSO



Membro: PROFª. DRª. LUCIANA MARIA MALOSÁ SAMPAIO JORGE



Membro: PROFª. DRª. NELCI ZANON COLLANGE



Membro: PROF. DR. NICOLA CAU



RESUMO

Objetivo: Verificar os efeitos de diferentes montagens da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) no córtex motor primário, associada ao treino de marcha sobre a funcionalidade de crianças com PC hemiparéticas espásticas. **Material e Método:** Trinta crianças com PC do tipo hemiparesia espástica, com idade entre cinco a doze anos, foram alocadas aleatoriamente em três grupos: Grupo 1: ETCC anódica no córtex motor primário (M1) e catodo na região supra-orbital contralateral associada ao treino de marcha em esteira (TME) ; Grupo 2: ETCC anódica sham em M1 e catodo na região supra-orbital contralateral associada ao TME; Grupo 3: ETCC anódica em M1 do hemisfério lesionado e estimulação catódica em M1 contralateral associada ao TME. A avaliação (antes, logo após e um mês após os protocolos) foi constituída da análise tridimensional da marcha, do equilíbrio estático, equilíbrio funcional, do desempenho funcional, da qualidade de vida e do traçado eletromiográfico dos membros inferiores. Os protocolos foram realizados durante duas semanas consecutivas, com cinco sessões de treino por semana e duração de 20 minutos por sessão. A estimulação transcraniana foi realizada simultâneamente ao treino de marcha com uma intensidade de 1 mA. Os resultados foram analisados estatisticamente assumindo um nível de significância de 0,05 ($p < 0,05$).

Resultados: Estudo I: artigo publicado no periódico *Journal of Motor Behavior* onde observou-se que existe um adaptação na geometria das áreas motoras e que a representação cortical do movimento varia de acordo com a lesão cerebral. O sistema 10-20 de eletroencefalografia pode não ser a melhor opção para localização do córtex motor primário e posicionamento dos eletrodos da estimulação cerebral não invasiva em crianças com paralisia cerebral. Estudo II: protocolo do estudo aceito para publicação no periódico *Pediatric Physical Therapy*. Estudo III: Submetido para o periódico *Brain Stimulation*. Observou-se que quando comparados os efeitos obtidos por diferentes montagens da ETCC, unilateral e bilateral, na população pediátrica de PC hemiparética espástica a montagem unilateral ativa demonstrou discreta melhora nos resultados quando comparada aos outros grupos.

Observou-se ainda que quando comparados os efeitos obtidos por diferentes montagens da ETCC, a montagem unilateral ativa demonstrou melhora nos resultados de velocidade média de oscilação do COP no sentido médio-lateral quando comparada aos outros grupos ($p < 0.05$). Em relação às escalas funcionais a montagem unilateral apresentou melhores resultados no teste timed up and go e no inventário de avaliação pediátrica de incapacidade. A montagem bilateral gerou melhores resultados na escala de equilíbrio pediátrica, tendo ambos grupos demonstrado melhora na qualidade de vida.

Conclusão: Observou-se que ambas montagens, unilateral e bilateral, podem oferecer benefícios funcionais à população pediátrica com paralisia cerebral hemiparética do tipo espástica, com discreta superioridade de efeitos da montagem unilateral comparada à montagem bilateral e placebo.

Palavras-Chave: Paralisia cerebral, Criança, Estimulação elétrica, Marcha.

ABSTRACT

Objective: To verify the effects of different montages of transcranial direct current stimulation (tDCS) over the primary motor cortex associated with treadmill training on the functionality of children with spastic hemiparetic CP.

Material and Method: Thirty children with spastic hemiparesis, aged 5 to 12 years, were randomly allocated into three groups: Group 1: anodic tDCS over the primary motor cortex (M1) and cathode over the contralateral supraorbital region associated with Treadmill training; Group 2: anodic sham tDCS over the M1 and cathode over the contralateral supra-orbital region associated with treadmill training; Group 3: Anodal tDCS over M1 of the injured hemisphere and cathodal stimulation in contralateral M1 associated with treadmill training. The evaluation (before, after and one month after the protocol) consisted of three-dimensional gait analysis, static balance, functional balance, functional performance, quality of life and electromyography of the lower limbs. The protocols were performed for two consecutive weeks, with five training sessions per week and duration of 20 minutes per session. Transcranial stimulation was performed simultaneously with treadmill training with an intensity of 1 mA. The results were statistically analyzed assuming a level of significance of 0.05 ($p < 0.05$). **Results:** Study I published on Journal of Motor behavior. There is an adaptation in the geometry of motor areas and that the cortical representation of movement is variable following a brain lesion. The 10-20 EEG system may not be the best option for locating the primary motor cortex and position the electrodes for noninvasive brain stimulation in children with cerebral palsy. Study II: Protocol study accepted for publication on Pediatric Physical therapy journal. Study III: Submitted to Brain Stimulation Journal. It was observed that when the effects obtained by different unilateral and bilateral FETC assemblies in the pediatric population of spastic hemiparetic CP, the unilateral active assembly showed a slight improvement in the results when compared to the other groups. It was also observed that when compared to the effects obtained by different unilateral active assembly showed an improvement in the mean velocity of oscillation of the COP in the lateral-lateral sense when compared to the other groups ($p < 0.05$). Regarding

the functional scales, the unilateral assembly presented better results in the timed up and go test and in the pediatric disability assessment inventory. Bilateral assembly generated better results on the pediatric balance scale, both groups showing improved quality of life. **Conclusion:** It was observed that both unilateral and bilateral assemblies may offer functional benefits to the pediatric population with spastic hemiparetic cerebral palsy, with a slight superiority of unilateral assembly effects compared to bilateral and placebo assembly.

Keywords: Cerebral palsy, Child, Electrical Stimulation, Gait.

DEDICATÓRIA

Á minha amada filha Maria Luísa - minha Malu,

Por ter dado novo sentido á minha vida! Por estar com a mamãe nesta jornada desde que era uma sementinha, nas viagens toda semana para São Paulo, nas madrugadas na frente do computador. E por ser a força que me move, hoje ao meu lado, para celebrarmos juntas essa vitória da mamãe. Te amo mais que tudo nessa vida.

Ao meu marido Léo,

Por ser meu maior incentivador... por estar ao meu lado em todos os momentos de cansaço, trabalho e principalmente nas madrugadas intermináveis na rodoviária. Obrigada pelo apoio, pelo amor incondicional e por me incentivar a seguir em frente, estudando, mesmo que isso significasse dias e até meses fora de casa. Essa conquista é nossa, você é o maior responsável por tudo isso. Minha força vem de você e do presente que a vida nos deu! Te amo!!!

Á minha família,

Meu Pai Fábio, Minha Mãe Margareth, Minhas irmãs Isabela, Marcela, Mariana, Gabriela ás minhas sobrinhas Lívia e Laura e meus sobrinhos Arthur e Gustavo.

A minha vitória hoje é fruto de uma sementinha que foi plantada e cultivada lá atrás.

Obrigada por não pouparem esforços para investir e acreditar nos meus sonhos.

Obrigada por entenderem minha ausência ou falta de tempo por tantas vezes.

Obrigada pelo apoio em todos momentos. Vocês são meu maior amor e orgulho! Amo vocês !!!

Á minha amada Amiga e Irmã Luanda,

Sou muito sortuda! Ganhei um anjo de presente do cara lá de cima .Obrigada por você existir! Obrigada por ser quem você é. Obrigada pelo apoio, por me guiar e servir de exemplo para mim.

. Agradeço a Deus por ter você por perto em todos momentos. Estar com você é sempre recarregar as baterias quando elas já pareciam arriadas.

Sou sua fã e você sabe que já é da família! Nossa parceria e companheirismo vão além do trabalho. São para vida!.

AGRADECIMENTOS

À professora e orientadora Cláudia Santos Oliveira,

Nossos destinos foram traçados há muito tempo. Sou muito grata por ter me orientado no TCC, no mestrado e fico muito feliz que essa parceria tenha dado tão certo chegando ao Doutorado. Obrigada pela paciência e principalmente pela compreensão. Nossa parceria virou a amizade de uma vida!!!

À minha co orientadora, Manuela Galli

Pelo apoio e suporte durante o doutorado. Em especial pelos 2 meses de muito aprendizado, amizade e cuidado em seu laboratório em Milão. Grazie Mille!!

Aos meus colegas de laboratório Roberta, Ari, Jamile e Renata,

Por todo suporte, ajuda e cooperação nestes anos. Obrigada pela amizade e pelos momentos de descontração na correria do dia a dia.

Às alunas de Iniciação Científica Cinthia, Nathalia e Patrícia

Pelo apoio e interesse na pesquisa. Agradeço a participação voluntária nessa jornada.

Aos Pacientes, Mães e Responsáveis,

Obrigada pela disponibilidade e boa vontade em participar do estudo. Vocês são os grandes protagonistas deste projeto.

À FAPESP, Agradeço pelo auxílio financeiro com a bolsa de estudos durante o doutorado (2015/14952-9) e também pelo auxílio durante estágio no exterior com bolsa BEPE (2016/03565-7).

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	11
Lista de Figuras.....	12
Lista de Abreviaturas.....	13
1. Contextualização.....	14
1.1 Delineamento do Estudo.....	20
1.2 Casuística.....	21
1.3 Avaliações.....	23
1.4 Procedimentos.....	29
1.4.1 Estimulação transcraniana por corrente contínua.....	29
1.4.2 Protocolo de treino de marcha.....	31
1.5 Análise Estatística.....	32
2. Justificativa.....	34
2.2 Hipóteses.....	35
3. Objetivos.....	36
3.1 Objetivo geral.....	36
3.2 Objetivo específico.....	36
4. Resultados.....	37
4.1 Estudo I.....	38
4.1.1 Introdução.....	39
4.1.2 Método.....	40
4.1.3 Resultados.....	42
4.1.4 Discussão.....	48
4.1.5 Conclusão.....	54
4.2 Estudo II.....	55
4.2.1 Introdução.....	56
4.2.2 Método.....	60
4.2.6 Discussão e Conclusão.....	67
4.3 Estudo III.....	68
4.3.1 Introdução.....	68
4.3.2 Método.....	70
4.3.4 Resultados.....	78
4.3.5 Discussão.....	85
4.3.6 Conclusão.....	89
5. Considerações Finais.....	90
6. Referências.....	92
7. Apêndices.....	102
7.1 Artigo Publicado.....	102
7.1.1 Artigo I.....	102
8. Anexos.....	113
8.1 Aprovação do Comitê de ética.....	113
8.2 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	115
8.3 Ficha de avaliação.....	118
8.3.1 Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade.....	119
8.3.2 Questionário de Qualidade de Vida.....	129
8.3.3 Escala de Equilíbrio Pediátrica.....	130

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 (Estudo III): Características clínicas das crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas de acordo com os grupos estudados	79
Tabela 2 (Estudo III): Média e desvio padrão das variáveis espaço-temporais, <i>Gait Profile Score</i> e <i>Gait Variable Scores</i> nas avaliações antes, após e um mês após as intervenções nos três grupos estudados	81
Tabela 3 (Estudo III): Média e desvio padrão obtidos nas escalas funcionais de mobilidade, equilíbrio, qualidade de vida e desempenho funcional nas avaliações antes, após e um mês após o término das intervenções nos três grupos estudados	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sentido da corrente elétrica na ETCC	17
Figura 2: Fluxograma do estudo segundo o CONSORT.....	23
Figura 3: Protocolo Davis de posicionamento de marcadores para avaliação 3D da marcha com EMG	25
Figura 4: A: Aparelho de ETCC utilizado no projeto. B: Montagens unilateral e bilateral da ETCC	30
Figura 5: Protocolo de treino de marcha em esteira associada com a ETCC.....	32
Figura 6: Fluxograma do estudo II	61
Figura 7: Fluxograma do estudo III.	78

LISTA DE ABREVIATURAS

FNDC: Fator Neurotrófico derivado do cérebro

CONSORT: *Consolidated Standards of Reporting Trials*

COP: Centro de oscilação de pressão

EEB: Escala de equilíbrio de Berg

EEP: Escala de equilíbrio pediátrica

ETCC: Estimulação transcraniana por corrente contínua

FC: Frequência cardíaca

FR: Frequência respiratória

GMFCS: *Gross Motor Function Classification System* (Sistema de classificação da função motora grossa)

GPCs: Geradores de padrão central

GPS: *Gait Profile Score*

GVS: *Gait Variable Score*

PLD: Potenciação de longa duração

DLD: Depressão de longa duração

M1: Córtex motor primário

mA: Mili Amper

OA/OF: Olhos abertos/ olhos fechados

PA: Pressão arterial

PC: Paralisia cerebral

PEDI: *Pediatric Evaluation of Disability Inventory* (Inventário de avaliação pediátrica de incapacidade)

ReBEC: Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos

SPC: Suporte parcial de peso corporal

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences*

TCLE: Termo de consentimento livre e esclarecido

TME: Treino de marcha em esteira

1. Contextualização

Paralisia cerebral (PC) refere-se às desordens do desenvolvimento motor, advindas da lesão cerebral primária, são de caráter permanente e mutável, ocasionando alterações musculoesqueléticas secundárias e limitações nas atividades¹. Sabe-se que a principal alteração presente nas crianças com PC é o comprometimento motor, que ocasiona várias modificações decorrentes da encefalopatia, com consequentes alterações na biomecânica corporal. Além disso, a criança pode apresentar distúrbios intelectuais, sensitivos, visuais e auditivos que, somados às alterações motoras, restrições da tarefa e do ambiente repercutirão de diferentes formas no seu desempenho funcional²⁻⁴.

A prevalência da PC varia entre 1,5 e 2,5 por 1000 nascidos vivos, com pouca ou nenhuma diferença entre as nações ocidentais, apesar da falta de dados referentes aos países latino-americanos⁵. No Brasil, existem poucos dados específicos em relação ao número de casos de PC⁶, no entanto, o censo de 2000 registrou 24,5 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência, representando 14,5% da população brasileira, entre os quais 23% tinham deficiências motoras, incluindo indivíduos com PC⁷.

Atualmente as crianças com PC são classificadas de acordo com a sua independência funcional nas funções motoras grossas. Por meio do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (*Gross Motor Function Classification System -GMFCS*)², a criança é classificada de acordo com a idade (0-2, 2-4, 4-6, e 6-12 anos) em cinco níveis funcionais. O objetivo do sistema é classificar a função motora grossa com ênfase nos movimentos do “sentar” e “andar”⁶. As crianças que têm problemas motores semelhantes aos classificados no nível I geralmente podem caminhar sem restrições, mas tendem a ser limitadas em algumas das habilidades motoras mais avançadas. Crianças classificadas no nível V são geralmente muito limitadas na sua capacidade de mover-se mesmo com o uso de tecnologia assistiva⁶.

Na PC o dano cerebral pode promover uma cascata de alterações neurofisiológicas como a redução das células gliais, perda axonal e neuronal

nas substâncias branca e cinzenta cerebral, danos na germinação axonal, apoptose e perdas comparáveis em estruturas subcorticais^{8,9}. A PC repercute em diminuição da ativação do sistema nervoso central durante a execução de movimentos¹⁰. Sabe-se que em crianças a redução da excitabilidade cortical motora é associada com o pior desenvolvimento motor¹¹. Por meio de análises neurofisiológicas foi possível verificar que as alterações na excitabilidade cortical são globais em crianças com PC, mesmo quando a lesão é unilateral¹², envolvendo a redução da ativação dos circuitos corticoespinhais e somatosensoriais¹³.

Além da redução da ativação destas vias encefálicas que causam um prejuízo nos padrões de resposta motora (informações descendentes), os danos resultam em prejuízos nas informações que são transmitidas ao longo das vias talâmicas, essenciais para comunicação das informações sensoriais para o córtex (informações ascendentes). A diminuição da ativação do córtex somatosensorial pode fornecer uma base neurológica para a má consciência tátil, proprioceptiva e cinestésica observada em crianças com PC⁹. Desta forma, pode ser inferido que os padrões motores observados nas crianças com este diagnóstico é resultante de um complexo padrão de redução da atividade encefálica, com uma má consciência proprioceptiva e tátil, e com um padrão de resposta prejudicado pela alteração da excitabilidade cortical das vias corticoespinhais.

Embora não exista uma cura para lesão encefálica na PC, as sequelas podem ser minimizadas por métodos de neuro-reabilitação¹⁴. Estudos envolvendo ressonância magnética funcional em crianças com PC demonstram que os recursos de reabilitação são capazes de promover a ativação do córtex motor primário (M1)¹⁴. O M1 representa uma área encefálica importante, capaz de facilitar a reorganização cerebral. Por meio de uma melhor compreensão da relação entre a neuropatologia e a função clínica na PC, a intervenção pode ser individualizada de acordo com o substrato neurológico disponível para recuperação, e maximizar a eficácia da reabilitação¹⁵.

A melhora no desempenho durante a marcha é uma meta funcional importante na reabilitação das crianças com PC. Noventa por cento das

crianças com PC apresentam comprometimento da marcha devido as alterações na excitabilidade cortical, á fraqueza muscular excessiva, alteração cinemática articular e a diminuição das reações posturais¹⁶. Diversas abordagens vêm sendo utilizadas a fim de favorecer a ativação cortical, o controle motor seletivo, a coordenação da ação muscular na realização da marcha^{16,17}. Entre as abordagens estudadas atualmente destaca-se o treino de marcha em esteira¹⁸.

O treino de marcha em esteira pode ser feito com ou sem suporte do peso corporal (SPC) e é destinado a fornecer treinamento de uma tarefa específica, com múltiplas repetições das etapas da marcha¹⁹. Facilita o aprendizado motor devido ao treino repetitivo desta função, com resultante estimulação sensoriomotora e corticoespinhal. Os resultados dos estudos envolvendo o treino de marcha com esteira ergométrica demonstraram melhora na velocidade da marcha^{20,22}, no comprimento do passo²³, na função motora grossa relacionada ao ortostatismo e a marcha²³⁻²⁶, no desempenho funcional e no equilíbrio estático e funcional²². No estudo recente realizado por Grecco *et al.* (2013) foi observado que o treino de marcha em esteira sem SPC, realizado com velocidade determinada por meio de um teste ergométrico (em limiar aeróbico) resulta em efeitos superiores ao treino de marcha realizado no solo, na mobilidade funcional (teste de caminhada de seis minutos e *timed up and go*), na função motora grossa (andar, correr e pular), no equilíbrio funcional, no equilíbrio estático e no condicionamento cardiorrespiratório.

O treino motor pode ser associado a técnicas de estimulação cerebral não invasiva, como por exemplo, a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), com a finalidade de otimizar o resultado funcional, devido à potencialização das mudanças neuroplásticas²⁷. A ETCC tem sido conhecida por induzir alterações duradouras de excitabilidade cortical tanto em animais como em humanos. É uma forma segura e barata de estimulação cerebral que envolve a administração de uma corrente elétrica monofásica de baixa intensidade no couro cabeludo utilizando eletrodos de superfície do tipo silicone-esponja umedecidos em soro fisiológico. Os efeitos da estimulação são obtidos pela movimentação dos elétrons devido às cargas elétricas existentes

entre eles. Os pólos dos eletrodos da estimulação desta corrente são o ânodo e o cátodo, sendo o ânodo pólo positivo e cátodo pólo negativo. O sentido da corrente elétrica, ou seja, o sentido dos elétrons flui do pólo negativo para o pólo positivo (figura 1). Este fluxo irá gerar diferentes efeitos em tecidos biológicos. Durante a aplicação da ETCC, a corrente elétrica flui dos eletrodos e penetram o crânio atingindo o córtex. Embora ocorra dissipação da maior parte de corrente entre os tecidos acima do córtex, uma quantidade suficiente de corrente chega a estruturas corticais modificando o potencial de membrana das células ali localizadas^{28,29}.

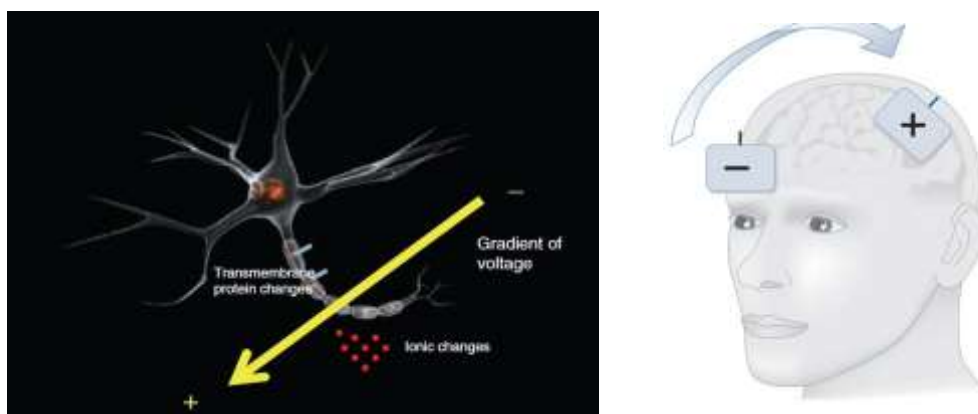


Figura 1: Sentido da corrente elétrica na ETCC (Zaghi et al., 2009).

A modulação cortical é dependente da polaridade da corrente aplicada. A ETCC permite dois tipos de estimulação: a corrente anódica que aumenta a excitabilidade cortical, favorecendo a despolarização da membrana neuronal, ou a corrente catódica, onde o estímulo surte efeito inibitório por hiperpolarização da membrana neuronal^{30,31}. Um dos principais mecanismos de ação da tDCS está baseado na inibição ou ativação dos receptores *N*-metil-D -aspartato (NMDA) voltagem dependente. Os efeitos dos dois polos estão associados à ativação deste receptor, uma vez que a inibição da sua ativação por manobras farmacêuticas (com uso de dextrometorfano) anula os efeitos de ambos os polos³². Estes efeitos sugerem que exista uma alteração plástica após a utilização da estimulação. Levando em consideração efeitos específicos, a estimulação anódica aumenta a taxa de disparos, impulsionando a despolarização da membrana pós-sináptica levando a um aumento dos níveis

intracelulares de cálcio. Para a estimulação catódica os efeitos podem basear-se em uma hiperpolarização do potencial de membrana, o que leva à depressão da força sináptica³². Outros mecanismos aceitos abrangem a regulação de uma variedade de neurotransmissores como a dopamina, acetilcolina e serotonina³³⁻³⁵, e também afetam diversos canais da membrana neuronal, tais como os de sódio e de cálcio. Além disso, a ETCC catódica é também influenciada pela neurotransmissão GABAérgica via interneurônios³⁶.

Tem sido sugerido que os efeitos após a ETCC são decorrentes de modificações persistentes da eficácia sináptica. Estas alterações podem assemelhar-se à potenciação de longa duração (PLD), podendo acarretar tanto um aumento da eficácia sináptica, e também a uma depressão de longa duração (DLD)³². Os efeitos sinápticos da ETCC foram recentemente investigados em cortes imunohistoquímicos do córtex motor primário (M1) de ratos. Estes autores evidenciaram que a tDCS induz o PLD e que este é dependente de NMDA e requer a ativação do receptor dependente de atividade do fator neurotrófico derivado do cérebro (FNDC). Também foi observado que essa ativação do FNDC dependia da polaridade aplicada, ou seja polaridade positiva para a estimulação anódica e polaridade negativa para a estimulação catódica. Não observaram variação significativa do nível de FNDC nos cortes por estimulação anódica e observou-se uma redução significativa em cortes por estimulação catódica³⁷. Em ensaios clínicos, dados de literatura, sugerem que a ETCC não só pode induzir o PLD, mas também modulá-lo e interferir com a aprendizagem e memória³⁸, duas funções intimamente relacionadas ao PLD³⁹. Em um estudo realizado com animais, o uso de estimulação anódica de maneira direta (invasiva), aumentou os níveis de FNDC e, em ratos mutantes e sem expressão de FNDC, o efeito sináptico foi reduzido. Além disso, comprovam que o aumento da expressão do FNDC está associado ao aprendizado motor, uma vez que quando há polimorfismo, com diminuição da expressão do FNDC, ocorre redução do ganho motor secundário ao uso da estimulação anódica sobre o M1³⁷.

A ETCC apresenta vantagens sobre outras técnicas de estimulação transcraniana, pois fornece efeito modulatório da função cortical com maior duração, sendo de fácil aplicação, com menor custo. Os resultados de pesquisas clínicas demonstram seu grande potencial no tratamento de acometimentos neurológicos e na investigação de processos de modulação da excitabilidade cortical⁴⁰. Além disso, este tipo de equipamento promove uma condição melhor de estimulação placebo dando especificidade maior aos resultados de uma pesquisa⁴⁰⁻⁴².

No processo de reabilitação, as técnicas de neuromodulação têm como objetivo promover um aumento da eficácia sináptica local, alterando o padrão de plasticidade mal-adaptativa que surge após uma lesão cortical. A ETCC promove uma alteração de excitabilidade de maneira sutil, considerado mais fisiológico pois altera o potencial de membrana da célula, facilitando ou dificultando a despolarização, sem de fato gerá-la. Por isto, um grande benefício da utilização da técnica de ETCC é a possibilidade do uso associado com terapias físicas. A estimulação aparece como uma forma de modular a atividade cortical abrindo uma passagem para o aumento e prolongamento do ganho funcional promovido pela terapia física. É possível dizer, então, que a estimulação promove alteração de um padrão de excitabilidade disfuncional para que a terapia física modele, com ativação de redes neurais específicas à tarefa, o padrão funcional de atividade cortical⁴⁰.

No estudo de Kashi *et al.* (2012)⁴³ foi observado que a estimulação anódica por ETCC induz mudanças na excitabilidade do córtex motor referente aos membros inferiores, melhorando a marcha. Estudos envolvendo o uso da ETCC no M1 de indivíduos com sequelas de acidente vascular encefálico demonstraram melhora na função de membros superiores (movimentação ativa de punho e dedos e movimento de pinça), na velocidade do movimento, na função motora, na movimentação ativa de tornozelo e no padrão de marcha^{44,45}. Estes resultados incentivam o uso da ETCC sobre regiões motoras e pré-motoras dos membros para melhorar o controle locomotor em pacientes com lesões neurológicas e consequentes transtornos na marcha⁴³.

Poucos estudos abordam a ETCC em crianças e os resultados disponíveis demonstram que é uma técnica segura⁴⁶, mas que necessita de adaptação da corrente, considerando que o crânio da criança apresenta características diferentes dos adultos. Desta forma, os estudos sugerem a necessidade de diminuir a intensidade da corrente para o tratamento de crianças de 2mA para 1 mA.

Embora a PC represente uma das doenças mais incidentes na população pediátrica, existe um número restrito de estudos que analisaram os efeitos da estimulação transcraniana em crianças com esta doença. Os achados encontrados na literatura referem-se ao uso da estimulação magnética transcraniana como método para analisar o potencial evocado⁴⁷⁻⁴⁹, mapa cortical¹⁵ e como recurso para redução da espasticidade de crianças com PC⁵⁰ em um ou ambos os hemisférios cerebrais¹⁵. Os dados referentes ao uso da estimulação transcraniana por corrente contínua nesta população, dizem respeito á estimulação anódica unilateral de M1 em pacientes com paralisia cerebral classificados entre os níveis I, II e III do GMFCS demonstrando efeitos promissores, comparados ao grupo controle, sobre os parâmetros espaço-temporais da marcha, sobre a função motora grossa, o equilíbrio estático e funcional^{51,52} bem como sobre a mobilidade.

1.1 Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo de fase II do tipo ensaio clínico, longitudinal, prospectivo, pareado, analítico, controlado aleatorizado e duplo cego. O presente estudo obedece às Diretrizes e Normas Regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, formuladas pelo Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, estabelecidas em outubro de 1996, no Brasil. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil sob o número do protocolo 575.509/2014 . O protocolo de estudo possui registro no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC - RBR-95xwc7). Todos os responsáveis concordaram com a participação da criança, por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, onde declararam ter ciência de que o procedimento ao qual

submeteram seus filhos era voluntário, gratuito e experimental. Além disso todas as crianças concordaram em participar do protocolo através do termo de assentimento.

Ficou esclarecido que o participante teria acesso a todas as informações e poderia desistir da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo ou dano, se assim o desejasse. Além disso, foi garantido sigilo absoluto a identificação dos indivíduos, baseado nos princípios éticos de confidencialidade e privacidade. Os procedimentos de intervenção placebo foram realizados sempre associados a um tratamento ativo, o que tornou o seu uso de menor impacto ao paciente. Além disso, os pacientes foram informados da utilização deste procedimento antes do início da pesquisa.

O projeto foi desenvolvido na Universidade Nove de Julho, Laboratório Integrado de Análise do Movimento, Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, o qual possui infraestrutura e pessoal acadêmico-profissional necessário para realização do mesmo. A Universidade Nove de Julho possui capacidade técnica e de infraestrutura, assim como apoio institucional suficiente para garantir a realização do projeto.

1.2 Casuística

A população foi composta por crianças diagnosticadas com PC. As crianças foram recrutadas a partir das clínicas de fisioterapia da UNINOVE e do Centro de Neurocirurgia Pediátrica (CENEPE), São Paulo, Brasil. Cartas e e-mails foram enviados para médicos pediatras, fisiatras e neuropediatras para divulgação do estudo. Foram considerados como critérios de inclusão crianças que: a) possuísem diagnóstico de PC do tipo hemiparesia espástica; b) classificadas funcionalmente como níveis I e II pelo GMFCS^{2,6}; c) possuísem marcha independente no mínimo há 12 meses; e) tivessem idade entre cinco e doze anos de vida; f) com graus de compreensão e colaboração compatíveis com a realização das atividades propostas; g) os responsáveis concordassem com a sua participação no estudo por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram excluídas crianças que: a) tivessem sido submetidas a procedimentos cirúrgicos ou a bloqueios neurolíticos nos

últimos 12 meses antes do início das sessões de treinamento; b) apresentassem deformidades ortopédicas estruturadas com indicações cirúrgicas; c) portadoras de epilepsia; d) que possuíssem implante metálico no encéfalo ou aparelhos auditivos.

As crianças que se enquadraram nos critérios de elegibilidade e os responsáveis aceitaram a participação no estudo foram alocadas de forma aleatória em um dos três grupos do estudo (Figura 2), por um método de aleatorização em blocos. Seguem os grupos:

- Grupo 1: ETCC anódica no córtex motor primário e catodo na região supra-orbital contralateral associada ao treino de marcha em esteira;
- Grupo 2: ETCC anódica placebo no córtex motor primário e catodo placebo na região supra-orbital contralateral associada ao treino de marcha em esteira;
- Grupo 3: ETCC anódica no córtex motor primário do hemisfério lesionado e estimulação catódica no córtex motor primário contralateral associada ao treino de marcha em esteira;

Todos os grupos continuaram realizando suas terapias diárias normalmente durante o período do protocolo. Para o grupo 2 a ETCC não foi entregue de forma ativa, no entanto, estes puderam se beneficiar do treino intensivo de marcha em esteira.

A aleatorização foi feita em blocos. A sequência de alocação foi gerada com as atribuições lacradas em envelopes opacos numerados sequencialmente. Após a avaliação pré-intervenção, o participante foi alocado em um grupo abrindo um envelope. Este processo foi feito por um membro da equipe que não estava envolvido no processo de recrutamento ou desenvolvimento da pesquisa.

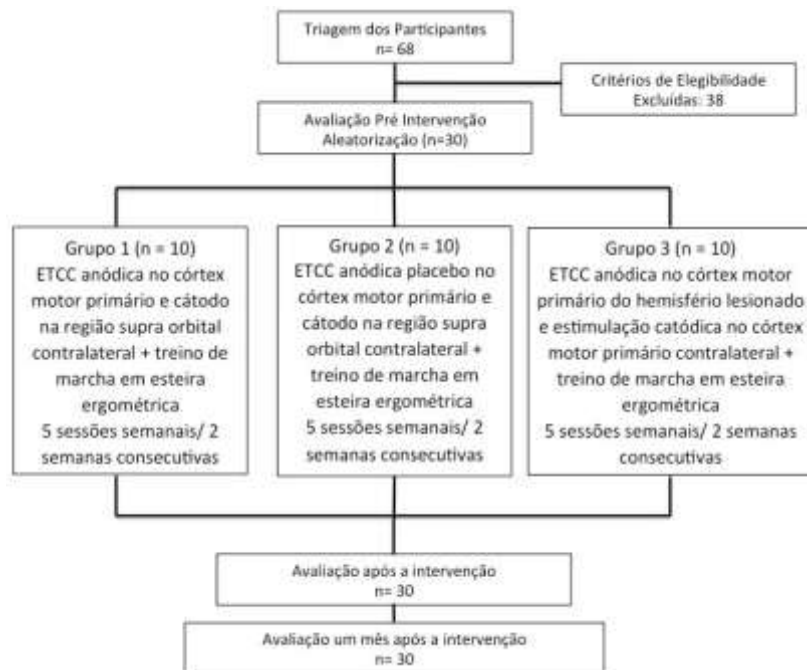


Figura 2: Fluxograma do estudo segundo o CONSORT.

Legenda: ETCC: Estimulação transcraniana por corrente contínua; M1: Córtex motor primário.

1.3 Avaliações

O processo de avaliação (pré-intervenção, pós-intervenção e um mês após o término dos protocolos de intervenção) foi realizado em três dias não consecutivos, com período máximo de uma hora e 30 minutos por dia. O avaliador foi cego com relação aos objetivos do estudo, não fazendo parte dos profissionais responsáveis pelos protocolos de intervenção. Inicialmente, a ficha de identificação foi preenchida e os dados antropométricos mensurados (massa corporal, estatura e índice de massa corporal). A ordem das avaliações foi determinada por meio de sorteio.

A seguir a descrição dos procedimentos da avaliação:

Avaliação tridimensional da marcha: Foi utilizado o sistema SMART-D 140® - BTS *Engineering* com oito câmeras com espectro de resposta sensível ao infravermelho, além de um computador SMART-D INTEGRATED WORKSTATION® com 32 canais analógicos e um sistema de vídeo sincronizado. Para coleta dos dados cinéticos da marcha foram utilizadas duas

plataformas de força, marca Kistler, modelo 9286BA, responsáveis pelo registro dos deslocamentos do centro de pressão e pelo tempo de contato do pé com a superfície da plataforma.

Todas as crianças usaram roupa de banho para facilitar a colocação dos marcadores. Após a coleta das medidas antropométricas (estatura, peso, comprimento dos membros inferiores, distância entre os côndilos femorais/diâmetro do joelho, distância entre os maléolos ou diâmetro do tornozelo, distância entre as espinhas ilíacas anteriores e profundidade da pelve), a pele foi limpa com álcool e marcadores reflexivos foram colocados diretamente sobre a pele em pontos anatômicos de referência. Os marcadores foram colocados como descrito por Davis *et al.* para adquirir o movimento dos membros inferiores e de tronco^{53,54} (figura 3). Especificamente, os marcadores foram posicionados na sétima vertebra cervical, bilateralmente no acrômio, no sacro e bilateralmente nas espinhas ilíacas ântero-superiores, trocânteres maior do fêmur, epicôndilo femoral, haste do fêmur, cabeça da fíbula, haste da tíbia, maléolo lateral, face lateral do pé, na cabeça do quinto metatarso e no calcanhar (apenas para análise das medidas estáticas).

Após a localização dos marcadores a criança foi orientada a andar descalça em uma velocidade auto-selecionada ao longo de uma pista demarcada no solo, medindo 90 centímetros de largura por cinco metros de comprimento, com duas plataformas de força (modelo 9286A) posicionadas ao centro. Ao andarem na pista, sobre as plataformas, os dados cinéticos da marcha foram coletados e calculados por um sistema de vídeo (BTS, Milão, Itália) sincronizado com o sistema de coleta dos dados cinemáticos.

O protocolo Davis de posicionamento dos marcadores foi escolhido com a finalidade de adquirir o movimento dos membros inferiores e do tronco com base em Ferrari, et al (2008)⁵⁵.



Figura 3: Protocolo Davis de posicionamento de marcadores para avaliação 3D da marcha com EMG (Acervo Pessoal).

Três ciclos da marcha de cada membro inferior foram considerados para análise. Todas as leituras foram realizadas pelo mesmo pesquisador para garantir a confiabilidade da coleta de dados. No presente estudo, apenas as variáveis espaço-temporais da marcha e cinemáticas foram identificadas e calculadas. Serão analisados os seguintes parâmetros espaço-temporais:

- Velocidade (m/s): velocidade média de progressão;
- Cadência: número de passos em uma unidade de tempo (passos/min);
- Comprimento da passada (m): distância longitudinal entre os pontos sucessivos de contato do calcanhar do mesmo pé;

- Comprimento do passo (m): distância longitudinal entre o ponto de contato inicial de um pé e o ponto de contato inicial do pé contralateral;
- Largura do passo (m): distância entre a extremidade posterior do calcanhar direito e esquerdo ao longo do eixo médio-lateral;
- Fase de apoio: % do ciclo da marcha, que começa com o contato inicial e termina na retirada do mesmo membro.

Todos os gráficos de análise cinemática da marcha foram normalizados como porcentagem do ciclo da marcha, produzindo gráficos cinemáticos da pelve, quadril, joelho e tornozelo para cada ciclo. O gait profile score (GPS) foi calculado de acordo com o procedimento implementado por Baker⁵⁶. O GPS representa a raiz quadrada da diferença média (RMS) entre determinado ciclo marcha e uma média de dados de pessoas sem alterações da marcha e resume o desvio geral da cinemática dos dados marcha em relação a dados normativos⁵⁶. Esta medida global foi usada por ser composta de um número de resultados das variáveis da marcha (GVSs), representando uma diferença RMS equivalente entre cada variável cinemática temporal normalizada e os dados médios de uma população de referência calculado em todo o ciclo da marcha⁵⁷. Então, se $x_{i,t}$ é o valor da variável da marcha i calculado com um ponto específico do ciclo da marcha t e $\bar{x}_{i,T}^{ref}$ é a média das variáveis de um mesmo ponto no ciclo de marcha de referência da população, então i^{th} GVS é dado por:

$$GVS_i = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \bar{x}_{i,T}^{ref})^2}$$

em que T é o número de instantes em que o ciclo da marcha foi dividido. O

GPS é, então, a média RMS das variáveis GVS :

$$GPS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N GVS_i^2}$$

O GPS global é baseada em 15 clinicamente importantes variáveis cinemáticas (pélvica Anterior/Posterior, pélvica alto/baixo obliquidade, a rotação do lado esquerdo, a flexão do quadril, abdução, rotação interna, flexão de joelho, flexão dorsal e progressão pé para os lados esquerdo e direito) . Na

análise, uma pontuação de GPS foi determinada para cada um dos lados com base em todos os nove GVSs. Um maior valor de GPS indica um menor padrão fisiológico da marcha. Na literatura, o GPS tem sido usado para quantificar as alterações da marcha em diferentes condições de saúde em crianças e adultos^{56,58,59}.

A fim de assegurar a consistência na avaliação, pelo menos sete caminhadas foram registradas durante cada avaliação. Alguns índices obtidos a partir de dados cinemáticos e cinéticos serão analisados: parâmetros espaço-temporais (velocidade, cadência, comprimento do passo, comprimento da passada, fase apoio, fase de balanço), os valores dos ângulos articulares em momentos específicos da marcha (inclinação da pelve, flexão-extensão do quadril, flexão-extensão do joelho, dorsiflexão-flexão plantar do tornozelo) e momento e gráfico de energia (progressão do pé). Os valores médios (desvio padrão) dos parâmetros cinemáticos e cinéticos foram analisados.

Avaliação estabilométrica: Para avaliação do equilíbrio estático foi utilizada a plataforma de força, marca Kistler modelo 9286BA, a qual permite uma análise estabilométrica por meio do registro da oscilação do centro de pressão (COP). A frequência de aquisição foi de 100 Hz captados por 4 sensores piezoelétricos posicionados nas extremidades da plataforma cuja as dimensões são de 400/600mm. Os dados foram registrados e interpretados pelo o *software SWAY*, desenvolvido pela *BTS Engineering*, integrado e sincronizado ao sistema SMART-D 140[®]. Para avaliação a criança foi orientada a permanecer em posição ortostática sobre a plataforma, descalça, braços ao longo do corpo, olhar fixo em um ponto marcado a um metro de distância na altura do ponto glabellar de cada criança, com base irrestrita dos pés e alinhamento dos calcanhares. A avaliação foi realizada em duas condições: olhos abertos e olhos fechados, com duração de 60 segundos cada. O deslocamento do centro de pressão, nos eixos X (ântero-posterior) e Y (médio-lateral), foi coletado nas mesmas condições⁶⁰.

Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI): O desempenho funcional da criança foi avaliado de forma quantitativa por meio do PEDI. O PEDI é um questionário aplicado no formato de entrevista estruturada com um

dos cuidadores da criança, que possa informar sobre seu desempenho em atividades e tarefas típicas da rotina diária. O teste é composto de três partes: a primeira avalia habilidades de repertório da criança agrupadas segundo três áreas funcionais: autocuidado (73 itens), mobilidade (59 itens) e função social (65 itens). Cada item dessa parte é pontuado com escore 0 (zero) se a criança não é capaz de desempenhar a atividade, ou 1 (um), se a atividade fizer parte de seu repertório de habilidades. Os escores obtidos são somados por área^{61,62}.

Qualidade de vida: Foi avaliada por meio do Autoquestionnaire Qualité de Vie Infant Imagé (AUQEI) que foi desenvolvido por Magnificat e Dazord⁶³, em 1997. Sua versão atual é composta de 26 questões ou domínios que exploram relações familiares, sociais, atividades, saúde, função corporais e separação, 18 deles contidos em fatores ou dimensões, assim constituídos:

1) Função: questões relativas às atividades na escola, às refeições, ao deitar-se, e à ida a médico (questões 1; 2; 4; 5; 8);

2) Lazer: questões relativas a férias, aniversários e relações com os avós (questões 11; 21; 25);

3) Autonomia: questões relacionadas à independência, relação com os companheiros e avaliação (questões 15; 17; 19. 33; 24).

A escala é adequada à especificidade e ao contexto em pediatria, incluindo a dimensão subjetiva, visa avaliar a sensação de bem estar, ou satisfação das crianças em relação a alguns aspectos de vida, no momento atual, sem partir de inferências realizadas sobre o desempenho e produtividade.

Escala de Equilíbrio de Pediátrica (EEP): Esta consiste em 14 tarefas semelhantes às várias atividades de vida diária. Os itens são pontuados em uma escala ordinal de cinco pontos (0, 1, 2, 3 ou 4), sendo zero referente à incapacidade de exercer atividades sem auxílio e quatro a habilidade em realizar tarefas com independência. A pontuação máxima é de 56 pontos. Os pontos são baseados no tempo em que uma posição pode ser mantida, na distância em que o membro superior é capaz de alcançar a frente do corpo e no tempo para completar a tarefa⁶⁴.

Avaliação eletromiográfica: A atividade eletromiográfica (EMG) referente aos músculos tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) dos membros inferiores foram coletadas com eletrodos de superfície descartáveis (Ag/AgCl - Medical Trace®), com 10 mm de diâmetro, posicionados no ventre de cada músculo como determinado pelas diretrizes da união europeia de avaliação não invasiva de músculos⁶⁵, no momento da avaliação da marcha e equilíbrio com a criança sobre a plataforma. A distância inter-eletrodo foi de 20 mm centro a centro e os locais de fixação do músculo foram ser previamente limpos com algodão e álcool para diminuir a impedância entre a pele e os eletrodos. Os sinais EMG foram amplificados e transmitidos via wireless para um módulo condicionador de 4 canais (BTS FREEMG 100®), com filtro passa banda de 20-450 Hz, amplificador com ganho de 2000 vezes e modo de rejeição comum >100dB. Os dados foram gravados e processados por um conversor A-D de 16 bits de resolução (BTS FREEMG 100®) com frequência de amostragem de 1kHz.

Entre a aplicação de cada instrumento foi respeitado um período de repouso e as crianças puderam interromper a avaliação a qualquer momento para descansar. Após um período mínimo inicial de 20 minutos de repouso foram mensuradas as frequências cardíaca e respiratória. O tempo entre as aplicações dos instrumentos de avaliação foi o suficiente para que estas variáveis retornassem para o valor de repouso assegurando desta forma que o período de repouso era suficiente para não comprometer o desempenho da criança.

1.4 Procedimentos

1.4.1 Estimulação transcraniana por corrente contínua

A ETCC foi realizada durante as sessões de treino de marcha, pois pode atuar como um método facilitador de mudanças comportamentais por meio da criação de uma rede neural favorável ao ambiente. A estimulação

transcraniana foi aplicada com um aparelho ETCC (NeuroConn DC-*Stimulator*) por meio de dois eletrodos-esponja de superfície (não-metálicos) de 5-5 cm, umedecidos em solução salina.

Em uma das montagens o eletrodo ânodo foi posicionado na região do hemisfério cerebral dominante sobre C3, seguindo o sistema internacional 10-20 de eletroencefalograma, correspondente ao córtex motor primário⁶⁶ e o eletrodo cátodo na região supra-orbital contralateral ao ânodo (figura 4).

Outra montagem envolvia a estimulação anódica no córtex motor primário lesionado e estimulação catódica contralateral ao hemisfério lesionado, com o intuito de inibir o lado contralateral à lesão, favorecendo a atividade da área comprometida. Na estimulação placebo todos os procedimentos de colocação dos eletrodos foram realizados, o estimulador foi ligado durante 30 segundos iniciais e finais. Desta forma, as crianças tiveram a sensação inicial da corrente, mas não receberam nenhuma estimulação no tempo restante. Este procedimento é uma forma válida de controle em estudos de estimulação transcraniana por corrente contínua.

Uma corrente de 1mA foi aplicada no córtex motor primário durante os 20 minutos de cada sessão. O aparelho que foi utilizado para estimulação elétrica possuía um botão que permitia que o operador controlasse a intensidade da corrente. A estimulação foi elevada até 1mA e diminuída gradualmente no período final de 0 segundos.

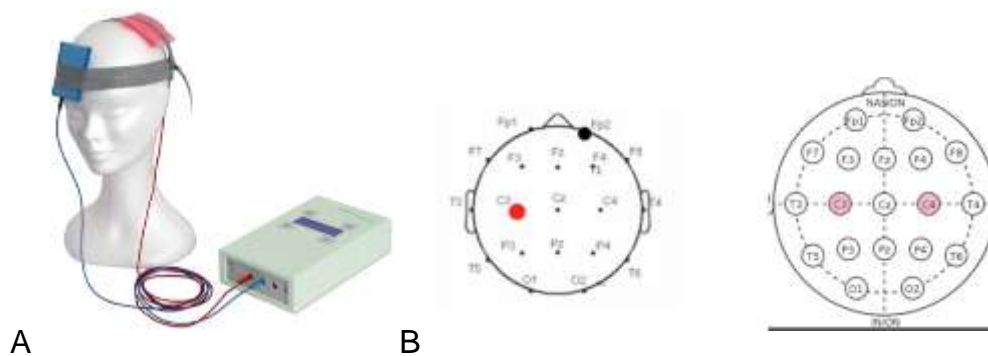


Figura 4: A: Aparelho de ETCC utilizado no projeto (www.neurocaregroup.com). B: Montagens unilateral e bilateral da ETCC (Acervo pessoal).

1.4.2 Protocolo de treino de marcha

O protocolo de treino adotado neste estudo foi constituído de cinco sessões semanais, com duração de 20 minutos por sessão, por um período de duas semanas consecutivas. Durante o treino, independente do grupo em que tenha sido alocada, a criança utilizou a sua própria órtese (caso a utilizasse), devidamente colocada pelo fisioterapeuta. A frequência cardíaca foi monitorada durante todas as sessões, para garantir que não houvesse sobrecarga no sistema cardiovascular.

Treino de marcha na esteira: Foi realizado em uma esteira *Inbramed* modelo *Millenium ATL* (RS, Brasil) (figura 5). Duas sessões de treino de marcha na esteira foram realizadas previamente ao início do protocolo para reconhecimento da esteira. Durante estas sessões a criança não recebeu estimulação transcraniana por corrente contínua e a velocidade da esteira foi gradualmente elevada de acordo com a tolerância da criança. A velocidade do treino de marcha foi estabelecido de acordo com o feedback e tolerância de cada criança.

O número de sessões frequentadas, velocidade máxima do treino na esteira, tempo de treino de marcha e distância percorrida em cada sessão foram registradas na ficha de acompanhamento. Também foram registrados quaisquer problemas ou lesões que possam ter ocorrido durante o treino. Todos os participantes foram orientados a manter suas atividades diárias e os participantes que estivessem enquadrados na fisioterapia, a manter as sessões semanais.



Figura 5: Protocolo de treino de marcha em esteira associada com a ETCC (Acervo Pessoal)

1.5 Análise Estatística

O cálculo da amostra foi realizado por meio do programa estatístico STATA 11, tendo como base a pesquisa de Grecco *et al.* (2013)²² “*A comparison of treadmill training and overground walking in ambulant children with cerebral palsy: randomized controlled clinical trial.*” Para o cálculo foi considerado a velocidade da marcha. A velocidade da marcha foi considerada por representar um importante desfecho clínico e diretamente relacionado com a intervenção. O estudo de Grecco *et al.*, foi selecionado por envolver uma população semelhante com a que o presente projeto visa envolver (crianças com PC níveis I – III do GMFCS). Baseando-se nas médias do grupo experimental de 1,0 m/s, com desvio padrão de 0,22m/s e do grupo controle de 0,71m/s, com desvio padrão de 0,12m/s, para um alfa bidirecional 0.05 e um poder de 80% seriam necessárias 8 crianças por grupo. A amostra foi ampliada em 20% a fim

de evitar efeitos de possíveis perdas finalizando com um número de 10 crianças em cada grupo, totalizando um número de 30 participantes

Dados perdidos por algum fator foram tratados através do método de último dado observado. A análise estatística foi realizada por intenção de tratamento. O teste de Kolmogorov-Sirmonov demonstrou uma distribuição normal dos dados. Assim, os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão e testes paramétricos foram realizados. Análises de variância de duas vias (ANOVA) seguida do post hoc de Bonferroni foram utilizadas para comparar os efeitos obtidos pelas três intervenções propostas. As variáveis dependentes foram os parâmetros espaço-temporais e cinemáticos da marcha e os resultados dos desfechos secundários (*Timed Up and Go*, Escala de Equilíbrio Pediátrica, Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade, Questionário de Qualidade de Vida e oscilações do centro de pressão). As variáveis independentes fixadas foram o tempo (avaliação antes, após e de follow-up), os grupos (treino de marcha em esteira associado a tDCS ativa montagem bilateral, treino de marcha em esteira associado a tDCS ativa montagem unilateral e treino de marcha em esteira associado a tDCS placebo) e a interação tempo x grupos. A frequência dos efeitos adversos foi comparada através do teste de Qui-quadrado por ser uma variável categórica. Os valores de $p < 0.05$ serão considerados significantes. Os dados foram organizados e tabulados utilizando-se o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) v.19.0.

2. Justificativa

O projeto envolve duas técnicas de intervenção (treino de marcha em esteira e a ETCC) que podem ser aplicadas com segurança em crianças com PC. Podemos considerar que na PC o comprometimento motor é em decorrência da associação entre a lesão encefálica e o padrão de plasticidade mal-adaptativa que surge após uma lesão cortical. Nos casos de hemiparesia, secundários a lesões hemisféricas unilaterais, o processo de plasticidade mal-adaptativa é ainda mais acentuado. Assim como nos casos de secundária ao acidente vascular encefálico, nos casos de PC ocorre uma redução acentuada da atividade cortical do hemisfério lesionado com aumento da atividade cortical contralateral.

Nestes casos as terapias físicas visam, por meio da aplicação de treinos funcionais e múltiplos estímulos sensoriais, promover um aprendizado motor. No entanto, o aprendizado motor é dependente de uma alteração da excitabilidade cortical, com diminuição da inibição cortical após a lesão. A estimulação aparece, nesse contexto, como uma forma de modular a atividade cortical abrindo passagem para o aumento e prolongamento do ganho funcional promovido pelas terapias físicas⁴⁰. Dado o importante papel do M1 na adaptação e aprendizado motor e o potencial da ETCC em aumentar a excitabilidade cortical, existe a hipótese de que a estimulação anódica do M1 poderia aumentar o tamanho e a duração dos ganhos motores obtidos pela terapia física (treino de marcha em esteira). A estimulação catódica apresenta a função de inibir determinada área cortical, favorecendo a ação do hemisfério cortical contralateral.

Não foram encontrados estudos que abordassem os efeitos da estimulação anódica bilateral em M1 sobre a função motora na população pediátrica. Resultados prévios demonstram que a montagem envolvendo a estimulação anódica do M1 com o catodo posicionado sobre a região suborbital pode potencializar os efeitos obtidos com o treino de marcha em esteira em crianças com PC. No entanto, resultados disponíveis na literatura demonstram que a

montagem envolvendo a estimulação anódica do M1 ipsilateral a lesão com a estimulação catódica em M1 contralateral a lesão podem favorecer o processo de reabilitação de portadores de hemiparesia espástica após acidente vascular encefálico. Devido à semelhança entre as fisiopatologias da hemiparesia nos casos de PC e de acidente vascular encefálico, o desenvolvimento deste projeto é justificado para verificar qual é montagem ideal para ser utilizada durante o treino de marcha em esteira de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica.

2.2 Hipóteses

Acreditamos que a estimulação bilateral, com o eletrodo anodo sobre o M1 lesionado e o eletrodo catodo sobre o M1 contralateral á lesão podem repercutir em efeitos superiores ao da estimulação unilateral, com a tentativa de aumentar a excitabilidade cortical da região lesional e de diminuir a excitabilidade do hemisfério que tende a suprir a deficiência do outro.

3. Objetivos

3.1 Objetivo geral

Realizar uma análise comparativa entre os efeitos das diferentes montagens da estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino de marcha na esteira ergométrica sobre a mobilidade funcional, o padrão de marcha (parâmetros espaço-temporais, cinemática e cinética da marcha), o equilíbrio estático, a atividade eletromiográfica de membros inferiores e o desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas.

3.2 Objetivo específico

Verificar a montagem adequada da ETCC, realizada durante o treino de marcha em esteira, para otimizar a função da marcha, o equilíbrio estático e o desempenho funcional em crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espástica.

4. Resultados

Os resultados desta tese serão apresentados no formato de 3 estudos. O estudo I, intitulado “**Plasticidade do córtex motor em crianças com paralisia cerebral espástica: Uma revisão sistemática**”, (*Motor Cortex Plasticity in Children with Spastic Cerebral Palsy: A Systematic Review*) foi publicado no periódico **Journal of Motor Behavior**. O estudo II, intitulado: “**Efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua unilateral e bilateral sobre o córtex motor na função de crianças com paralisia cerebral: protocolo, ensaio clínico, duplo cego, aleatorizado, placebo controlado**”, (*Effect of bilateral and unilateral tDCS over the motor cortex on function in children with cerebral palsy: study protocol, clinical trial, double-blind, randomized, sham- controlled*) foi aceito no periódico **Pediatric Physical Therapy**. O estudo III, intitulado: “**Efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua unilateral e bilateral na marcha e equilíbrio de crianças com paralisia cerebral espástica unilateral: ensaio clínico, duplo cego, aleatorizado, placebo controlado**”, (*Effect of unilateral and bilateral transcranial direct current stimulation on gait and balance in children with unilateral spastic cerebral palsy: clinical trial, double blind, randomized, sham controlled*) foi submetido para o periódico **Brain Stimulation**.

4.1 Estudo I

Efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua unilateral e bilateral sobre o córtex motor na função de crianças com paralisia cerebral: protocolo, ensaio clínico, duplo cego, aleatorizado, placebo controlado.

Research Article

Motor Cortex Plasticity in Children With Spastic Cerebral Palsy: A Systematic Review

Natália de Almeida Carvalho Duarte ✉, Luanda André Collange Grecco, Nelci Zanon, Manuela Galli, Felipe Fregni & Claudia Santos Oliveira

Pages 1-10 | Received 22 Feb 2016, Accepted 23 Jun 2016, Published online: 18 Oct 2016

Download citation <http://dx.doi.org/10.1080/00222895.2016.1219310>  Crossmark

4.1.1 Introdução

Atualmente, existe um crescente interesse no uso de técnicas de estimulação cerebral não invasiva associadas a treinamento motor de crianças com paralisia cerebral. Devido a alta incidência da paralisia cerebral e custo altíssimos da reabilitação ao longo da vida destes pacientes, a possibilidade de otimizar os efeitos da reabilitação motora vem resultando nas primeiras publicações sobre o tema^{51,67-69}.

Devido o importante papel do sistema piramidal sobre o controle voluntário do movimento, o córtex motor primário (M1) é uma das principais áreas alvo das técnicas de estimulação cerebral não invasiva, como a estimulação magnética transcraniana (rTMS) ou estimulação Transcraniana por corrente contínua (tDCS)⁷⁰. O posicionamento dos eletrodos ou da bobina é fundamental para o sucesso da estimulação transcraniana não invasiva. No geral, os estudos se baseiam no sistema 10-20 de eletroencefalograma⁶⁶ para localizar o M1, seja na região de C3 e C4 para o treinamento de funções de membros superiores ou na região de CZ (córtex motor primário bilateral) com objetivo de melhorar funções de membros inferiores e marcha.

No entanto, existe a dúvida se a localização de M1 pelo sistema 10-20 realmente representa a área cortical motora responsável pelo controle do movimento almejado. Desta forma, não está claro se a estimulação transcraniana não invasiva baseada neste sistema pode ser considerada efetiva em criança com lesões encefálicas precoces, como no caso da paralisia cerebral. Mostra-se necessária a compreensão das adaptações plásticas das representações corticais motoras e da ativação cortical durante a execução do movimento, secundárias a lesão do encéfalo em desenvolvimento. O conhecimento destas adaptações neurofisiológicas pode auxiliar na efetividade da estimulação transcraniana, direcionando a melhor estratégia de posicionamento de eletrodos de acordo com o objetivo funcional. Acreditamos por meio da compreensão da neurofisiologia adaptativa do movimento será mais claro determinar as regiões que necessitam ser estimuladas ou inibidas,

para minimizar as consequências da plasticidade mal-adaptativa pós-lesão. O objetivo desta revisão sistemática foi determinar se existe um padrão de adaptações das representações corticais motoras, avaliadas por meio do potencial evocado motor (MEP) e da ativação cortical durante a execução do movimento, avaliada por ressonância magnética funcional (fMRI), em crianças com paralisia cerebral considerando as diferenças topográficas do comprometimento motor.

4.1.2 Método

Revisão da Literatura

Uma revisão sistemática de amplo escopo da literatura foi realizada para identificar todos os estudos relevantes que envolvessem como desfecho a avaliação das representações corticomotoras de crianças com paralisia cerebral através de single-pulse TMS e ou fMRI. Nós conduzimos uma pesquisa bibliográfica utilizando as databases: MEDLINE, Web of Science and EMBASE. Para isso, as pesquisas nos bancos de dados foram realizadas usando as palavras-chave:

- (1) Regarding CP: “cerebral palsy”, “lesão cerebral em crianças”, “encefalopatia não progressiva”, “atraso do desenvolvimento motor”, “hemiparesia”, “diparesia”, “tetraparesia”; AND
- (2) Regarding TMS: “transcranial magnetic stimulation”, “motor threshold”, “motor evoked potential”, “motor mapping”, “brain stimulation”; AND
- (3) Regarding fMRI: “functional magnetic resonance imaging”, “magnetic resonance imaging”, “brain imagem”; AND
- (4) Regarding neuroanatomia e neurofisiologia: “reorganização cerebral”, “trato corticoespinhal”, “representação cortical do movimento”, “projeção cortical motora”, “neurofisiologia do movimento”, “córtex motor primário”, “córtex motor”

O termo "e" / "ou" foram usados em cada combinação. Nos estudos selecionados, a seção de referência foi consultada para identificar potenciais publicações relevantes.

Durante o processo de seleção do estudo, a análise inicial foi realizada nos títulos e resumos por dois pesquisadores cegos independentes. Em casos de divergência, um terceiro pesquisador foi convidado para realizar a análise. Quando o título e o resumo não continham informações suficientes para a decisão sobre a inclusão na revisão, o artigo era lido na íntegra por dois examinadores.

Critérios de seleção

Os seguintes critérios de inclusão foram usados: (1) artigos publicados na língua inglesa; (2) estudos envolvendo crianças e adolescentes; (3) diagnóstico de paralisia cerebral antes do início do estudo ou durante o desenvolvimento do mesmo; (4) paralisia cerebral devido a lesão do sistema piramidal; (5) estudos sobre fMRI durante a execução de movimentos; and (5) estudos publicados nos últimos dez anos (janeiro de 2005 até dezembro de 2014). Os critérios de inclusão foram definidos como: (1) estudo em modelos animais; (2) relatos de um único caso; (3) series de casos de lesões encefálicas complexas; (4) estudos envolvendo a avaliação exclusiva de potenciais evocados não motores; (5) uso do potencial evocado motor durante procedimentos neurocirúrgicos; (6) estudos tolerância ou segurança.

Extração dos Dados

As seguintes variáveis foram extraídas pelos autores: (1) os metadados (ou seja, a autoria, data de publicação etc); (2) demografia (tamanho da amostra, idade etc); (3) características clínicas e funcionais (topografia do comprometimento motor, classificações funcionais motoras, características da lesão); (4) parâmetros de aplicação da TMS e resultados obtidos; (5) achados dos exames fMRI; (6) instrumentos de avaliação da função motora e resultados obtidos; (6) se o estudo envolvesse intervenções comportamentais, nos

extraímos objetivo e parâmetros da intervenção, resultado obtido com a intervenção e sua relação com os achados neurofisiológicos.

Análise Qualitativa

Os estudos selecionados foram revisados na íntegra. Os estudos apresentaram importante heterogeneidade e as fontes desta foram avaliadas. Os principais aspectos relacionados com a heterogeneidade incluíam: idade cronológica e idade do diagnóstico de paralisia cerebral, área da lesão, tempo de acompanhamento, medidas de desfecho, desenho do estudo (controlado e não controlado) e intervenção realizada. Em decorrência da alta heterogeneidade nenhuma análise quantitativa foi realizada. Em vez disso, nós relatamos uma análise descritiva dos principais achados e conclusões dos estudos selecionados e suas limitações.

4.1.3 Resultados

Usando as palavras chaves e a data limite previamente descritos nos métodos, nos encontramos 1537 artigos. No entanto, após revisar os títulos 208 estudos foram selecionados para leitura dos abstract. Finalmente, após consulta dos estudos na íntegra, um total de 15 estudos foram incluídos nesta revisão. Estudos envolvendo como desfecho o potencial evocado motor avaliado por single-pulse TMS representaram 60% (n=9)^{15,48,71-77}, ativação do trato corticoespinal avaliada por meio de fMRI 33.3% (n=5)^{14,78-81} e estudos envolvendo single-pulse TMS and fMRI 6.7% (n=1)⁸². Destes estudos três avaliaram o efeito de intervenções sobre estes parâmetros os parâmetros neurofisiológicos^{15,71,79,80}. Outras medidas de avaliações envolveram escalas funcionais para quantificar a função motora estudada.

Um total de 335 crianças e adolescentes foram estudados nestes estudos, sendo 249 com diagnóstico de paralisia cerebral (192 hemiplégicos, 56 diplégicos e 1 tetraplégico). A idade dos participantes variou recém-nascidos até 25 anos. O número de participantes por estudo variou entre 3 e 71 crianças. Estudos transversais representaram 70%(n=9) e os estudos

prospectivos 30%(n=5). Entre os estudos prospectivos, 3 realizaram avaliações antes e após intervenção e 2 realizaram também avaliações de follow-up^{69,80}. Um estudo envolveu um follow-up de seis meses após intervenção e um estudo teve um follow-up de dois anos após o nascimento.

A excitabilidade do córtex motor se correlaciona com a função motora? (ou seja, a diminuição da excitabilidade no córtex motor contralateral está relacionada à má função motora)

A estimulação magnética transcraniana permite a avaliação da excitabilidade cortical e do mapeamento cortical motor. Estas avaliações são importantes para uma melhor compreensão das adaptações cerebrais secundárias da paralisia cerebral na prática clínica e pesquisa. Para responder a esta pergunta, encontramos seis artigos que usaram estimulação magnética transcraniana de pulso único e que abordaram essa questão até certo ponto. Em geral, os pacientes hemipélicos com projeções corticais motoras ipsilaterais demonstraram habilidades motoras precárias. Mackey et al. (2013)⁸³ estudaram 20 pacientes com paralisia cerebral hemiplégica (15 ± 3 anos). Os autores analisaram a relação entre reorganização cortical motora, tipo de lesão e membros superiores funcionais. Os resultados demonstraram que os pacientes com evidência de reorganização cortical e projeções ipsilaterais (5 pacientes) apresentaram pior função do membro superior. Além disso, este estudo mostra que indivíduos com lesões periventriculares tendem a ter uma melhor função do membro superior. Holmstrom et al. (2010)⁷² analisaram a correlação entre as representações corticais motoras, as características da lesão e a função motora do membro superior em 17 crianças com baixa incapacidade motora (Sistema de classificação de capacidade manual [MACS] nível I e II). As projeções de motor para a mão hemiplégica foram observadas no hemisfério contralateral (n = 5), hemisfério ipsilateral (n = 6) e bilateralmente (n = 6). Foi encontrada melhor função das mãos hemiplégicas em crianças com representações motoras corticais contralaterais e perda leve de matéria branca. Nesta amostra, a projeção de mão ipsilateral foi associada a uma pior função

motora, independentemente do tipo de dano cerebral. Pihko et al. (2014)⁷⁴ estudou dez crianças com paralisia cerebral hemiplégica usando TMS. Entre esses pacientes, dois exibiram a representação motora do hemisfério contralateral da mão afetada, cinco apresentaram representação motora bilateral e três exibiram projeção ipsilateral. A habilidade manual pior (MACS) foi encontrada em crianças com projeções ipsilaterais (dois filhos), mas uma criança com projeções bilaterais e uma criança com representação contralateral apresentaram comprometimento motor importante. Outras informações importantes neste estudo foram que pacientes com lesões corticosubcorticais e representação ipsilateral demonstraram pior função motora do que crianças com lesões subcorticais. Em outro estudo, as IRM neonatais foram consultadas retrospectivamente para analisar a correlação entre o envolvimento da trajetória corticoespinhal, função motora do membro superior e projeções motoras corticais em 18 pacientes com paralisia cerebral hemiparética (7 a 18 anos). Treze crianças tiveram representação motora ipsilateral (oito bilaterais e cinco ipsilaterais). Um aumento no comprometimento manual motor foi associado a projeções ipsilaterais ($r = 71$) e as representações bilaterais foram correlacionadas com a boa função da mão (pontuação de Assisting Hand Assessment de 100% em quatro crianças e 87% em uma criança). O resultado mais interessante deste estudo foi que a ressonância magnética neonatal mostrando assimetrias no trato corticoespinhal foi um preditor de projeções ipsilaterais e uma má função motora nos membros superiores afeta⁷⁶.

No entanto, Wittenber et al. (2009)⁸⁴ descobriram que pacientes com diplegia e hemiplegia podem apresentar representações ipsilaterais de cortical de mão e tornozelo, bem como uma variedade de níveis de função motora. Dez crianças com paralisia cerebral espástica (seis diplégicos, quatro hemiplégicos, 9 a 16 anos) foram analisadas neste estudo, incluindo mapeamento cortical motor (primeiro músculo interosseo dorsal e músculos tibiais anteriores) e avaliação da função motora (função motora bruta-66 e Melbourne Avaliação da Função Unilateral dos membros superiores). Resultados semelhantes foram

demonstrados em um estudo de Kesar et al. (2012)¹⁵. Foram avaliadas sete crianças com hemiparéticos (quatro crianças com ipsilateral, duas com contralateral e uma com representações bilaterais) e seis pacientes com paralisia cerebral diparética (quatro com contralateral e duas com projeções bilaterais) para mapear representações corticais motoras (primeiro interosseo dorsal e tibial anterior músculos) e função motora (função motora grossa e função de extrema distância de Melbourne). Os resultados demonstraram uma variedade de pontuações motoras em todos os tipos de representações corticais (ipsilateral, contralateral e bilateral). Esses achados sugerem que o comprometimento motor não é determinado pelo padrão de representação cortical motora, pois pacientes com função motora e classificação clínica similares podem exibir uma organização cortical motora diferente após uma lesão cerebral.

Portanto, a evidência parece sugerir que as representações corticais motoras ipsilaterais têm uma correlação importante com a pior função motora nos membros superiores e inferiores. Pacientes com paralisia cerebral hemiplégica e diplégica podem ter projeções ipsilaterais dos músculos afetados. Em estudos envolvendo participantes com hemiplegia e diplegia, pode não haver um padrão de representações motoras corticais. Ambos os subtipos clínicos podem ter projeções ipsilaterais, contralaterais ou bilaterais. Assim, são necessários mais estudos para obter uma melhor compreensão das características da lesão e adaptações cerebrais que resultam nos diferentes tipos de representações corticais motoras.

A excitabilidade do córtex motor e a ativação do córtex mudam após um programa de reabilitação que resulta em melhorias nos resultados motores?

Quatro estudos empregaram um desenho transversal e envolveram a avaliação da atividade do córtex durante movimentos ativos ou passivos das mãos. No estudo que analisou os movimentos passivos da mão parética com e sem a combinação da observação do movimento das mãos, os achados demonstraram que a observação demonstrou a ativação de uma maior

quantidade de áreas do córtex, como os autores esperavam. Além do córtex motor primário e do córtex somatossensorial bilateral, áreas do córtex visual e temporal também foram ativadas durante a tarefa¹⁴. No estudo que combinou um sistema de mapeamento cerebral baseado em EEG com IRMF em quatro crianças com paralisia cerebral com diferentes tipos de topografia de comprometimento motor, as crianças demonstraram maior ativação de áreas adicionais do cérebro, como o córtex somatossensorial e o córtex pré-motor, durante uma tarefa de apreensão⁸⁰. Um estudo prospectivo que empregou fMRI analisou a ativação do córtex antes e após treinamento intensivo em esteira com suporte de peso (duas vezes por dia durante duas semanas) em três crianças com paralisia cerebral. O treinamento intensivo resultou em mudanças nas áreas de ativação do córtex, especialmente na área suplementar motora bilateral. Além disso, um aumento foi encontrado na ativação do córtex motor primário contralateral à lesão⁸¹. Outro estudo comparou as crianças com hemiparesia e controles saudáveis durante os movimentos ativos de abertura e fechamento da mão e os movimentos passivos dos dedos realizados roboticamente e descobriram que as crianças com paralisia cerebral demonstram recrutamento adicional de áreas do córtex somatossensorial e do cerebelo ipsilateral ao movimento também como maior ativação do córtex durante os movimentos passivos dos dedos⁷⁶. A maior ativação dessas regiões também foi encontrada em três adolescentes com hemiparesia seguindo um protocolo intensivo de treinamento de membros superiores envolvendo o uso de sistemas de reabilitação baseados em videogames de realidade virtual⁷⁹.

O sistema EEG 10/20 pode ser usado para localizar o córtex motor primário quando utilizarmos a tDCS (ou seja, há um deslocamento da representação do córtex motor primário)?

Encontramos dois artigos mostrando um deslocamento da representação do córtex motor primário. O mapeamento cortical motor foi

avaliado em crianças com diplegia e hemiplegia. Os estudos revelam uma variedade de anormalidades na geometria do córtex motor. Willenber et al. (2009)⁸⁴ demonstraram que alguns pacientes com diplegia (n = 2) tinham mapas cruzados de mão e tornozelo. A distância normal entre a representação da mão e do tornozelo é de pelo menos 4 cm, mas, aparentemente, há uma lateralização e uma aproximação do mapa motor dos membros superiores e inferiores em crianças com paralisia cerebral. Os autores sugerem que as mudanças compensatórias dos mapas da mão e do tornozelo resultaram em um espaço insuficiente para evitar a sobreposição dessas partes do corpo geralmente muito distintas. Esses achados foram confirmados em um estudo de Kesar et al. (2012)¹⁵, em que foram avaliadas 13 crianças (hemiplegicas n = 7 e diplegicas n = 6) e os resultados demonstraram que a primeira representação do músculo dorsal interosseo do vértice variou de 2 a 8 cm. O MEP do músculo tibial anterior não foi induzido em nove pacientes. A projeção muscular tibial anterior apresentou variação entre 3,1 e 5,8 cm em quatro pacientes (3 hemipléjicos e 1 diplegico). Os autores encontraram uma aproximação entre as representações do músculo interosseo tibial anterior e primeiro dorsal, com distâncias variando de 0,37 a 2,87 cm. Além disso, seis pacientes apresentaram projeções bilaterais do primeiro interesus dorsal, com a distância entre os hemisférios variando de 0,05 a 0,64 cm. Embora o número de pacientes estudados tenha sido pequeno, limitando as conclusões, aparentemente existe um deslocamento da representação do córtex motor primário em crianças com paralisia cerebral. Esta informação precisa ser confirmada em futuros estudos envolvendo uma amostra maior de assuntos. No entanto, se essas descobertas preliminares forem verdadeiras, o sistema EEG 10/20 não é eficaz na localização da área motora alvo para estimulação cerebral não invasiva em crianças com paralisia cerebral. Outro aspecto importante é a aproximação das representações dos membros superiores e inferiores. O cruzamento dessas representações musculares observadas em alguns dos casos estudados também limita a especificidade da estimulação.

Existe um desequilíbrio bi-hemisférico na paralisia cerebral semelhante ao observado em indivíduos com acidente vascular cerebral (assim, pode ser utilizada a estratégia de aumentar a excitabilidade do córtex motor ipsilateral contralateral e inibidora?)

Com base nos estudos incluídos na presente revisão, não é possível responder esta questão com especificidade. Aparentemente, as crianças com paralisia cerebral têm um processo cerebral adaptativo após uma lesão complexa, envolvendo mudanças na geometria das áreas corticais responsáveis pelo controle do movimento e representações corticais que podem ser ipsilaterais, contraletarais ou bilaterais. Estudos precisam ser desenvolvidos para esclarecer se o desequilíbrio bi-hemisférico exibido em sobreviventes de AVC também ocorre em crianças com paralisia cerebral. No entanto, com base na revisão atual da literatura, as representações corticais motoras têm uma relação mais forte com o prognóstico motor do que um provável desequilíbrio bi-hemisférico. Para o planejamento adequado da montagem do tDCS com o objetivo de otimizar as funções motoras em crianças com paralisia cerebral, seria de interesse considerar a representação hemisférica do movimento correspondente para melhorar os resultados do processo de reabilitação. No entanto, esta hipótese precisa ser testada em estudos futuros.

4.1.4 Discussão

Em todas as áreas da reabilitação (função motora, fala, cognição) de uma criança com paralisia cerebral, encontra-se uma eficácia variável das técnicas de intervenção⁸². Acredita-se que um dos motivos esteja relacionado com a falta de conhecimento sobre os fatores preditivos de resposta, em outros termos, a falta de conhecimento sobre os aspectos que apresentam íntima relação com a possibilidade de boa resposta do paciente frente a uma específica intervenção. A estimulação cerebral não invasiva representa uma nova técnica para auxiliar os efeitos da reabilitação de crianças e adolescentes

com paralisia cerebral, mas acredita-se que o primeiro passo para se obter efetividade com estas técnicas refere-se ao conhecimento dos pacientes que podem ser beneficiar dos seus resultados.

O conhecimento da neurofisiologia do controle motor vem direcionando a reabilitação motora das crianças com paralisia cerebral. Visando o uso das técnicas de estimulação cerebral não invasivas, nós acreditamos que além do conhecimento neurofisiológico é necessário o conhecimento das adaptações neuroplásticas secundárias a lesão. Uma vez que as técnicas são dependentes do posicionamento de eletrodos ou de uma bobina sobre especifica área cortical, é importante se assegurar de que o local onde será feita a estimulação realmente representa a projeção corticomotora almejada e analisar cautelosamente quais áreas se objetiva facilitar (estimular) ou inibir a atividade cortical. Por exemplo, a compreensão dos mecanismos compensatórios após a lesão vem direcionando a efetividade dos resultados obtidos pela estimulação transcraniana em pacientes com acidente vascular encefálico. Atualmente, nós sabemos que existem três possibilidade promissoras de neuromodulação cortical objetivando a melhora da função motora voluntária em lesões encefálicas unilaterais, a estimulação do M1 ipsilateral a lesão, a inibição do M1 contra lateral a lesão e a combinação destas. No entanto, ainda não existem evidencias suficientes na literatura para direcionar possíveis montagens ideais na paralisia cerebral.

Esta revisão sistemática permite ressaltar que em crianças com paralisia cerebral ocorre uma adaptação da representação cortical do trato corticoespinal, ocorrendo com muita frequência a projeção ipsilateral do controle do movimento e até mesmo projeções bilaterais; quando a projeção corticomotora é observada no hemisfério contralateral ao movimento, observa-se um deslocamento (aparentemente lateral); durante a execução do movimento (ativo ou passivo) ocorre a ativação de áreas corticais adicionais, não comumente ativas em crianças saudáveis durante a execução da mesma tarefa motora. Isso nos permite sugerir, que muito provavelmente, se as técnicas de estimulação cerebral não invasivas foram guiadas pelo sistema 10-

20 de eletroencefalograma, nós vamos correr o risco da estimulação não ser realizada sobre a área que representa a projeção do movimento ou que os efeitos obtidos vão ter relação com a não focalidade da corrente.

A TMS nós permite avaliar diversos parâmetros neurofisiológicos, como por exemplo, as inibições intracortical e interhemisférica. As medidas são avaliadas através do período silente cortical e período silente ipsilateral⁸². No período silente ocorre uma supressão transitória do potencial de ação muscular após a indução do potencial evocado motor pela TMS⁴⁸, e reflete a atividade do GABAB-ergic cortical inibitória. Apenas dois estudos incluídos nesta revisão analisar a função inibitória cortical, e ambos observaram que ocorre uma diminuição significativa do período silente em crianças com paralisia cerebral. Embora não existam muitos estudos envolvendo esta variável em crianças, a redução do período silente é descrita com frequência em lesões encefálicas, com desordens do movimento como no AVE e na distonia⁴⁸. No recente estudo realizado Mackey et al. (2014)⁸², observou-se que um período silente intacto tem uma correlação importante com a melhor função motora de membros superiores em crianças com paralisia cerebral hemiplégicas. Está é um importante achado visando a utilização de técnicas de neuromodulação através de estimulação transcraniana. É necessário compreender como a lesão encefálica precoce afeta os mecanismos inibitórios intracortical e interhemisféricos antes de se planejar o uso de uma técnica de neuromodulação. As técnicas de estimulação cerebral não invasiva, nós permitem intervir na excitabilidade cortical, influenciando os mecanismos de inibição interhemisféricas, na tentativa de restabelecer um equilíbrio da neurofisiológico e otimizar as funções. Desta forma, as avaliações por meio da TMS devem ser realizadas de forma ampla, envolvendo não apenas o potencial evocado motor, mas explorando todas as variáveis oferecidas pela técnicas. Nós acreditamos que estes conceitos devem ser explorados em estudos futuros com crianças com paralisia cerebral, não apenas em casos de hemiparesia, a fim de contribuir para o desenho de protocolos de

neuromodulação que potencializem os resultados da reabilitação motora de crianças com este diagnóstico.

Acredita-se que a reorganização da função cortical seja fundamental para a aquisição de funções motoras. No geral, áreas remanescentes ocupam a função de porções lesadas. Um exemplo clássico de como a reorganização pode favorecer a funcionalidade de forma positiva, refere-se aos casos de bebês que sofrem uma falha na comunicação entre os hemisférios para tratar síndromes convulsivas de difícil controle. Apesar de ter apenas um hemisfério cerebral funcionando, se a criança é operada precocemente, eles conseguem ter uma vida funcional e com qualidade, adquirindo importantes etapas motoras, como a marcha (função motora que depende de um controle encefálico bilateral). No entanto, quando pensamos na aplicabilidade clínica da estimulação cerebral não invasiva, acreditamos que um dos principais objetivos do seu uso seja minimizar o processo de plasticidade mal-adaptativa e a reorganização disfuncional da atividade encefálica. A terapia motora é realizada para favorecer o aprendizado motor. Quando realizamos o treino de uma específica tarefa motora, esta será processada em áreas corticais e o processo de aprendizado será reforçado ativando um circuito cortical repetidas vezes. Se o funcionamento cortical é inapropriado, isso será reforçado. Por exemplo, se durante uma sessão de fisioterapia, a criança for treinada a abrir e fechar a mão parética e a área corticomotora responsável por esta função tiver representação ipsilateral ao movimento, provavelmente o treino desta tarefa vai reforçar esta projeção. Neste contexto podemos imaginar a aplicabilidade da tDCS. Podemos sugerir que aplicação da estimulação catódica sobre a área de projeção corticomotora ipsilateral ao movimento irá diminuir a atividade desta área e se a estimulação anódica efetuada sobre a área motora contralateral ao movimento vai facilitar a excitabilidade cortical desta região. Desta forma, o treino motor será realizado contribuindo para um processamento corticomotor mais funcional.

Ressonância magnética funcional durante tarefas motoras pode demonstrar mudanças nas áreas e direção da ativação cortical em crianças

com paralisia cerebral⁸². Por meio desta revisão, mostra-se claro que existem poucas evidências específicas do funcionamento corticomotor de crianças com paralisia cerebral. Ainda não é possível entender com precisão os mecanismos compensatórios da ativação cortical, para a execução do movimento com os membros paréticos, após uma lesão do sistema piramidal nos primeiros dois anos de vida. Os estudos de fMRI permitem uma avaliação visual e quantitativa das áreas corticais ativas antes, durante e após tarefas motoras direcionadas, permitindo assim uma análise comparativa da ativação encefálica durante atividades com o membro parético e não parético. Os estudos incluídos nesta revisão, nos permitem sugerir que em crianças com paralisia cerebral ocorre:

(1) um importante papel da ativação de áreas motoras ipsilaterais a lesão, (2) em alguns casos o movimento é realizado através do controle corticomotor bilateral, (3) existe a ativação adicionais do cérebro, como por exemplo, áreas suplementares motoras, córtex pré-motor e somatosensoriais durante a execução de um movimento ativo (e até mesmo passivo) com o membro parético, (4) aparentemente, existe um importante papel do cerebelo para execução de movimentos, (5) treinamento motor intensivo (membros inferiores – marcha e membros superiores – treino com realidade virtual) permite otimizar a ativação cortical destas crianças. No entanto, os estudos não envolveram follow-up em médio e longo prazo, o que limita discussões se estas alterações são duradouras ou não.

Existe uma limitação importante no conhecimento, tanto das representações corticomotoras, como na ativação funcional do encéfalo durante funções motoras de membros inferiores de crianças com paralisia cerebral. Especificamente sobre achados de fMRI, os relatos sobre a neuroplasticidade na reabilitação da marcha e sobre o funcionamento encefálico durante movimentos específicos de membros inferiores de crianças com paralisia cerebral foram restritos ao estudo de Phillips e colaboradores. Provavelmente, a restrição de informações se deve a uma somatória de fatores que incluem dificuldade de acesso a fMRI e limitação no controle da tarefa durante este exame. Os resultados do estudo de Phillips e colaboradores,

tornam-se de extrema importância, mesmo que o estudo tenha envolvido apenas três crianças. Os autores ressaltam a possibilidade de avaliar a ativação funcional do encéfalo durante movimentos específicos do tornozelo por meio da fMRI. Além disso, os achados levantam a hipótese que o treinamento intensivo da marcha aumenta a ativação cortical contralateral ao membro executando o movimento, ou seja, resulta em um padrão de ativação cortical mais fisiológico, visto que a maioria dos estudos sumarizados nesta revisão demonstraram uma importante correlação entre as projeções ipsilaterais ao movimento e o pior desempenho motor.

Outro interessante aspecto levantado neste estudo foi que os dois participantes com lesões subcorticais apresentaram uma importante ativação cortical contralateral ao movimento, em comparação com o outro participante que teve um AVE cortical. Será que o potencial de neuroplasticidade e neuroreabilitação da marcha em crianças com paralisia cerebral tem relação com a localização da lesão, considerando lesões corticais e subcorticais? Se isso for confirmado em estudos futuros com amostras maiores de participantes, este achado torna-se fundamental no planejamento e indicação de intervenções como a estimulação cerebral não invasiva. Será que lesões subcorticais refletem em melhores resultados também no que se refere a estimulação cerebral não invasiva? Visto que em técnicas como a tDCS, a corrente não é capaz de atingir grande profundidade no cérebro, devido a importante dispersão da corrente no crânio e liquor, possivelmente seja necessário a presença de neurônios íntegros na região cortical para se obter um bom efeito da estimulação. Nós acreditamos que este aspecto deve ser elucidado em futuros estudos a fim de permitir a otimização dos efeitos da estimulação cerebral não invasiva.

A combinação de recursos para avaliação da neurofisiologia e função encefálica e para a aplicação das técnicas de estimulação cerebral não invasiva, envolvendo a TMS, fMRI e neuronavegação parecem representar um futuro promissor. No entanto, muitas destas técnicas são viáveis apenas em crianças maiores e adultos, necessitando da compreensão e colaboração da

criança. Por exemplo, para realização da fMRI é necessário que a criança compreenda a função motora a ser avaliada e colabore para que o exame seja realizado de forma adequada. Ainda estamos longe de conseguir sugerir com convicção os mecanismos de neuroplasticidade adaptativa após a lesão na paralisia cerebral, considerando os diferentes tipos de comprometimentos motores, assim como quais são os métodos ideais para avaliação dos fatores neurofisiológicos e como planejar, com certeza da eficácia, um protocolo de estimulação cerebral não invasiva nesta população.

4.1.5 Conclusão

Como considerações finais, nós devemos ressaltar que uma generalização dos achados obtidos nesta revisão não é possível devido ao número restrito das amostras e heterogeneidade dos métodos de avaliação e parâmetros avaliados. Os mecanismos plásticos adaptativos na paralisia cerebral aparentemente tem relação com a área e localização da lesão. A representação do trato corticoespinal, avaliada através do potencial evocado motor, e inibição intracortical e interhemisférica, avaliada através do período silente, aparentemente são significativamente alteradas após uma lesão encefálica em idade precoce (até dois anos de vida), principalmente em casos de lesões unilaterais. No geral, as crianças com hemiplegia desenvolvem uma projeção corticomotora ipsilateral ao movimento. Além disso, as crianças com paralisia cerebral apresentam um padrão de ativação cortical funcional diferente de uma criança saudável, envolvendo a ativação de áreas adicionais corticais, onde podemos destacar o córtex somatosensorial e o cerebelo. Estudos futuros mostram-se extremamente necessários para esclarecer e confirmar os achados desta presente revisão.

4.2 Estudo II

Efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua unilateral e bilateral sobre o córtex motor na função de crianças com paralisia cerebral: protocolo, ensaio clínico, duplo cego, aleatorizado, placebo controlado.

PEDIATRIC PHYSICAL THERAPY WAPTA
WORLDWIDE ASSOCIATION OF PEDIATRIC PHYSICAL THERAPISTS
INTERNATIONAL FEDERATION OF PHYSIOTHERAPISTS

Editorial Manager
 Role: **Author** Username: **NatyDuarte**

HOME • LOGOUT • HELP • REGISTER • UPDATE MY INFORMATION • JOURNAL OVERVIEW
 MAIN MENU • CONTACT US • SUBMIT A MANUSCRIPT • INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Submissions with an Editorial Office Decision for Author Natalia Almeida Carvalho Duarte

Page: 1 of 1 (3 total completed submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status	Date Final Disposition Set	Final Disposition
Action Links	PED-PT-D-12-00118						
Action Links	PED-PT-D-16-00174						
Action Links	PED-PT-D-17-00055	Effect of bi and unilateral tDCS over the motorcortex on function in cerebral palsy:protocol,clinical trial,double-blind,randomized,stem-controlled	Apr 05, 2017	Aug 17, 2017	Accept		

Page: 1 of 1 (3 total completed submissions) Display 10 results per page.

4.2.1 Introdução

A Paralisia cerebral (CP) é uma desordem do desenvolvimento motor que está relacionada com alterações biomecânicas no corpo de crianças com PC. As alterações na biomecânica corporal dessas crianças podem comprometer a sua mobilidade funcional e reabilitação. Sabendo-se que a marcha é uma meta funcional importante para estes pacientes, a independência dessas crianças no dia a dia, ao caminhar com ou sem o uso de um recurso auxiliar de marcha, contribui para a melhora do desenvolvimento motor da criança¹.

A diminuição das reações posturais, a fraqueza muscular e alterações na cinemática da marcha são responsáveis pelo comprometimento da marcha em aproximadamente 90% dos casos de crianças com CP. Isso reflete em diminuição do convívio social e dificuldade em participar de jogos esportivos devido à falta de condicionamento cardiorrespiratório^{1,2}.

Sabe-se que os exercícios aeróbicos em crianças com CP podem gerar benefícios fisiológicos nesta população. Neste contexto os treinos de marcha e equilíbrio vêm sendo utilizados e estudados com o objetivo de melhorar a coordenação de movimentos das etapas da marcha e do controle motor seletivo¹⁸.

O desenvolvimento de novos recursos terapêuticos aliado à inovação na aplicação de antigas técnicas, se associados à treinos de reabilitação podem otimizar os resultados funcionais de crianças com CP⁵¹. O uso da Transcranial Direct Current stimulation (tDCS) têm demonstrado resultados promissores quando associado à técnicas de reabilitação física, com melhora funcional importante em indivíduos com lesões encefálicas que foram submetidos à um curto período de estimulação cerebral. A técnica de tDCS é de fácil aplicação, bem tolerado por crianças e adultos, com mínimos efeitos adversos relatados na literatura e quando associado ao treino motor de uma tarefa específica pode potencializar a neuroplasticidade cortical.

Treino de marcha em esteira ergométrica

Em crianças com CP, o treino de marcha é uma meta funcional importante. Os benefícios do treino de marcha em esteira ergométrica vêm sendo amplamente estudados, com o objetivo funcional de melhorar o equilíbrio, ortostatismo e cinemática da marcha¹⁸.

O treino em esteira é de fácil controle e execução, pois conseguimos reproduzir uma tarefa específica com consecutivas repetições das etapas da marcha e pode ser realizado com ou sem a utilização de um suporte de peso corporal. Mackay-Lyons⁸⁶ sugere que crianças com CP apresentam dificuldades na ativação dos geradores de padrão central (GPC), que são responsáveis pela realização de passadas rítmicas e automatizadas da marcha. Dessa forma o uso da esteira permite o treinamento repetitivo de uma atividade locomotora, com benefícios para marcha, equilíbrio e controle postural.

Sabemos que o controle postural adequado envolve uma rede de informações sensório-motoras. A integração de sistemas subcorticais, como os sistemas: vestibular, sensorial, visual são fundamentais para manutenção do equilíbrio, além disso, existe o controle cortical responsável pela manutenção da postura através do córtex sensório motor, área motora suplementar e córtex pré-motor⁸⁷.

Marchese *et al.* (2000)⁸⁸ sugerem que a estimulação sensorial repetitiva pode favorecer a ativação de mecanismos importantes na facilitação do aprendizado motor. Desta maneira, o treino motor, como o treino de marcha em esteira ergométrica, favorece a retroalimentação proprioceptiva, gerando ajustes para um bom equilíbrio postural e uma boa execução dos movimentos durante a marcha⁸⁹.

Revisões sistemáticas da literatura afirmam que o treino de marcha em esteira sem SPC é uma técnica segura, porém existe a necessidade de novas publicações apontarem qual seria o real benefício para crianças com paralisia cerebral.

Grecco et al. (2012)¹⁸ demonstraram que o treino de marcha em esteira sem SPC realizado com velocidade determinada, quando comparado ao treino de marcha no solo, apresenta efeitos superiores sobre a mobilidade funcional (teste de caminhada de seis minutos e *timed up and go*), na função motora grossa (andar, correr e pular), no equilíbrio funcional, no equilíbrio estático e no condicionamento cardiorrespiratório.

Estimulação elétrica transcraniana por corrente contínua

A Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS) é uma técnica simples de intervenção, de baixo custo, não invasiva, onde a estimulação do córtex é facilitada utilizando uma corrente elétrica contínua e de baixa intensidade (1 a 2mA), por eletrodos do tipo esponja de superfície. O aparelho nos permite realizar a estimulação placebo de forma prática e discreta o que nos garante resultados mais fidedignos ao final da pesquisa⁵¹.

Esta corrente elétrica é entregue através de dois eletrodos, sendo o anodo o eletrodo com polo positivo e o cátodo o eletrodo com polo negativo. Os movimentos dos elétrons entre estes dois eletrodos vão ser responsáveis por gerar os efeitos modulatórios das funções corticais. O fluxo de elétrons, que acontece do polo positivo para o polo negativo, é capaz de atingir o cortex cerebral, após ultrapassar a barreira do crânio. Maior parte da corrente aplicada no couro cabeludo é dissipada principalmente entre a pele e o líquido, porém uma quantidade suficiente de corrente é capaz de atingir o cérebro gerando uma alteração do potencial de membrana local^{27,29}.

Estudos realizados em modelos animais apontam que o polo anodal pode facilitar a despolarização da membrana local favorecendo o aumento da excitabilidade cortical, enquanto o polo catodal tem a tendência de hiperpolarizar a membrana pós sináptica, dificultando a atividade na região. Em humanos, os mesmos efeitos foram observados quando estimulado o córtex motor primário, ou seja, estimulação anodal aumentou a excitabilidade cortical, e a estimulação catodal deprimiu a atividade^{35,36}.

Podemos considerar que na PC as alterações do desenvolvimento motor são decorrentes de uma lesão cerebral primária apresentando conseqüente plasticidade mal-adaptativa secundária à lesão cortical.

Nos casos de hemiparesia, secundários a lesões hemisféricas unilaterais, o processo de plasticidade mal-adaptativa é ainda mais acentuado. Assim como nos casos de hemiparesia secundária ao acidente vascular encefálico (AVE), nos casos de PC ocorre uma redução acentuada da atividade cortical do hemisfério lesionado com aumento da atividade cortical contralateral⁵¹.

Nestes casos as terapias físicas visam por meio da aplicação de treinos funcionais e múltiplos estímulos sensoriais, promover um aprendizado motor. No entanto, o aprendizado motor está relacionado com melhora da excitabilidade cortical após a lesão. A estimulação ao ser aplicada pode modular uma atividade cortical alterada, otimizando os ganhos funcionais obtidos pelas terapias físicas^{50,51}.

Dado o importante papel do M1 na adaptação e aprendizado motor e o potencial da tDCS em aumentar a excitabilidade cortical, existe a hipótese de que a estimulação anódica do M1 poderia aumentar o tamanho e a duração dos ganhos motores obtidos pela terapia física (treino de marcha em esteira). A estimulação catódica apresenta a função de inibir determinada área cortical, favorecendo a ação do hemisfério cortical contralateral⁶⁹.

Resultados prévios demonstram que a montagem envolvendo a estimulação anódica do M1 com o catodo posicionado sobre a região suborbital pode potencializar os efeitos obtidos com o treino de marcha em esteira em crianças com PC. No entanto, resultados disponíveis na literatura demonstram que a montagem envolvendo a estimulação anódica do M1 ipsilateral a lesão com a estimulação catódica em M1 contralateral a lesão podem favorecer o processo de reabilitação de portadores de hemiparesia espástica após acidente vascular encefálico. Devido à semelhança entre as fisiopatologias da hemiparesia nos casos de PC e de acidente vascular encefálico, o desenvolvimento deste projeto é justificado para verificar qual é a montagem ideal para ser utilizada durante o treino de marcha em esteira de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica.

Uma vantagem na realização da tDCS é que esta pode ser associada com diferentes terapias motoras, modulando a atividade cortical alterada, aumentando a eficácia sináptica da região favorecendo assim o aprendizado motor.

4.2.2 Método

Os participantes serão recrutados de clínicas de fisioterapia. Serão considerados como critérios de inclusão: idade entre cinco e 12 anos de idade; hemiparesia espástica unilateral, classificados entre os níveis I e II do GMFCS e com marcha independente. Como critérios de exclusão serão considerados: cirurgia nos membros inferiores nos últimos 12 meses, uso de toxina botulínica nos últimos 6 meses, epilepsia não controlada e implantes metálicos no cérebro.

Desenho do Estudo

Um estudo prospectivo, analítico, controlado, randomizado, duplo cego será realizado. (Figura 1). O estudo está registrado no Registro brasileiro de ensaios clínicos - ReBEC - ReBEC - RBR-95xwc7A (Figure 6).

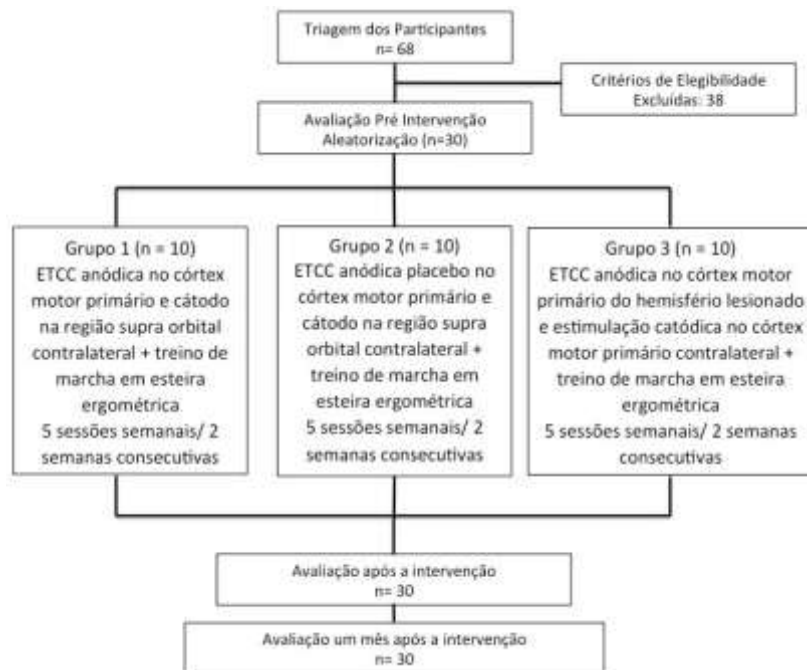


Figura 6: Fluxograma segundo o CONSORT. Legenda: ETCC: Estimulação transcraniana por corrente contínua; M1: Córtex motor primário.

Amostra

Considerando o estudo de Grecco *et al.*¹⁸ o tamanho da amostra foi calculado (STATA 11) usando a velocidade da marcha como variável, sendo esta um importante parâmetro para relacionado á mobilidade e funcionalidade. Considerando um poder de 90%, para um alfa bidirecional de 0.05, e médias de grupo experimental 0.9 ± 0.1 m/s e controle 0.6 ± 0.1 m/s, seriam necessárias 8 crianças por grupo. A amostra será aumentada em 20%, resultando em 10 crianças por grupo (total: 30 participantes).

Randomização

Depois de considerar os critérios de elegibilidade para o estudo, e os responsáveis terem assinado o termo de consentimento as crianças serão randomizadas em 3 grupos. A aleatorização será em blocos. A sequência de alocação será gerada com as atribuições lacradas em envelopes opacos numerados sequencialmente. Após a avaliação pré-intervenção, o participante será alocado em um grupo abrindo um envelope. Este processo será feito por

um membro da equipe que não estará envolvido no processo de recrutamento ou desenvolvimento da pesquisa.

As crianças aceitarão participar do estudo através do termo de assentimento, apontando o desenho de uma face feliz em sua ficha, confirmando assim sua participação ou uma face triste no caso de não aceitar.

4.2.3 Avaliação

Dois examinadores, que serão cegos á alocação das crianças nos diferentes grupos irão realizar as avaliações. Todos os pacientes do estudo também serão cegos. Serão realizadas 3 avaliações: Avaliação 1: no primeiro dia antes da intervenção; Avaliação 2: depois da última sessão de intervenção; Avaliação 3: um mês após o fim das intervenções.

Análise da Marcha

Para aquisição da análise da marcha, considerando os dados cinemáticos e cinéticos, será utilizado o sistema SMART-D 140[®] - *BTS Engineering* com oito câmeras com espectro de resposta sensível ao infravermelho, além de um computador SMART-D INTEGRATED WORKSTATION[®] com 32 canais analógicos e um sistema de vídeo sincronizado. Para coleta dos dados cinéticos da marcha foram utilizadas duas plataformas de força, marca Kistler, modelo 9286BA, responsáveis pelo registro dos deslocamentos do centro de pressão e pelo tempo de contato do pé com a superfície da plataforma.

Mobilidade Funcional

O desempenho funcional da criança foi avaliado de forma quantitativa por meio do PEDI. O PEDI é um questionário aplicado no formato de entrevista estruturada com um dos cuidadores da criança, que possa informar sobre seu desempenho em atividades e tarefas típicas da rotina diária. O teste é composto de três partes: a primeira avalia habilidades de repertório da criança

agrupadas segundo três áreas funcionais: autocuidado (73 itens), mobilidade (59 itens) e função social (65 itens). Cada item dessa parte é pontuado com escore 0 (zero) se a criança não é capaz de desempenhar a atividade, ou 1 (um), se a atividade fizer parte de seu repertório de habilidades. Os escores obtidos são somados por área^{61,62}.

Equilíbrio estático

Para avaliação do equilíbrio estático foi utilizada a plataforma de força, marca Kistler modelo 9286BA, a qual permite uma análise estabilométrica por meio do registro da oscilação do centro de pressão (COP). A frequência de aquisição foi de 50 Hz captados por 4 sensores piezoelétricos posicionados nas extremidades da plataforma cuja as dimensões são de 400/600mm. Os dados referentes aos 30 segundos foram registrados e exportados pelo o *software SWAY*, desenvolvido pela *BTS Engineering*, utilizando um filtro passa baixa Butterworth, com corte de frequência a 10Hz. Após exportação dos dados para o excel, estes foram normalizados quanto à altura dos participantes. Para avaliação a criança foi orientada a permanecer em posição ortostática sobre a plataforma durante 30 segundos, descalça ou usando a órtese habitual caso necessário, braços ao longo do corpo, olhar fixo em um ponto marcado a um metro de distância na altura do ponto glabellar de cada criança, com base irrestrita dos pés e alinhamento dos calcanhares. Oito crianças necessitavam de um recurso auxiliar e foram orientadas a utilizar a órtese (em todos casos fixa) com o calçado de uso diário e posicionar o recurso auxiliar de marcha fora das dimensões da plataforma. As outras crianças não necessitaram de suporte e realizaram as avaliações descalças. Esta avaliação teve o objetivo de avaliar o equilíbrio baseado na funcionalidade diária da criança. Foi realizada uma coleta de cada avaliação em duas condições: olhos abertos e olhos fechados, com duração de 30 segundos cada. O deslocamento do centro de pressão, nos eixos X (ântero-posterior) e Y (médio-lateral), foi coletado nas mesmas condições⁶⁰. Todas as crianças mantiveram suas atividades terapêuticas normais durante a realização do estudo.

Equilíbrio Funcional

Trata-se de uma escala traduzida e adaptada pra cultura e população brasileira, semelhante á escala de equilíbrio de Berg. Esta consiste em 14 tarefas semelhantes às várias atividades de vida diária. Os itens são pontuados em uma escala ordinal de cinco pontos (0, 1, 2, 3 ou 4), sendo zero referente a incapacidade de exercer atividades sem auxílio e quatro a habilidade em realizar tarefas com independência. A pontuação máxima é 56 pontos. Os pontos são baseados no tempo em que uma posição pode ser mantida, na distância em que o membro superior é capaz de alcançar a frente do corpo e no tempo para completar a tarefa⁶⁴.

Questionário de Qualidade de Vida

Será avaliada por meio do Autoquestionnaire Qualité de Vie Enfant Imagé (AUQEI) que foi desenvolvido por Magnificat e Dazord⁶³, em 1997. Sua versão atual é composta de 26 questões ou domínios que exploram relações familiares, sociais, atividades, saúde, função corporais e separação, 18 deles contidos em fatores ou dimensões, assim constituídos:

1) Função: questões relativas às atividades na escola, às refeições, ao deitar-se, e à ida a médico (questões 1; 2; 4; 5; 8);

2) Lazer: questões relativas a férias, aniversários e relações com os avós (questões 11; 21; 25);

3) Autonomia: questões relacionadas à independência, relação com os companheiros e avaliação (questões 15; 17; 19. 33; 24).

A escala é adequada à especificidade e ao contexto em pediatria, incluindo a dimensão subjetiva, visa avaliar a sensação de bem estar, ou satisfação das crianças em relação a alguns aspectos de vida, no momento atual, sem partir de inferências realizadas sobre o desempenho e produtividade.

Avaliação Eletromiográfica

A atividade eletromiográfica (EMG) referente aos músculos tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) dos membros inferiores serão coletadas com eletrodos de superfície descartáveis (Ag/AgCl - Medical Trace[®]), com 10 mm

de diâmetro, posicionados no ventre de cada músculo como determinado pelo SENIAM⁶⁵, no momento da avaliação da marcha e equilíbrio com a criança sobre a plataforma. A distância inter-eletrodo será de 20 mm centro a centro e os locais de fixação do músculo deverão ser previamente limpos com algodão e álcool para diminuir a impedância entre a pele e os eletrodos. Os sinais EMG serão amplificados e transmitidos via wireless para um módulo condicionador de 4 canais (BTS FREEMG 100[®]), com filtro passa banda de 20-450 Hz, amplificador com ganho de 2000 vezes e modo de rejeição comum >100dB. Os dados serão gravados e processados por um conversor A-D de 16 bits de resolução (BTS FREEMG 100[®]) com frequência de amostragem de 1kHz.

Entre a aplicação das avaliações será respeitado um período de repouso e as crianças poderão interromper a avaliação a qualquer momento para descansar. As frequências cardíaca e respiratória serão mensuradas após período de 15 minutos de repouso. O tempo de descanso entre as avaliações será suficiente para que as variáveis medidas voltem a normalidade, não comprometendo assim o desempenho da criança.

4.2.4 Intervenção

Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

tDCS é um técnica que pode otimizar os efeitos da atividade motora e será realizada simultaneamente com o treino de marcha em esteira ergométrica. O dispositivo de tDCS (Soterix Medical Inc.) será utilizado para realizar a estimulação, com o uso de dois eletrodos esponja (5x5 cm) umedecidos em solução salina.

Em uma das montagens o eletrodo ânodo será posicionado na região do hemisfério cerebral dominante sobre C3, seguindo o sistema internacional 10-20 de eletroencefalograma, correspondente ao córtex motor primário⁶⁶ e o eletrodo cátodo na região supra-orbital contralateral ao ânodo. Outra montagem envolve a estimulação anódica no córtex motor primário lesionado e estimulação catódica contralateral ao hemisfério lesionado, com o intuito de

inibir o lado contralateral à lesão, favorecendo a atividade da área comprometida.

O grupo controle irá realizar todo o protocolo de posicionamento dos dois eletrodos e então o equipamento que possui um botão onde o terapeuta consegue ajustar a intensidade da corrente, será acionado somente por 30 segundos dando a sensação inicial da estimulação e após isso será desligado. Desta maneira, as crianças irão sentir a estimulação, porém nenhuma corrente será entregue durante o resto da terapia.

Protocolo de treino de marcha

Um fisioterapeuta responsável irá dar suporte para a criança durante toda a sessão, fornecendo comando verbal e evitando a ocorrência de incidentes.

As sessões serão realizadas durante 5 dias na semana, com duração de 20 minutos, totalizando 10 sessões ao final de duas semanas. Com o objetivo de familiarizar a criança com a intervenção, serão realizadas duas sessões anteriormente ao início do protocolo em receber a estimulação.

A velocidade da esteira (Inbramed, RS, Brazil) será regulada de acordo com o feedback dado pela criança. Durante as sessões, a velocidade da esteira será mantida na velocidade máxima confortável para a criança.

4.2.5 Análise Estatística

Para determinar a aderência à curva de Gauss o teste de Kolmogorov-Smirnov será realizado. Se os dados se apresentarem paramétricos serão expressos em média e desvio padrão; e se não paramétricos serão expressos em mediana e intervalo interquartil. Para determinar o tamanho do efeito do estudo, iremos considerar a diferença entre as médias pré e pós as avaliações. Para a análise estatística dos efeitos do treino de marcha associado com as diferentes montagens de tDCS será utilizado o teste de Kruskal-Wallis para as variáveis não paramétricas e ANOVA para as variáveis paramétricas. Os dados serão processados utilizando o programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences v.19.0), considerando um valor de $p < 0.05$ como significativo.

4.2.6 Discussão e Conclusão

Este artigo oferece a descrição detalhada de um estudo clínico, controlado, randomizado, duplo cego, com o objetivo de demonstrar os efeitos de diferentes montagens da tDCS combinada com o treino de marcha em esteira em crianças com paralisia cerebral espástica unilateral, classificadas entre os níveis I e II do GMFCS. Os resultados finais serão publicados nos ajudando a entender qual é a melhor montagem da tDCS associada ao treino de marcha em esteira, nesta população.

Este estudo possui um desenho controlado e rigoroso, com avaliadores cegos à alocação e avaliação. Este estudo possui limitações, pois a duração ideal do uso da tDCS ainda não é consolidada e além disso um tamanho de amostra maior potencializaria nosso resultado.

4.3 Estudo III

Efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua unilateral e bilateral na marcha e equilíbrio de crianças com paralisia cerebral espástica unilateral: ensaio clínico, duplo cego, aleatorizado, placebo controlado

4.3.1 Introdução

Nos últimos três anos surgiram os primeiros resultados sobre os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica (ETCC anódica) associada o treino de marcha em esteira ergométrica em crianças com paralisia cerebral espástica. Estes estudos mostraram efeitos promissores da aplicação da ETCC anódica sobre o córtex motor primário, simultaneamente, a esta modalidade de treino de marcha em crianças com níveis I a III do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). Os principais efeitos observados foram melhora dos parâmetros espaço-temporais e cinemáticos da marcha logo após o término da intervenção e que se mantiveram presentes na avaliação de acompanhamento realizada um mês após.

A base neurofisiológica para estes achados provavelmente esta no fato da ETCC anódica facilitar a excitabilidade cortical motora em áreas perilesionais, uma vez que, a corrente contínua anódica ao atingir as estruturas cerebrais subjacentes, devido aos seus efeitos iônicos, favorece a despolarização da membrana neuronal^{35,36}. Em estudos prévios, independente da topografia do comprometimento motor – hemiparesia com lesão cerebral unilateral e diparesia com lesão cerebral bilateral – a montagem utilizada envolveu o posicionamento do eletrodo ânodo sobre o córtex motor primário, especificamente sobre o hemisfério contralateral ao hemicorpo com maior comprometimento motor, e o eletrodo cátodo sobre a região supra orbital contralateral⁵¹. Essa montagem proporciona a estimulação unilateral do córtex motor primário. Acredita-se que ocorra a facilitação da excitabilidade cortical

das áreas de representação cortical motora dos membros inferiores, localizadas em áreas mais profundas do lobo parietal na região do vértex, em decorrência do percurso em que a corrente percorre de um polo ao outro da corrente elétrica.

Após análises mais específicas dos dados da literatura, notou-se não haver uma consistência nos efeitos obtidos^{51,52,69}. Observando os resultados de cada criança incluída nestes estudos foi possível notar que algumas apresentavam excelentes respostas a ETCC, mas que outras não apresentam qualquer tipo de efeito. Este estudo demonstrou que alguns fatores clínicos e neurofisiológicos podem ser considerados preditores de respostas efetivas a aplicação da ETCC anódica associada ao treino de marcha. Os principais fatores foram associados com a localização da lesão e com a responsividade do cérebro para desencadear o potencial evocado motor frente a pulsos únicos de estimulação magnética transcraniana na avaliação realizada antes do início da intervenção.

Outros aspectos clínicos não se mostraram associados com o efeito obtido após a intervenção com ETCC anódica, como por exemplo, a topografia do comprometimento motor (hemiparesia e diparesia)⁶⁹. No entanto, a amostra de crianças com hemiparesia foi expressivamente inferior ao número de casos com diparesia, enfraquecendo a análise. Porém foi possível observar que as crianças com hemiparesia espástica apresentaram resultados inferiores as crianças com diparesia, ou simplesmente, não apresentaram nenhuma melhora com a aplicação da ETCC anódica durante o treino de marcha em esteira ergométrica⁵¹. Três hipóteses foram levantadas para esse achado: (1) a escolha da área do córtex motor primário não foi eficiente devendo ter estimulado a região do vértex na tentativa de facilitar as áreas de representação cortical motora dos membros inferiores bilateralmente, uma vez que a marcha é uma função de controle cerebral bilateral; (2) simplesmente a ETCC anódica não repercute em efeitos positivos sobre a marcha em crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica; (3) a montagem utilizada não foi efetiva devido ao importante desequilíbrio da atividade cerebral entre os

hemisférios cerebrais, comumente observada em casos de hemiparesia. Desta forma, a estimulação deveria ter como principal foco tentar restabelecer o equilíbrio da atividade cerebral aplicando a estimulação anódica sobre hemisfério lesionado e a estimulação catódica sobre o hemisfério sem lesão, permitindo assim, facilitar a excitabilidade cortical motora na área perilesional e dificultar a mesma no hemisfério não lesionado. Com isso a ETCC poderia contribuir para um melhor equilíbrio entre a atividade cerebral dos hemisférios com e sem lesão, contribuindo secundariamente para melhora na função motora e da marcha.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar os efeitos da estimulação anódica aplicada unilateralmente (com eletrodo cátodo posicionado sobre a região supra orbital), da estimulação anódica aplicada sobre o hemisfério lesionado e a estimulação catódica sobre o hemisfério não lesionado e da ETCC placebo, durante o treino de marcha em esteira ergométrica sobre a marcha de crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas. Além disso, nos visamos verificar se estas intervenções repercutiam em melhora em desfechos funcionais secundários, como mobilidade funcional, equilíbrio funcional, qualidade de vida e desempenho funcional.

4.3.2 Método

Trata-se de um estudo de fase II, prospectivo, analítico, placebo controlado, aleatorizado e duplo cego. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Nove de Julho, Brasil, sob o número de protocolo 575.509/2014 e foi realizado em conformidade com os padrões éticos estabelecidos na Declaração de Helsinki. O estudo foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC) sob o número do protocolo RBR-95xwc7. Todos os responsáveis e crianças concordaram com a participação no estudo por meio da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido e através do termo de assentimento, respectivamente.

Participantes

O estudo envolveu trinta crianças com diagnóstico de PC do tipo espástica, classificadas entre os níveis I e II do GMFCS, com marcha independente no mínimo há 12 meses, idade entre cinco e doze anos e com grau de compreensão compatível com a realização dos procedimentos. Foram excluídas crianças submetidas a procedimentos cirúrgicos ou bloqueios neurolíticos nos últimos 12 meses antes do estudo; com deformidades ortopédicas; portadores de epilepsia não controlada; que possuíssem implantes metálicos no encéfalo ou aparelhos auditivos. Os participantes foram triados de serviços ambulatoriais especializados.

Todas as crianças após se enquadrarem nos critérios de elegibilidade e realizarem a avaliação inicial foram distribuídas aleatoriamente em um dos três grupos estudados. Utilizou-se um método de aleatorização em blocos (blocos de quatro e seis). Um conjunto de envelopes opacos numerados foi usado para garantir a confidencialidade. Cada envelope continha uma carta estipulando a qual grupo a criança foi alocada, tendo sido este procedimento realizado por um membro externo que não estava envolvido no estudo.

Todos os procedimentos de avaliação foram realizados por um avaliador cego que desconhecia o grupo de alocação da criança.

Intervenção

Dez sessões de estimulação transcraniana por corrente contínua com 1mA, sendo cinco sessões semanais durante duas semanas consecutivas foram realizadas, durante 20 minutos, simultaneamente ao treino motor. Foi utilizado o aparelho de estimulação Transcraniana (NeuroConn, Alemanha) com 2 esponjas umedecidas em solução salina posicionadas sobre o córtex motor primário, segundo o sistema 10-20 de eletroencefalograma⁶⁶. A intensidade da corrente crescia e decrescia durante os 30 segundos iniciais e finais, respectivamente para não causar desconforto nos pacientes. No grupo placebo

este procedimento era realizado para que a sensação da corrente fosse notada pelo participante, aumentando a confiabilidade do estudo. Desta maneira o grupo 1 recebeu a estimulação anódica unilateral sobre o córtex motor lesionado, o grupo 2 recebeu a estimulação anódica unilateral placebo e o grupo 3 recebeu a estimulação bilateral, tendo sido anodo posicionado sobre o hemisfério lesionado e catodo sobre o hemisfério contralateral. Todos grupos receberam a estimulação por corrente contínua ao mesmo tempo em que realizavam o treino de marcha em esteira ergométrica. Para o treino de marcha foi utilizada uma esteira ergométrica (Millenium ATL, Brasil), tendo a velocidade sido aumentada ou diminuída de acordo com o feedback fornecido pela criança.

Avaliação

Os participantes realizaram três procedimentos de avaliação, antes, após e um mês após o término do protocolo. Cada avaliação foi constituída pela análise 3D da marcha, avaliação do equilíbrio estático, avaliação do equilíbrio funcional (Escala de Equilíbrio Pediátrica), avaliação da qualidade de vida e Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI). Cada avaliação foi realizada em 2 dias consecutivos durante o período máximo de 1 hora e 30 minutos.

Para avaliação 3D da marcha, foi utilizado o sistema SMART-D 140[®] - BTS *Engineering* com oito câmeras com espectro de resposta sensível ao infravermelho, além de um computador SMART-D INTEGRATED WORKSTATION[®] com 32 canais analógicos e um sistema de vídeo sincronizado. Para coleta dos dados cinéticos da marcha foram utilizadas duas plataformas de força, marca Kistler, modelo 9286BA, responsáveis pelo registro dos deslocamentos do centro de pressão e pelo tempo de contato do pé com a superfície da plataforma.

Todas as crianças usaram roupa de banho para facilitar a colocação dos marcadores. Após a coleta das medidas antropométricas (estatura, peso,

comprimento dos membros inferiores, distância entre os côndilos femorais/diâmetro do joelho, distância entre os maléolos ou diâmetro do tornozelo, distância entre as espinhas ilíacas anteriores e profundidade da pelve), a pele foi limpa com álcool e marcadores reflexivos foram colocados diretamente sobre a pele em pontos anatômicos de referência. Os marcadores foram colocados como descrito por Davis *et al.* para adquirir o movimento dos membros inferiores e de tronco^{53,54}. Especificamente, os marcadores foram posicionados na sétima vertebra cervical, bilateralmente no acrômio, no sacro e bilateralmente nas espinhas ilíacas ântero-superiores, trocânteres maior do fêmur, epicôndilo femoral, haste do fêmur, cabeça da fíbula, haste da tíbia, maléolo lateral, face lateral do pé, na cabeça do quinto metatarso e no calcanhar (apenas para análise das medidas estáticas).

Após a localização dos marcadores a criança foi orientada a andar descalça em uma velocidade auto-selecionada ao longo de uma pista demarcada no solo, medindo 90 centímetros de largura por cinco metros de comprimento, com duas plataformas de força (modelo 9286A) posicionadas ao centro. Ao andarem na pista, sobre as plataformas, os dados cinéticos da marcha foram coletados e calculados por um sistema de vídeo (BTS, Milão, Itália) sincronizado com o sistema de coleta dos dados cinemáticos.

O protocolo Davis de posicionamento dos marcadores foi escolhido com a finalidade de adquirir o movimento dos membros inferiores e do tronco com base em Ferrari, et al (2008)⁵⁵.

Três ciclos da marcha de cada membro inferior foram considerados para análise. Todas as leituras foram realizadas pelo mesmo pesquisador para garantir a confiabilidade da coleta de dados. No presente estudo, apenas as variáveis espaço-temporais da marcha e cinemáticas foram identificadas e calculadas. Serão analisados os seguintes parâmetros espaço-temporais:

- Velocidade (m/s): velocidade média de progressão;
- Cadência: número de passos em uma unidade de tempo (passos/min);
- Comprimento da passada (m): distância longitudinal entre os pontos sucessivos de contato do calcanhar do mesmo pé;

- Comprimento do passo (m): distância longitudinal entre o ponto de contato inicial de um pé e o ponto de contato inicial do pé contralateral;
- Largura do passo (m): distância entre a extremidade posterior do calcanhar direito e esquerdo ao longo do eixo médio-lateral;
- Fase de apoio: % do ciclo da marcha, que começa com o contato inicial e termina na retirada do mesmo membro.

Todos os gráficos de análise cinemática da marcha foram normalizados como porcentagem do ciclo da marcha, produzindo gráficos cinemáticos da pelve, quadril, joelho e tornozelo para cada ciclo. O gait profile score (GPS) foi calculado de acordo com o procedimento implementado por Baker (2009)⁵⁶. O GPS representa a raiz quadrada da diferença média (RMS) entre determinado ciclo marcha e uma média de dados de pessoas sem alterações da marcha e resume o desvio geral da cinemática dos dados marcha em relação a dados normativos⁵⁶. Esta medida global foi usada por ser composta de um número de resultados das variáveis da marcha (GVSs), representando uma diferença RMS equivalente entre cada variável cinemática temporal normalizada e os dados médios de uma população de referência calculado em todo o ciclo da marcha⁵⁷. Então, se $x_{i,t}$ é o valor da variável da marcha i calculado com um ponto específico do ciclo da marcha t e $\bar{x}_{i,T}^{ref}$ é a média das variáveis de um mesmo ponto no ciclo de marcha de referência da população, então i^{th} GVS é dado por:

$$GVS_i = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \bar{x}_{i,T}^{ref})^2}$$

em que T é o número de instantes em que o ciclo da marcha foi dividido. O

GPS é, então, a média RMS das variáveis GVS :

$$GPS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N GVS_i^2}$$

O GPS global é baseado em 15 importantes variáveis cinemáticas (pélvica Anterior/Posterior, pélvica alto/baixo obliquidade, a rotação do lado esquerdo, a flexão do quadril, abdução, rotação interna, flexão de joelho, flexão dorsal e progressão pé para os lados esquerdo e direito) . Na análise, uma pontuação

de GPS foi determinada para cada um dos lados com base em todos os nove GVSSs. Um maior valor de GPS indica um menor padrão fisiológico da marcha. Na literatura, o GPS tem sido usado para quantificar as alterações da marcha em diferentes condições de saúde em crianças e adultos^{56,58}.

A fim de assegurar a consistência na avaliação, pelo menos sete caminhadas foram registradas durante cada avaliação. Alguns índices obtidos a partir de dados cinemáticos e cinéticos foram analisados: parâmetros espaço-temporais (velocidade, cadência, comprimento do passo, comprimento da passada, fase apoio, fase de balanço), os valores dos ângulos articulares em momentos específicos da marcha (inclinação da pelve, flexão-extensão do quadril, flexão-extensão do joelho, dorsiflexão-flexão plantar do tornozelo) e momento e gráfico de energia (progressão do pé). Os valores médios (desvio padrão) dos parâmetros cinemáticos e cinéticos foram analisados.

Estabilometria

Para avaliação do equilíbrio estático foi utilizada a plataforma de força, marca Kistler modelo 9286BA, a qual permite uma análise estabilométrica por meio do registro da oscilação do centro de pressão (COP). A frequência de aquisição foi de 100 Hz captados por 4 sensores piezoelétricos posicionados nas extremidades da plataforma cuja as dimensões são de 400/600mm. Os dados referentes aos 60 segundos foram registrados e exportados pelo o *software* SWAY, desenvolvido pela *BTS Engineering*, utilizando um filtro passa baixa Butterworth, com corte de frequência a 100Hz. Após exportação dos dados para o excel, estes foram normalizados quanto à altura dos participantes. Para avaliação a criança foi orientada a permanecer em posição ortostática sobre a plataforma durante 60 segundos, descalça, braços ao longo do corpo, olhar fixo em um ponto marcado a um metro de distância na altura do ponto glabellar de cada criança, com base irrestrita dos pés e alinhamento dos calcanhares. Esta avaliação teve o objetivo de avaliar o equilíbrio baseado na funcionalidade diária da criança. Foi realizada a coleta de cada avaliação em duas condições: olhos abertos e olhos fechados, com duração de 60 segundos cada. O

deslocamento do centro de pressão, nos eixos X (ântero-posterior) e Y (médio-lateral), foi coletado nas mesmas condições⁶⁰. Todas as crianças mantiveram suas atividades terapêuticas normais durante a realização do estudo.

Escala de Equilíbrio Pediátrica

A EEP é uma escala que consiste em 14 tarefas semelhantes às várias atividades de vida diária. Os itens foram pontuados em uma escala ordinal de cinco pontos (0, 1, 2, 3 ou 4), sendo zero referente à incapacidade de exercer atividades sem auxílio e quatro a habilidade em realizar tarefas com independência⁶⁴.

Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade

O PEDI avalia de forma quantitativa o desempenho funcional da criança. Este questionário foi aplicado no formato de entrevista estruturada com um dos cuidadores da criança, que pudesse informar sobre seu desempenho em atividades e tarefas típicas da rotina diária. O teste é composto de três partes: a primeira avalia habilidades de repertório da criança agrupadas segundo três áreas funcionais: autocuidado (73 itens), mobilidade (59 itens) e função social (65 itens). Cada item dessa parte é pontuado com escore 0 (zero) se a criança não é capaz de desempenhar a atividade, ou 1 (um), se a atividade fizer parte de seu repertório de habilidades^{61,62}.

Qualidade de Vida

A qualidade de vida dos participantes foi avaliada por meio do Autoquestionnaire Qualité de Vie Enfant Imagé (AUQEI) que foi desenvolvido por Magnificat e Dazord⁶³, em 1997. Sua versão atual é composta de 26 questões ou domínios que exploram relações familiares, sociais, atividades, saúde, função corporais e separação, 18 deles contidos em fatores ou dimensões, assim constituídos:

1) Função: questões relativas às atividades na escola, às refeições, ao deitar-se, e à ida a médico (questões 1; 2; 4; 5; 8);

2) Lazer: questões relativas a férias, aniversários e relações com os avós (questões 11; 21; 25);

3) Autonomia: questões relacionadas à independência, relação com os companheiros e avaliação (questões 15; 17; 19. 33; 24).

4.3.3 Análise estatística

Três crianças não compareceram na avaliação de follow-up. Por este motivo, na análise estatística foi utilizado o método de último dado observado, repetindo os resultados obtidos na avaliação após a intervenção. O teste de Kolmogorov-Smirnov demonstrou uma distribuição normal dos dados. Assim, os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão e testes paramétricos foram realizados. Análises de variância de duas vias (ANOVA) seguida do post hoc de Bonferroni foram utilizadas para comparar os efeitos obtidos pelas três intervenções propostas. As variáveis dependentes foram os parâmetros espaço-temporais e cinemáticos da marcha e os resultados dos desfechos secundários (Timed Up and Go, Escala de Equilíbrio Pediátrica, Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade, Questionário de Qualidade de Vida e oscilações do centro de pressão). As variáveis independentes fixadas foram o tempo (avaliação antes, após e de follow-up), os grupos (treino de marcha em esteira associado a ETCC ativa montagem bilateral, treino de marcha em esteira associado a ETCC ativa montagem unilateral e treino de marcha em esteira associado a ETCC placebo) e a interação tempo x grupos. A frequência dos efeitos adversos foi comparada através do teste de Qui-quadrado por ser uma variável categórica. Valores de $p < 0.05$ foram considerados significantes. Os dados foram organizados e tabulados usando o Statistical Package for Social Sciences (v.19.0).

4.3.4 Resultados

Um total de 68 crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas foram triadas neste estudo. Os responsáveis por 21 crianças não concordaram com a participação das crianças no estudo por falta de disponibilidade em comparecer nas sessões de intervenção propostas. Nove crianças apresentavam deformidades ortopédicas no membro inferior parético e oito crianças haviam realizado aplicação de toxina botulínica num período inferior a doze meses do início do estudo. As 30 crianças que se enquadraram nos critérios de elegibilidade e os responsáveis concordaram com a participação no estudo foram alocadas aleatoriamente em um dos três grupos propostos neste estudo, com um total de 10 crianças em cada grupo (Figura 7).

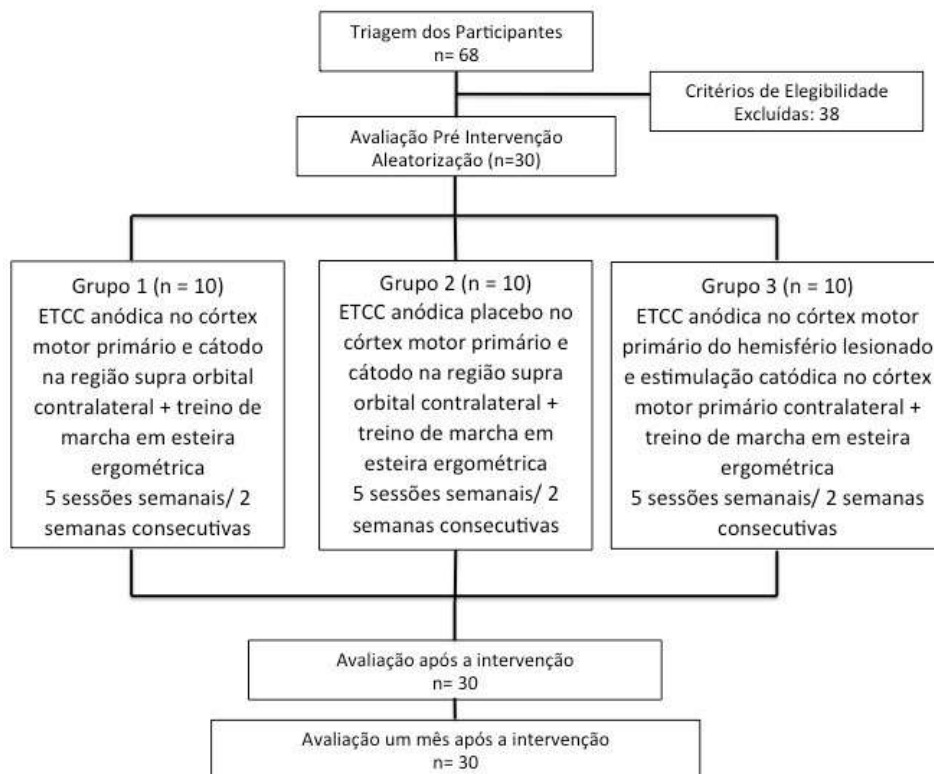


Figura 7: Fluxograma do estudo.

A Tabela 1 apresenta as características clínicas das crianças incluídas neste estudo. Os grupos não apresentaram diferença quanto as características clínicas e nos desfechos analisados neste estudo na avaliação inicial. Todas as crianças concluíram as dez sessões de intervenção, mas uma criança do grupo ETCC ativa montagem unilateral e duas crianças do grupo ETCC sham não compareceram na avaliação de *follow-up*. Nenhuma intercorrência clínica foi observada durante o estudo, não sendo necessária a interrupção de nenhuma das sessões de avaliação e intervenção.

Tabela 1. Características clínicas das crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas de acordo com os grupos estudados.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	tDCS ativa montagem bilateral	tDCS ativa montagem Unilateral	tDCS placebo
	N=10	N=10	N=10
Idade (anos)*	9.1 ± 1.8	8.7 ± 2.4	8.4 ± 2.6
Gênero (feminino / masculino)#	5 / 5	6 / 4	6 / 4
GMFCS (I / II)#	6 / 4	4 / 6	6 / 4

Legenda: tDCS: estimulação transcraniana por corrente contínua, GMFCS: Sistema de Classificação da Função Motora Grossa. * dados expressos em média ± desvio padrão. # dados expressos em número de participantes por grupo.

Desfecho primário

Análise tridimensional da marcha. Os parâmetros espaço-temporais e cinemáticos foram analisados neste estudo. A Tabela 2 apresenta os valores de média e desvio padrão dos resultados obtidos nas variáveis referentes a análise tridimensional da marcha.

Velocidade da marcha. A análise de variância mostrou um discreto efeito significativo na interação tempo x grupos ($F_{(4,36)}=3.5$, $p=0.014$) e no efeito dos

grupos ($F_{(2,18)}=33.4$, $p<0.001$). Na análise post hoc foi demonstrada uma média de velocidade superior do grupo ETCC ativa montagem unilateral em comparação com os grupos tDCS ativa montagem bilateral ($p=0.010$) e ETCC placebo ($p=0.002$) na avaliação pós-intervenção. Na avaliação de follow-up os grupos não apresentaram diferença significativa nesta variável ($p>0.05$).

Fase de apoio. Considerando os resultados obtidos no membro inferior parético, a análise estatística mostrou efeito significativo na interação tempo X grupos ($F_{(4,36)}=5.8$, $p=0.012$) e no efeito dos grupos ($F_{(2,18)}=18.9$, $p<0.001$). Na análise post hoc observou-se diferença da porcentagem da fase de apoio na avaliação pós-intervenção do grupo ETCC ativa montagem unilateral em relação ao grupo ETCC ativa montagem bilateral ($p=0.002$) e ETCC placebo ($p=0.004$). Não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos na avaliação de follow-up.

Variáveis cinemáticas da marcha. Foi realizada a comparação das variáveis cinemáticas da marcha considerando o membro inferior parético e o membro inferior não parético. No Gait Profile Score obtido no membro inferior parético, a análise de variância demonstrou efeito significativo dos grupos ($F_{(2,18)}=40.7$, $p<0.001$) e do tempo ($F_{(2,18)}=4.2$, $p=0.030$). A análise de post hoc mostrou uma redução destas variáveis na avaliação pós-intervenção do grupo tDCS ativa montagem unilateral em comparação com os grupos ETCC ativa montagem bilateral ($p=0.001$) e ETCC placebo ($p=0.043$). Não houve diferença significativa nas análises realizadas considerando os resultados obtidos na avaliação de follow-up ($p>0.05$).

Para verificar se as intervenções repercutiriam em simetria entre o padrão cinemático apresentado no membro inferior parético e no membro inferior não parético, foi realizada a comparação dos resultados obtidos na avaliação inicial, pós-intervenção e follow-up. Nas três avaliações realizadas houve uma diferença do padrão cinemático dos membros inferiores (parético e não parético) nos três grupos estudados ($p<0.05$ para todas as análises).

Tabela 2. Média e desvio padrão das variáveis espaço-temporais, *Gait Profile Score* e *Gait Variable Scores* nas avaliações antes, após e um mês após as intervenções nos três grupos estudados.

	tDCS ativa montagem bilateral			tDCS ativa montagem unilateral			tDCS placebo		
	Antes	Após	Follow-up	Antes	Após	Follow-up	Antes	Após	Follow-up
Velocidade (m/s)	0.66±0.15	0.87±0.20	0.74±0.12	0.70±0.10	1.0±0.10*	0.77±0.11	0.78±0.17	0.84±0.14	0.75±0.07
Cadência (passos/min)	102.8±18.3	114.3±9.3	112.2±8.7	96.2±17.3	111.1±10.4	107.7±18.1	95.5±35.3	100.4±36.1	98.8±25.7
Comprimento da passada (m)	0.93±0.12	1.1±0.18	0.98±0.20	0.96±0.17	0.98±0.21	1.0±0.12	0.96±0.17	1.1±0.19	0.97±0.14
Comprimento do passo (m)	0.38±0.05	0.41±0.08	0.42±0.09	0.40±0.06	0.39±0.08	0.40±0.09	0.39±0.05	0.38±0.08	0.39±0.08
Largura do passo (m)	0.17±0.02	0.18±0.01	0.18±0.02	0.19±0.02	0.18±0.02	0.18±0.01	0.19±0.01	0.18±0.02	0.17±0.02
Fase de apoio (%)									
Hemicorpo parético	43.4±5.4	45.7±4.3	46.9±7.4	40.9±5.2	56.5±4.3*	45.2±3.4	42.6±5.3	44.8±5.2	43.7±5.2
Hemicorpo não parético	63.8±6.4	61.5±6.5	62.4±5.6	66.4±4.7	65.3±6.8	64.9±4.8	63.5±3.8	62.3±3.4	62.9±5.1
Gait Profile Score (°)									
Hemicorpo parético	14.5±2.7	12.4±3.0	11.1±2.9	13.8±1.9	9.8±1.3	10.5±1.8	15.3±2.7	11.4±1.6	12.1±1.5
Hemicorpo não parético	9.8±3.2	10.8±4.8	10.4±2.6	9.2±2.0	8.4±2.0	8.8±1.8	9.1±2.6	8.2±1.9	8.1±2.7
GVS Pelvic Obliquity (°)									
Hemicorpo parético	2.7±0.8	2.9±0.9	2.6±0.7	2.5±0.6	2.8±0.7	2.8±0.5	3.0±0.7	2.9±0.5	2.9±0.8
Hemicorpo não parético	3.3±0.5	3.0±0.8	3.2±0.4	3.5±0.7	3.4±0.7	3.8±0.7	3.4 ±0.6	3.2±0.7	3.3±0.8
GVS Pelvic Tilt (°)									
Hemicorpo parético	6.2±1.2	5.8±1.1	6.1±0.9	6.4±0.8	6.2±1.2	6.2±0.9	5.9±1.2	6.4±2.1	6.3±1.3
Hemicorpo não parético	5.9±0.9	6.1±0.8	5.9±1.1	6.3±1.3	6.5±1.1	6.3±1.1	6.4±1.1	6.6±1.5	6.5±1.8
GVS Pelvic Rotation (°)									
Hemicorpo parético	10.8±9.7	8.7±4.5	9.7±5.3	12.4±4.5	9.8±4.7	10.2±6.2	9.7±2.4	9.8±3.6	9.5±3.6
Hemicorpo não parético	8.6±3.4	9.2±5.3	9.4±4.2	10.3±6.3	11.3±3.4	10.4±8.3	8.8±4.3	9.0±3.4	9.1±3.6
GVS Hip Ab-Adduction (°)									
Hemicorpo parético	5.2±2.3	4.8±1.8	5.1±3.1	6.1±3.6	5.2±4.8*	5.8±2.6	5.7±4.5	5.2±3.6	5.4±2.9
Hemicorpo não parético	2.3±1.2	2.6±1.5	2.3±2.0	3.1±2.5	2.4±1.5	2.8±1.8	3.8±2.3	3.1±1.9	3.2±2.6
GVS Hip Flex-Extension (°)									
Hemicorpo parético	5.3±3.2	6.1±2.3	6.2±3.6	5.3±3.2	9.4±3.4*	7.8±4.1	6.8±4.3	6.4±3.7	6.5±4.4
Hemicorpo não parético	12.3±4.3	12.8±3.2	13.1±4.2	14.3±6.3	12.3±4.2	13.4±5.2	14.3±5.1	13.9±4.9	13.6±6.2
GVS Hip Rotation (°)									
Hemicorpo parético	34.5±18.5	30.7±21.3	32.8±14.5	38.7±23.4	35.4±18.9	32.4±23.2	29.8±20.3	31.7±17.8	31.2±16.3
Hemicorpo não parético	20.7±14.5	19.8±16.7	20.3±10.7	22.4±15.6	17.9±10.5	21.2±15.6	16.7±9.8	18.2±10.6	18.9±11.3
GVS Knee Flex-Extension (°)									
Hemicorpo parético	14.3±9.8	13.3±6.4	13.5±4.8	16.2±5.4	11.5±5.3*	13.7±6.3	13.6±4.5	14.2±5.2	14.1±6.2
Hemicorpo não parético	10.2±6.5	9.5±3.4	9.7±4.2	8.7±4.3	8.5±5.7	8.6±4.2	9.6±4.8	10.1±5.4	10.5±4.2
GVS Ankle Dorsi-Plantarflex (°)									
Hemicorpo parético	8.4±3.4	7.9±4.5	7.2±3.8	7.9±3.5	7.2±3.4	7.2±4.3	8.1±4.5	7.8±3.5	7.4±2.5
Hemicorpo não parético	6.3±2.8	5.9±3.1	5.9±3.6	4.9±4.3	5.1±2.8	4.8±3.4	5.8±3.7	5.7±3.8	5.5±3.7
GVS Foot Progression (°)									
Hemicorpo parético	12.2±5.2	13.5±9.7	13.8±8.7	14.5±8.5	12.9±9.5	13.4±6.8	15.3±8.9	14.8±9.3	14.4±8.4
Hemicorpo não parético	10.3±6.7	10.7±6.9	10.8±7.2	11.5±6.8	10.7±5.4	11.7±4.5	10.2±7.3	10.1±5.8	9.9±4.4

Legenda: GVS: Gait Variable Scores.

* $p < 0.05$ ANOVA Grupo tDCS ativa montagem unilateral em comparação com os demais grupos.

Desfechos secundários

Os desfechos secundários foram analisados neste estudo. A Tabela 3 apresenta as médias e \pm desvio padrão dos resultados obtidos nas escalas clínicas.

Tabela 3. Média e desvio padrão obtidos nas escalas funcionais de mobilidade, equilíbrio, qualidade de vida e desempenho funcional nas avaliações antes, após e um mês após o término das intervenções nos três grupos estudados.

	tDCS ativa montagem bilateral			tDCS ativa montagem unilateral			tDCS placebo		
	Antes	Após	Follow-up	Antes	Após	Follow-up	Antes	Após	Follow-up
Timed up and go	12.0 \pm 2.6	10.7 \pm 2.2	9.4 \pm 2.2	13.1 \pm 2.7	7.9 \pm 2.3	8.5 \pm 2.4	12.6 \pm 2.5	11.2 \pm 2.9	11.9 \pm 2.8
Escala de Equilíbrio Pediátrica	49.0 \pm 5.4	52.5 \pm 3.5	53.1 \pm 4.3	48.5 \pm 3.8	51.6 \pm 2.2	50.6 \pm 4.1	49.6 \pm 5.7	50.1 \pm 2.6	50.0 \pm 3.7
Qualidade de vida	36.8 \pm 7.4	41.8 \pm 6.4	43.3 \pm 6.7	36.5 \pm 6.5	43.0 \pm 6.9	44.9 \pm 7.3	36.4 \pm 8.0	37.9 \pm 7.9	38.7 \pm 7.9
PEDI - Autocuidado	48.1 \pm 6.6	52.9 \pm 6.4	53.8 \pm 7.1	48.9 \pm 7.8	47.4 \pm 8.5	49.9 \pm 6.0	49.1 \pm 5.0	50.2 \pm 4.4	49.0 \pm 4.8
PEDI - Mobilidade	45.1 \pm 4.5	49.9 \pm 3.0	50.7 \pm 3.6	39.0 \pm 8.4	45.9 \pm 7.6	45.1 \pm 6.9	43.9 \pm 9.2	46.9 \pm 3.7	46.2 \pm 3.9
PEDI – Função Social	47.5 \pm 7.7	52.9 \pm 5.6	54.5 \pm 5.5	52.6 \pm 2.0	53.8 \pm 3.2	53.3 \pm 1.8	52.3 \pm 2.9	52.7 \pm 2.5	52.7 \pm 2.3

Legenda. PEDI – Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade.

Timed up and go. A análise de variância demonstrou interação tempo x grupos ($F_{(4,36)}=13.0$, $p<0.001$), bem como o efeito dos grupos foram significantes ($F_{(2,18)}=19.0$, $p<0.001$). A análise post hoc mostrou uma redução no tempo de execução do TUG após o término das intervenções do grupo ETCC ativa montagem unilateral em relação aos grupos ETCC ativa montagem bilateral ($p=0.001$) e ETCC placebo ($p<0.001$). Na avaliação de follow-up as médias do tempo de execução do teste dos grupos ETCC ativa montagem bilateral ($p=0.002$) e ETCC ativa montagem unilateral ($p<0.001$) foram inferiores ao do grupo ETCC placebo.

Escala de Equilíbrio Pediátrica. Na EEP a análise estatística mostrou que a interação tempo x grupo ($F_{(4,26)}=4.7$, $p=0.003$) e o efeito dos grupos ($F_{(2,18)}=27.9$, $p<0.001$) foram significantes. Para os resultados da avaliação pós-intervenção, a análise de post hoc mostrou resultados superiores do grupo ETCC ativa montagem bilateral em comparação com o grupo ETCC placebo ($p=0.003$). Já na avaliação de follow-up houve diferença significativa entre o grupo tDCS ativa montagem bilateral e o grupo ETCC ativa montagem unilateral ($p=0.002$), assim como entre o grupo ETCC ativa montagem bilateral e o grupo ETCC placebo ($p<0.001$).

Qualidade de vida. Para esta variável a análise de variância mostrou interação tempo x grupos ($F_{(4,36)}=10.1$, $p<0.001$) e efeito do grupo ($F_{(2,18)}=81.7$, $p<0.001$) significantes. Nas avaliações pós-intervenção e de follow-up a análise de post hoc mostrou não haver diferença significativa entre os grupos ETCC ativa montagem bilateral e ETCC ativa montagem unilateral ($p>0.05$ para as duas análises), mas esses grupos apresentaram melhor qualidade de vida segundo em comparação com o grupo ETCC placebo $p<0.001$ para todas as análises).

Inventário de avaliação pediátrica de incapacidade: Na área de auto-cuidado houve resultado significativo na interação tempo x grupos ($F_{(4,36)}=4.3$, $p=0.005$). Na avaliação pós-intervenção, o grupo ETCC ativo unilateral mostrou resultados superiores em comparação com o grupo ETCC ativa montagem bilateral ($p<0.001$) e ETCC placebo (0.043). Na avaliação de follow-up o grupo ETCC ativa montagem bilateral apresentou melhor desempenho funcional em comparação com os grupos ETCC ativa montagem unilateral ($p=0.036$) e ETCC placebo ($p=0.07$). Na área de mobilidade a análise de variância mostrou interação tempo x grupos ($F_{(4,36)}=2.7$, $p=0.045$) e efeito do grupo ($F_{(2,18)}=62.9$, $p<0.001$) significantes. Nas avaliações pós-intervenção e follow-up o grupo ETCC ativa montagem bilateral mostrou média de resultado superior aos grupos ETCC ativa montagem unilateral ($p<0.001$) e ETCC placebo ($p<0.01$).

Estabilometria. Para análise estatística foram considerados os seguintes desfechos referentes as avaliações estabilométricas: oscilação do COP (centro

de oscilação de pressão) no sentido ântero-posterior (olhos abertos e olhos fechados), oscilação do COP no sentido médio-lateral (olhos abertos e olhos fechados), velocidade média da oscilação do COP no sentido ântero-posterior e no sentido médio lateral.

Oscilação do COP no sentido ântero-posterior. A análise de variância não demonstrou diferença significativa na relação tempo x grupos ($F_{(4,36)}=0.23$, $p=0.915$), no efeito do tempo ($F(2,18)=0.71$, $p=0.503$) e no efeito dos grupos ($F(2,18)=0.88$, $p=0.430$), considerando os resultados obtidos com os olhos abertos. Da mesma forma, não foram encontradas diferenças significantes na oscilação no sentido ântero-posterior com os olhos fechados na relação tempo x grupos ($F_{(4,36)}=0.26$, $p=0.884$), no efeito do tempo ($F(2,18)=0.33$, $p=0.718$) e no efeito dos grupos ($F(2,18)=1.4$, $p=0.250$).

Oscilação do COP no sentido médio-lateral: Considerando as oscilações com os olhos abertos, nós não encontramos diferenças significantes na relação tempo x grupos ($F(4,36)=0.28$, $p=0.887$), no efeito do tempo ($F(2,18)=0.58$, $p=0.585$) ou no efeito dos grupos ($F(2,18)=0.76$, $p=0.479$). Os resultados obtidos na oscilação médio-lateral com os olhos fechados também não demonstraram diferença significativa na relação tempo x grupos ($F(4,36)=0.68$, $p=0.609$), no efeito do tempo ($F(2,18)=0.79$, $p=0.466$) e no efeito dos grupos ($F(2,18)=2.2$, $p=0.134$).

Velocidade média. A análise de variância mostrou diferença significativa na velocidade média no sentido ântero-posterior no efeito do tempo ($F(2,18)=4.2$, $p=0.031$). Já na velocidade média da oscilação no sentido médio-lateral, a análise estatística mostrou diferença significativa na relação tempo x grupos ($F(4,36)=5.2$, $p=0.027$), no efeito do tempo ($F(2,18)=5.6$, $p=0.012$) e no efeito dos grupos ($F(2,18)=5.8$, $p=0.014$). A análise post-hoc mostrou que na avaliação após as intervenções, o grupo ETCC ativa montagem unilateral apresentou uma redução da velocidade média de oscilação do COP no sentido médio-lateral em comparação com o grupo ETCC ativa montagem bilateral ($p=0.006$) e ETCC placebo ($p<0.001$), sendo que o grupo ETCC ativa

montagem bilateral também demonstrou redução na velocidade em comparação com o grupo ETCC placebo ($p=0.003$). Na avaliação de follow-up, o grupo ETCC ativa montagem unilateral apresentou uma redução da velocidade média de oscilação em comparação com o grupo ETCC ativa montagem bilateral ($p=0.001$) e ETCC placebo ($p<0.001$), não havendo diferença entre os grupos ETCC ativa montagem bilateral e o grupo ETCC placebo ($p=0.060$).

4.3.5 Discussão

Este é o primeiro ensaio clínico que testou diferentes montagens de tDCS com o intuito de identificar a montagem ideal para se obter a otimização dos efeitos obtidos pelo treino de marcha em esteira ergométrica em crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas. Discretos efeitos superiores do grupo que recebeu a ETCC ativa com montagem unilateral (elétrodo ânodo posicionado sobre o córtex motor primário do hemisfério lesionado e elétrodo cátodo sobre a região supra orbital contralateral) foram observados nos desfechos primários, referentes aos achados obtidos na análise tridimensional da marcha, especificamente na velocidade e no padrão cinemático da marcha. Já nos desfechos secundários, os achados se mostraram contraditórios, hora demonstrando uma superioridade da montagem unilateral e hora mostrando melhores resultados da montagem bilateral (elétrodo ânodo sobre o hemisfério lesionado e elétrodo cátodo sobre o hemisfério não lesionado). Esses achados reforçam a discussão que ainda existe na literatura que ainda será necessário um longo percurso científico para o conhecimentos de parâmetros de ETCC que possam ser considerados ideias para o tratamento de crianças com paralisia cerebral.

Diferentemente dos resultados prévios publicados^{51,69}, neste estudo os efeitos obtidos sobre a velocidade e da cinemática da marcha não foram mantidos um mês após o término da intervenção com a montagem unilateral da ETCC anódica. Esse fato nos leva a questionar a magnitude do potencial da

ETCC em otimizar os efeitos de intervenções motoras nesta população, anteriormente reforçado em nossos estudos. Nestes estudos se mostrou claro que os efeitos sobre o padrão de marcha tem uma relação importante com o tipo de treino de marcha empregado durante a aplicação da ETCC^{18,51,69}. Tanto nos estudos envolvendo o treino de marcha em esteira ergométrica, como no estudo abordando o treino de marcha com realidade virtual⁵², a ETCC foi apenas capaz de otimizar os efeitos do treinamento motor. Isso quer dizer que os grupos controle (ETCC placebo + treino de marcha) e os grupos experimentais (ETCC ativa + treino de marcha) apresentaram respostas nas mesmas variáveis, mas que o tamanho do efeito obtido pela intervenção experimental foi superior à intervenção controle. Desta forma, nós devemos também ressaltar que não foram observados efeitos significantes considerando uma análise intragrupo, não havendo melhora no grupo que recebeu a montagem bilateral e a estimulação placebo, comparando os três momentos de avaliação (antes, após e um mês após). Sendo assim, o treino de marcha pode não ter sido efetivo para proporcionar melhora da marcha e desta forma, a aplicação da ETCC não poderia repercutir na otimização de efeitos motores não proporcionados pelo treino motor.

Outro aspecto que deve ser levantado nesta discussão se refere às possíveis áreas cerebrais que podem ter sido atingidas pela ETCC em cada montagem. Observando os achados de alguns estudos de modelagem computacional das áreas cerebrais atingidas pela tDCS, em cada montagem é possível notar que a montagem clássica, com eletrodo ânodo sobre C3 ou C4 e o eletrodo cátodo sobre a região supra orbital contralateral, é capaz de atingir áreas mais profundas do lobo parietal em comparação com a montagem bilateral²⁹. Esta poderia ser uma possível explicação para discreta superioridade dos efeitos sobre a marcha da montagem unilateral em comparação com a bilateral, uma vez que, as áreas de representação cortical motora dos membros inferiores são mais profundas. Sendo assim, existe a possibilidade do grupo que recebeu a estimulação com a montagem unilateral ter tido a facilitação da excitabilidade cortical nestas áreas de representação

cortical do membro inferior parético de forma mais efetiva que o grupo que recebeu a estimulação com a montagem bilateral. Se isso for comprovado em estudos futuros que incluam medidas neurofisiológicas capazes de mensurar estes parâmetros, pode ser que para crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas seja mais efetivo estimular o córtex motor primário lesionado, focando em atingir mais amplamente o lobo parietal lesionado, do que aplicar a ETCC com montagens bilaterais que visem tentar restabelecer o equilíbrio entre a atividade dos hemisférios, perdendo a profundidade e abrangência do alcance da corrente.

Embora os estudos sobre estimulação cerebral não invasiva em crianças com paralisia cerebral estejam ainda em fases iniciais, um fator que se mostra constante na grande maioria dos estudos publicados nesta área se refere ao índice extremamente baixo de efeitos adversos severos. No presente estudo nenhum efeito adverso severo foi observado, como convulsões e piora do quadro clínico motor. Apenas efeitos discretos e esperados em decorrência da aplicação de uma corrente elétrica polarizada, como vermelhidão e sensação de formigamento na região abaixo dos elétrodos foram identificados, não havendo diferença estatística relevante entre os grupos. Sendo assim, o presente estudo contribui para casuística mundial sobre a segurança da técnica em crianças com paralisia cerebral, encorajando o desenvolvimento de estudos futuros. Uma vez que, a técnica vem se mostrando segura e representa a possibilidade de manipular, de forma não invasiva, o limiar de excitabilidade cortical motora, alterado em casos de lesão cerebral, resultando na possibilidade de facilitar a reorganização da atividade cerebral durante as intervenções motoras, a ETCC já merece a atenção de clínicos e pesquisadores da área de reabilitação infantil. Antes do conhecimento dos efeitos da estimulação cerebral não invasiva não existia a possibilidade de modificar a excitabilidade cortical motora de forma praticamente indolor durante o processo de reabilitação motora, e qualquer possibilidade segura de contribuir para otimizar o potencial de recuperação dos pacientes com paralisia

cerebral deve ser explorada de forma séria, principalmente em idades críticas do desenvolvimento, como a infância.

Quanto aos desfechos secundários deste estudos, como descrito anteriormente, os resultados se mostraram inconsistentes, com variáveis demonstrando melhores resultados com a montagem bilateral e outras com a montagem unilateral. Desta forma, nós não somos capazes de levantar hipóteses ou sugerir uma montagem mais efetiva. No geral foi observado que a ETCC ativa (montagem bilateral ou unilateral) apresentou uma tendência a repercutir em melhores efeitos em comparação com o grupo que recebeu a estimulação placebo. Existe a necessidade do desenvolvimento de estudos com amostra adequada para comprovar os efeitos nos desfechos funcionais, considerados como secundários neste estudo, uma vez que, o cálculo da amostra do presente estudo foi realizado exclusivamente com base nas variáveis da marcha.

Ainda dentro do aspecto do tamanho da amostra, nós acreditamos que é importante discutir a dificuldade de recrutar uma amostra homogênea de crianças com paralisia cerebral. Embora a literatura científica se torne cada vez mais rigorosa quanto ao número de participantes e com a necessidade de amostras homogêneas, o tamanho da amostra sempre será um fator limitante para estudos desenvolvidos em um único serviço. Neste estudo um total de 68 crianças foram tríadas para atingir a amostra proposta de 30 crianças. Aproximadamente dez serviços foram contactados e diversas medidas de divulgação do estudo foram adotadas, como o contato com associações nacionais de apoio a crianças com paralisia cerebral e com diversos profissionais. O processo de recrutamento e seleção das crianças necessitou de dois anos para ser concluído. Além disso, fatores como deslocamento da criança e a frequência das sessões (cinco sessões semanais por duas semanas) dificultaram a participação de crianças no estudo. Desta forma, nós acreditamos que para o desenvolvimento de estudos com amostras capazes de realmente comprovar os efeitos da ETCC em crianças com paralisia cerebral será necessário estudos multicêntricos, principalmente para testar hipóteses

específicas para as que envolvem o conhecimento de parâmetros ideais desta técnica. Desta forma, embora tenha sido realizado um cálculo para definir o tamanho da amostra, nós reconhecemos que uma amostra de 30 participantes é pequena para estabelecer conclusões definitivas. Neste sentido, estudos futuros devem ser realizados com um tamanho de amostra maior.

4.3.6 Conclusão

Diante do exposto observa-se que ambas montagens, unilateral e bilateral, podem oferecer benefícios funcionais à população pediátrica com paralisia cerebral hemiparética do tipo espástica, com discreta superioridade de efeitos da montagem unilateral comparada à montagem bilateral e placebo, mesmo que resultados consistentes não tenham sido identificados no estudo. Para que os reais efeitos fossem identificados, seria necessário aumentar o tamanho da amostra e incluir exames neurofisiológicos que comprovassem os achados clínicos. Sugerimos para estudos futuros que as diferentes montagens sejam avaliadas em populações maiores a fim de aumentar o poder do estudo.

5. Considerações Finais

Os resultados dos estudos conduzidos sugerem que:

- Os mecanismos plásticos adaptativos na paralisia cerebral aparentemente estão relacionados com a área e a localização da lesão. A representação do trato corticoespinal, avaliada pelo potencial motor evocado, e a inibição intracortical e inter hemisférica, avaliadas pelo período silente, aparentemente são significativamente alteradas após lesão cerebral em idade precoce (até dois anos de vida), especialmente nos casos de lesões unilaterais. Em geral, as crianças com hemiparesia desenvolvem uma projeção corticomotora ipsilateral ao movimento. Além disso, as crianças com paralisia cerebral demonstram um padrão de ativação do córtex funcional diferente em comparação com crianças com desenvolvimento normal, envolvendo a ativação de áreas adicionais do córtex, como o córtex somatossensorial e o cerebelo. São necessários mais estudos para esclarecer e confirmar os resultados da presente revisão sistemática.
- Quando comparados os efeitos obtidos por diferentes montagens da ETCC, unilateral e bilateral, na população pediátrica de PC hemiparética espástica não foram observadas grandes alterações positivas nos parâmetros cinemáticos e espaço-temporais da marcha que destacassem a superioridade de montagem específica da ETCC. A montagem unilateral ativa demonstrou discreta melhora nos resultados quando comparada aos outros grupos. Nós acreditamos que o número de participantes tenha influenciado diretamente nestes resultados.
- Quando comparados os efeitos obtidos por diferentes montagens da ETCC, unilateral e bilateral, na população pediátrica de PC hemiparética espástica não foram observadas grandes alterações positivas nos parâmetros do COP nos sentidos ântero-posterior e médio lateral que destacassem a superioridade de montagem específica da ETCC. A montagem unilateral ativa demonstrou melhora nos resultados de velocidade média de oscilação do COP no sentido médio-lateral quando comparada aos outros grupos.

- Nós devemos ressaltar que todas as crianças incluídas neste estudo apresentavam níveis I e II do GMFCS, com lesões no sistema piramidal. Apresentavam marcha comunitária independente sem a necessidade de recurso auxiliar de marcha e foram submetidas ao treino de marcha em esteira ergométrica. Desta forma, nós não podemos generalizar nossos achados para crianças com maior comprometimento motor ou para outros tipos de intervenção motora. Além disso, os nossos achados também não podem ser generalizados para outros tipos de montagens ou para o uso da tDCS com parâmetros diferenciados, como por exemplo, miliamperagem ou tamanho dos eletrodos.

6. Referências

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M. A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49(109):8-14.
2. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russel D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39(4):214-23.
3. Awaad Y, Taynen H, Munoz S, Ham S, Michon AM, Awaad R. Functional assessment following intrathecal baclofen therapy in children with spastic cerebral palsy. *J Child Neurol* 2003; 18(1):26-34.
4. Kavcic A, Vodusek BD. A historical perspective on cerebral palsy as a concept and a diagnosis. *Eur J Neurol* 2005; 12(8):582-7.
5. Paneth N, Hong T, Korzeniewski S. The descriptive epidemiology of cerebral palsy. *Clin Perinatol* 2006; 33(2):251-67.
6. Hiratuka E, Matsukura TS, Pfeifer LI. Cross-cultural adaptation of the Gross Motor Function Classification System into Brazilian-Portuguese (GMFCS). *Rev Bras Fisioter* 2010; 14(6):537-44.
7. Fonseca LF, Xavier CC, Pianetti G. Encefalopatia Crônica (paralisia cerebral). *Compêndio de neurologia infantil.* @ ed. Rio de Janeiro: Medbook, 2011. P.669-79.
8. Burton H, Sachin D, Litkowski P, Wingert JR. Functional connectivity for somatosensory and motor cortex in spastic diplegia. *Somatosens Mot Res* 2009; 26(4): 90-104.
9. Kurz MJ, Wilson TW. Neuromagnetic activity in the somatosensory cortices of children with cerebral palsy. *Neuroscience Letters* 2011; 490(1):1-5.
10. Shin YK, Lee DR, Hwang HJ, You SJ. A novel EEG-based brain mapping to determine cortical activation patterns in normal children and

- children with cerebral palsy during motor imagery tasks. *NeuroRehabilitation* 2012; 31(4): 349-55
11. Pitcher JB, Schmeider LA, Burns NR, Drysdale JL, Higgins RD, Ridding MC, Nettelbeck TJ, Haslam RR, Robinson JS. Reduced corticomotor excitability and motor skills development in children born preterm. *J Physiol* 2012; 590(22): 5827-44.
 12. Nevalainen P, Pihko E, Maenpaa H, Valanne L, Nummenmaa L, Lauronen L. Bilateral alterations in somatosensory cortical processing in hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2012; 54(4):361-7.
 13. Rose S, Guzzetta A, Pannek K, Boyd R. MRI structural connectivity, disruption of primary sensorimotor pathways, and hand function in cerebral palsy. *Brain Connect* 2011; 1(4): 309-16.
 14. Dinomais M, Lignon G, Chinier E, Richard I, Ter Mnassian A, Tich SN. Effect of observation of simple hand movement on brain activations in patients with unilateral cerebral palsy: an fMRI study. *Res Dev Disabil* 2013; 34(6): 1928-37.
 15. Kesar TM, Sawaki L, Burdette JH, Cabrera MN, Kolaski K, Smith BP, O'Shea TM, Koman LA, Wittenberg GF. Motor cortical functional geometry in cerebral palsy and its relationship to disability. *Clin Neurophysiol* 2012; 123(7):1383-90.
 16. Chagas PSC, Mancini MC, Barbosa A, Silva PTG. Análise das intervenções utilizadas para a promoção da marcha em crianças portadoras de paralisia cerebral: uma revisão sistemática da literatura. *Rer. Bras. Fisioter* 2004; 8(2):155-63.
 17. Silva MS, Daltrário SMB. Paralisia cerebral: desempenho funcional após treinamento da marcha em esteira. *Fisioter Mov* 2008; 21(3):109-15.
 18. Grecco LAC, Pasini H, Sampaio LMM, Oliveira. Evidence of effect of treadmill training on children with cerebral palsy: a systematic review. *Clin Exp Med Lett* 2012; 53(2):95-100.
 19. Mattern-Baxter K. Locomotor treadmill training for children with cerebral palsy. *Orthopaedic Nursing* 2010; 29(3):169-73.

20. Dodd KJ, Foley S. Partial body-weight–supported treadmill training can improve walking in children with cerebral palsy: A clinical controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49(2):101-5.
21. Smania N, Bonetti P, Gandolfi M et al. Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil* 2011; 90(2):137-49.
22. 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. *Clin Rehabil* 2013; 27(8):686-96.
23. 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. *Am J Phys Med Rehabil* 2007; 86(7):548-55.
24. 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 Phys Ther* 1997; 9(4):159-65.
25. 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. *Arch. Pediatr Adolesc Med* 2007; 161(11):1075-81.
26. 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. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91(3):333-9.
27. Stagg CJ, Bachtiar V, O’Shea J, Allman C, Bosnell RA, Kischka U, Matthews PM, Johansen-Berg H. Cortical activation changes underlying stimulation induced behavioral gains in chronic stroke. *Brain* 2012; 135(1):276-84.
28. Miranda PC, Lomarev M, Hallett M. Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation. *Clin Neurophysiol* 2006; 117(7):1623-9.

29. 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(3):1113-24.
30. Aurichayapat P, Aurichayapat N. Basic knowledge of transcranial direct current stimulation. *J Med Assoc Thai* 2011; 94(4):518-27.
31. Thibaut A, Chatelle C, Gosserires O, Laurey S, Bruno MA. Transcranial direct current stimulation: A new toll for neurostimulation. *Rev Neurol* 2013; 169(2):108-20.
32. Liebetanz D, Nitsche MA, Tergau F, Paulus W. Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC stimulation induced after effects of human motor cortex excitability. *Brain* 2002;125(10):2238-47.
33. Kuo MF, Unger M, Liebetanz D, Lang N, Tergau F, Paulus W, et al. Limited impact of homeostatic plasticity on motor learning in humans. *Neuropsychologia* 2008;46(8):2122-8.
34. Monte-Silva K, Kuo M-F, Thirugnanasambandam N, Liebetanz D, Paulus W, Nitsche MA. Dose-dependent inverted U-shaped effect of dopamine (D2-like) receptor activation on focal and nonfocal plasticity in humans. *The Journal of Neuroscience* 2009;29(19):6124-31.
35. Nitsche MA, Liebetanz D, Tergau F, Paulus W. Modulation of cortical excitability by transcranial direct current stimulation. *Nervenarzt* 2002; 73(4):332-5
36. Nitsche MA, Liebetanz D, Schlitterlau A, Henschke U, Fricke K, Frommann K, et al. GABAergic modulation of DC stimulation-induced motor cortex excitability shifts in humans. *Eur J Neurosci* 2004;19(10):2720-6.
37. Fritsch B, Reis J, Martinowich K, Schambra HM, Ji Y, Cohen LG, et al. Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning. *Neuron*. 2010;66(2):198-204.
38. Reis J, Robertson EM, Krakauer JW, Rothwell J, Marshall L, Gerloff C, et al. Consensus: Can transcranial direct current stimulation and transcranial magnetic stimulation enhance motor learning and memory formation? *Brain stimulation* 2008;1(4):363-9.

39. Antal A, Lang N, Boros K, Nitsche M, Siebner HR, Paulus W. Homeostatic metaplasticity of the motor cortex is altered during headache-free intervals in migraine with aura. *Cerebral cortex* 2008;18(11):2701-5.
40. 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. *Conduas práticas em fisioterapia neurológica*. Manole. São Paulo, p. 307-39, 2012.
41. Fregni F, Gimenes R, Valle AC, Ferreira MJ, Rocha RR, Natalle L, Bravo R, Rigonatti SP, Freedman S, Nitsche M, Pascual-Leone A, Boggio PS. A randomized, sham-controlled, proof of principle study of transcranial direct current stimulation for the treatment of pain in fibromyalgia. *Arthritis and Rheumatism* 2006; 54(12):3988-98.
42. Fregni F, Bossio PS, Brunoni AR. *Neuromodulação terapêutica: Princípios e avanços da estimulação cerebral não invasiva em neurologia, reabilitação, psiquiatria e neuropsicologia*. Sarvier. São Paulo; 2012.
43. Kashi D, Quadir S, Patel M, Yousif N, Bronstein AM. Enhanced locomotor adaptation aftereffect in the “broken escalator” phenomenon using anodal tDCS. *J Neurophysiol* 2012; 107(9):2493-2505.
44. Hummel F, Cohen L. Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke? *Lancet Neurol* 2006; 5(8):708-12.
45. Madhavan S, Weber KA, Stinear JW. Non-invasive brain stimulation enhances fine motor control of the hemiparetic ankle: implications for rehabilitation. *Exp Brain Res* 2011; 209(1):9-17.
46. Andrade AC, Magnavita GM, Allegro JV, Neto CE, Lucena RD, Fregni F. Feasibility of Transcranial Direct Current Stimulation Use in Children Aged 5 to 12 Years. *J Child Neurol* 2013; 29(10): 1360-5.
47. Garvey MA, Mall V. Transcranial magnetic stimulation in children. *Clin Neurophysiol* 2008; 119(5):973-84.

48. Vry J, Linder-Lucht M, Berweck S, Bonati U, Hodapp M, Uhi M, Faist M, Mall V. Altered cortical inhibitory function in children with spastic diplegia: a TMS study. *Exp Brain Res* 2008; 186(4):611-8.
49. Nezu A, Kimura S, Takeshita S, Tanaka M. Functional recovery in hemiplegic cerebral palsy: ipsilateral electromyographic responses to focal transcranial magnetic stimulation. *Brain Dev* 1999; 21(3):162-5.
50. Valle AC, Dionisio K, Pitskel NB, Pascual-Leone A, Orsati F, Ferreira MJ, Boggio PS, Lima MC, Rigonatti SP, Fregni F. Low and high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of spasticity. *Dev Med Child Neurol* 2007;49(7):534-8.
51. 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(8): e105777.
52. Lazzari RD, Politti F, Belina SF, Grecco LAC, Santos CA, Dumont AJL, Palma JB, Cimolin V, Galli M, Santos CS. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation Combined With Virtual Reality Training on Balance in Children With Cerebral Palsy: A Randomized, Controlled, Double-Blind, Clinical Trial. *Journal of Motor Behavior* 2017; 49(3):329-336.
53. Davis RB, Ounpuu S, Tyburski D, Gage JR, A gait analysis data collection and reduction technique. *Human Movement Science* 1991; 10(5): 575–587.
54. Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wooten ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res* 1990; 8(3): 383-92.
55. Ferrari A, Benedetti MG, Pavan E, Frigo C, Bettinelli D, Rabuffetti M, Crenna P, Leardini A. Quantitative comparison of five current protocols in gait analysis. *Gait Posture* 2008; 28(2): 207-16.
56. Baker R, McGinley JL, Schwartz M H, Beynon S, Rozumalski A, Graham HK, et al. The gait profile score and movement analysis profile. *Gait & Posture* 2009; 30(3):265–269.
57. Galli M, Cimolin V, Rigoldi C, Kleiner A, Condoluci C, Albertini G. Use of

- the gait profile score for the quantification of the gait pattern in down syndrome. *J Dev Phys Disabil* 2015;27(5):609-615.
58. Celletti C, Galli M, Cimolin V, Castori M, Tenore N, Albertini G, et al. Use of the gait profile score for the evaluation of patients with joint hypermobility syndrome/Ehlers–Danlos syndrome hypermobility type. *Research in Developmental Disabilities* 2013; 34(11): 4280–4285.
 59. Schweizer K, Romkes J, Coslovsky M, Brunner R. The influence of muscle strength on the gait profile score (GPS) across different patients. *Gait & Posture* 2014; 39(1): 80–85.
 60. Nobre A, Monteiro FF, Golin MO, Biasotto-Gonzalez D, Corrêa JC, Oliveira CS. Analysis of postural oscillation in children with cerebral palsy. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2010; 50(5):239-44.
 61. Feldman AB, Haley SM, Corvell J. Concurrent and construct validity of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory. *Phys. Ther* 1990; 70(10):602-10.
 62. Haley SM, Coster J, Faas RM. A content validity study of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory. *Pediatr. Phys Ther* 1991;3(4):177-84.
 63. Magnificat S, Dazord A. Évaluation de la qualité de vie de l'enfant: validation d'un questionnaire, premiers résultats. *Neuropsychiatr Enfance Adolesc* 1997;58(1):106-14.
 64. Ries LGK, Michaelsen Soares PSA, Monteiro VC, Allegretti KMG. Adaptação cultural e análise da confiabilidade da versão brasileira da Escala de Equilíbrio Pediátrica (EEP). *Rev Bras Fisioter* 2012, 16:205–215.
 65. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al., editors. *European recommendations for surface electromyography*. Enschede: Roessingh Research and Development; 1999.
 66. Homan RW, Herman J, Purdy P. Cerebral location of international 10-20 system electrode placement. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1987;66(4):376-82.

67. Auvichayapat N, Amatachaya A, Auvichayapat P. Reduction of Spasticity in Cerebral Palsy by Anodal Transcranial Direct Current Stimulation. *Journal of the Medical Association of Thailand* 2014; 97(1): 954-962.
68. Gillick BT, Feyma T, Menk J, Krach LE, Usset M, Vaith A, Worthington R. Safety and Feasibility of Transcranial Direct Current Stimulation in Pediatric Hemiparesis: A Randomized Controlled Pilot Study. *Physical therapy* 2014; 95(1): 337-49.
69. Grecco LAC, Duarte NAC, Mendonça ME, Cimolin V, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. 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(1): 2840-2848.
70. Liew SL, Santarnecchi E, Buch ER, Cohen LG. Non-invasive brain stimulation in neurorehabilitation: local and distant effects for motor recovery. *Frontiers in human neuroscience* 2014; 8(2): 378.
71. Eyre JA, Smith M, Dabydeen L, Clowry GJ, Petacchi E, Battini R, Cioni G. Is hemiplegic cerebral palsy equivalent to amblyopia of the corticospinal system? *Annals of neurology* 2007; 62(1): 493-503.
72. Holmstrom L, Vollmer B, Tedroff K, Islam M, Persson JKE, Kits A, Eliasson AC. Hand function in relation to brain lesions and corticomotor projection pattern in children with unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2010; 52(1): 145-152.
73. Islam M, Nordstrand L, Holmström L, Kits A, Forssberg H, Eliasson AC. Is outcome of constraint-induced movement therapy in unilateral cerebral palsy dependent on corticomotor projection pattern and brain lesion characteristics? *Developmental Medicine & Child Neurology* 2014; 56(3): 252-258.
74. Pihko E, Nevalainen P, Vaalto S, Laaksonen K, Mäenpää H, Valanne L, Lauronen L. Reactivity of sensorimotor oscillations is altered in children with hemiplegic cerebral palsy: a magnetoencephalographic study. *Human brain mapping* 2014; 35(1): 4105-4117.
75. Redman TA, Gibson N, Finn JC, Bremner AP, Valentine J, Thickbroom


- GW. Upper limb corticomotor projections and physiological changes that occur with botulinum toxin-A therapy in children with hemiplegic cerebral palsy. *European Journal of Neurology* 2008; 15(1): 787-791.
76. Van der Winckel Aa N, Verhage C, Groenendaal F, Vermeulen RJ, Bode S, Nieuwenhuizen O, Vries L. Neonatal neuroimaging predicts recruitment of contralesional corticospinal tracts following perinatal brain injury. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2013; 55(1): 707-712.
77. Wittenberg GF. Motor mapping in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2009; 51(1): 134-139.
78. Van der Aa N, Verhage C, Groenendaal F, Vermeulen RJ, Bode S, Nieuwenhuizen O, Vries L. Neonatal neuroimaging predicts recruitment of contralesional corticospinal tracts following perinatal brain injury. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2013; 55(1): 707-712.
79. Golomb MR, McDonald BC, Warden SJ, Yonkman J, Saykin AJ, Shirley B, Nwosu ME. In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 2010; 91(1): 1-8.
80. Lee JJ, Lee DR, Kyum Shin Y, Lee NG, Han BS, You SH. Comparative neuroimaging in children with cerebral palsy using fMRI and a novel EEG-based brain mapping during a motor task—A preliminary investigation. *NeuroRehabilitation* 2013; 32(2): 279-285.
81. Phillips JP, Sullivan KJ, Burtner PA, Caprihan A, Provost B, Bernitsky Beddingfield A. Ankle dorsiflexion fMRI in children with cerebral palsy undergoing intensive body weight supported treadmill training: a pilot study. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2007; 49(1): 39-44.
82. Mackey A, Stinear C, Stott S, Byblow WD. Upper limb function and cortical organization in youth with unilateral cerebral palsy. *Frontiers in neurology* 2014; 5(1):117.
83. Mackey A, Stinear C, Stott S, Byblow WD. Upper limb function and cortical organization in youth with unilateral cerebral palsy. *Frontiers in neurology* 2014; 5(1):117.
84. Wittenberg GF, Schaechter JD. The neural basis of constraint –induced

- movement therapy. *Current Opinion in Neurology* 2009; 22(6):582-8.
85. Abbruzzese G, & Trompetto C. Clinical and research methods for evaluating cortical excitability. *Journal of clinical neurophysiology* 2002; 19(1): 307-321.
86. Mackay-Lyons M. Central pattern generation of locomotion: A review of the evidence. *Physical Therapy* 2002; 82:69–83.
87. Morris ME, Iansek R, Smithson F, Huxham F. Postural instability in parkinson's disease: a comparison with and without a concurrent task. *Gait and Posture* 2000; 12(1): 205–216.
88. Marchese R, Diverio M, Zucchi F, Lentino C, Abbruzzese G. The role of sensory cues in the rehabilitation of parkinsonian patients: a comparison of twophysical therapy protocols. *Movement Disorders* 2000; 15(2): 879–883.
89. Klaus, J. et al. Visually induce gait deviations during different locomotion speeds. *Exp Brain Re* 2001; 141(11):3370-34.


7. Apêndices

7.1 Artigo Publicado

7.1.1 Artigo I



Journal of Motor Behavior




ISSN: 0022-2895 (Print) 1940-1027 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/xjmb20>



Motor Cortex Plasticity in Children With Spastic Cerebral Palsy: A Systematic Review


Natália de Almeida Carvalho Duarte, Luanda André Collange Grecco, Nelci Zanon, Manuela Galli, Felipe Fregni & Claudia Santos Oliveira



To cite this article: Natália de Almeida Carvalho Duarte, Luanda André Collange Grecco, Nelci Zanon, Manuela Galli, Felipe Fregni & Claudia Santos Oliveira (2017) Motor Cortex Plasticity in Children With Spastic Cerebral Palsy: A Systematic Review, Journal of Motor Behavior, 49:4, 355-364, DOI: [10.1080/00222895.2016.1219310](https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1219310)



To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/00222895.2016.1219310>

 Published online: 18 Oct 2016.

 Submit your article to this journal 

 Article views: 188

 View related articles 

 View Crossmark data 

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=xjmb20>

Download by: [177.66.70.44]

Date: 06 September 2017, At: 06:58

RESEARCH ARTICLE

Motor Cortex Plasticity in Children With Spastic Cerebral Palsy: A Systematic Review

Natália de Almeida Carvalho Duarte^{1,2}, Luanda André Collange Grecco^{1,2}, Nelci Zanon², Manuela Galli^{3,4}, Felipe Fregni⁵, Claudia Santos Oliveira¹

¹Rehabilitation Sciences, Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brazil. ²Pediatric Neurosurgical Center (CENEPE), São Paulo, Brazil. ³Department of Electronic Information and Bioengineering, Politecnico di Milan, Italy. ⁴IRCCS San Raffaele Pisana, Rome, Italy. ⁵Spaulding Neuromodulation Center, Department of Physical Medicine & Rehabilitation, Spaulding Rehabilitation Hospital, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts.

ABSTRACT. A review of the literature was performed to answer the following questions: Does motor cortex excitability correlate with motor function? Do motor cortex excitability and cortex activation change after a rehabilitation program that results in improvements in motor outcomes? Can the 10–20 electroencephalography (EEG) system be used to locate the primary motor cortex when employing transcranial direct current stimulation? Is there a hemispheric imbalance in individuals with cerebral palsy similar to what is observed in stroke survivors? The authors found there is an adaptation in the geometry of motor areas and the cortical representation of movement is variable following a brain lesion. The 10–20 EEG system may not be the best option for locating the primary motor cortex and positioning electrodes for noninvasive brain stimulation in children with cerebral palsy.

Keywords: cerebral palsy, child, motor cortex, transcranial direct current stimulation

There has been growing interest in noninvasive brain stimulation techniques combined with motor training for children with cerebral palsy. Although initial results seem encouraging, this field needs further development. One of the most important issues to address is the optimal anatomic and functional target. Recent studies investigating primary motor cortex plasticity in cerebral palsy may help enhance the functional effects of brain stimulation techniques (Auvichayapat, Amatachaya, & Auvichayapat, 2014; Duarte, Grecco, Galli, Fregni, & Oliveira, 2014; Gillick et al., 2014; Grecco, Duarte, et al., 2014; Grecco, Mendonça, et al., 2014).

Due to the important role of the pyramidal system in the control of voluntary movements, the primary motor cortex (M1) is one of the main target regions for noninvasive cerebral stimulation techniques, such as repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS; Liew, Santamocchi, Buch, & Cohen, 2014). The efficacy of these techniques resides in the stimulation strategy (i.e., the cortical target and stimulation parameters). Given the importance of understanding motor cortex plasticity in cerebral palsy to determine the optimal anatomic and functional target, it is important to analyze results from studies assessing the neurophysiology of the motor system in cerebral palsy.

Understanding the adaptive neurophysiology of movement will allow a clearer determination of the regions of the brain that should have plasticity increased or inhibited to enhance functional outcomes and minimize the consequences of maladaptive postinjury plasticity. Thus, the aim

of the present systematic review of the literature was to determine whether there is an adaptation pattern of corticomotor representations in children with cerebral palsy based on motor evoked potential (MEP) and cortex activation during the execution of movements assessed by functional resonance magnetic imaging (fMRI), considering topographic differences in motor impairment.

METHODS

Literature Search

A broad-scoped systematic review of the literature was performed to retrieve all relevant studies involving the evaluation of corticomotor representations in children with cerebral palsy through single-pulse TMS or fMRI. For such, searches were performed in the MEDLINE, Web of Science, and EMBASE databases using the following key words:

1. Regarding cerebral palsy: *cerebral palsy, brain lesion in children, non-progressive encephalopathy, delayed motor development, hemiparesis, diparesis, tetraparesis*; AND
2. Regarding TMS: *transcranial magnetic stimulation, motor threshold, motor evoked potential, motor mapping, brain stimulation*; AND
3. Regarding fMRI: *functional magnetic resonance imaging, magnetic resonance imaging, brain imaging*; AND
4. Regarding neuroanatomy and neurophysiology: *cerebral reorganization, corticospinal tract, cortical representation of movement, motor cortical projection, neurophysiology of movement, primary motor cortex, motor cortex*

The term *and/or* was used in each combination. Moreover, the reference section of the studies retrieved was analyzed to identify further potentially relevant publications.

During the study selection process, the titles and abstracts were analyzed by two independent researchers

Correspondence address: Natália de Almeida Carvalho Duarte, Rua Dr. Veiga Filho, 350, Higienópolis, CEP: 01229-001 – São Paulo, SP – Brazil. E-mail: natycarvalho_fisio@hotmail.com

N. de Almeida Carvalho Duarte et al.

blinded to each other's findings. In cases of divergence, a third researcher was asked to perform the analysis. When the title and abstract did not contain sufficient information for the decision regarding eligibility, the full text was read by the two researchers.

Selection Criteria

The following were the inclusion criteria: (a) articles published in English, (b) studies involving children and/or adolescents, (c) diagnosis of cerebral palsy prior to the onset of the study or during its development, (d) cerebral palsy due to a lesion of the pyramidal system, (e) studies involving fMRI during the execution of movements, and (f) studies published between January 2005 and December 2014. The following were the exclusion criteria: (a) studies involving animal models, (b) single case reports, (c) case series of complex brain lesions, (d) studies involving the exclusive evaluation of non-MEPs, (e) the use of motor evoked potential during neurosurgical procedures, (f) technical notes, and (g) feasibility, tolerance or safety studies.

Data Extraction

The following data were extracted: (a) metadata (e.g., authorship, year of publication), (b) demographics (e.g., sample size, age), (c) clinical and functional characteristics (topography of motor impairment, functional motor classifications, characteristic of lesion), (d) TMS administration parameters and results, (e) findings of fMRI exams, (f) motor function assessment tools and results, and (g) whether the study involved behavioral interventions, the objectives and parameters of the intervention, the results of the intervention, and its relationship with neurophysiological findings.

Qualitative Analysis

The full texts of the selected studies were read. For the analysis of the results, the focus was on responding to four main questions: (a) Does motor cortex excitability correlate with motor function (i.e., decreased excitability in the contralateral motor cortex is related to poor motor function)? (b) Do motor cortex excitability and cortex activation change after a rehabilitation program that results in improvements in motor outcomes? (c) Can the 10–20 electroencephalography (EEG) system be used to locate the primary motor cortex when employing tDCS (i.e., is there a displacement of primary motor cortex representation)? (d) Is there a bimispheric imbalance in cerebral palsy similar to what is observed in stroke subjects (thus, can the strategy of enhancing contralateral and inhibiting ipsilateral motor cortex excitability be used)? If one of these questions could not be responded due to a lack of data, we stated this in the review. Moreover, it should be considered that responses to these questions are based on some of the cases in one or two small studies and the results therefore need to be appropriately replicated.

Considerable heterogeneity was found. The main aspects of heterogeneity were chronological age, age at the time of the diagnosis of cerebral palsy, area of the lesion, follow-up time, outcome measures, study design (controlled or non-controlled), and intervention performed. The high degree of heterogeneity impeded any quantitative analysis. Thus, descriptive analysis was performed of the main findings, conclusions, and limitations of the studies selected.

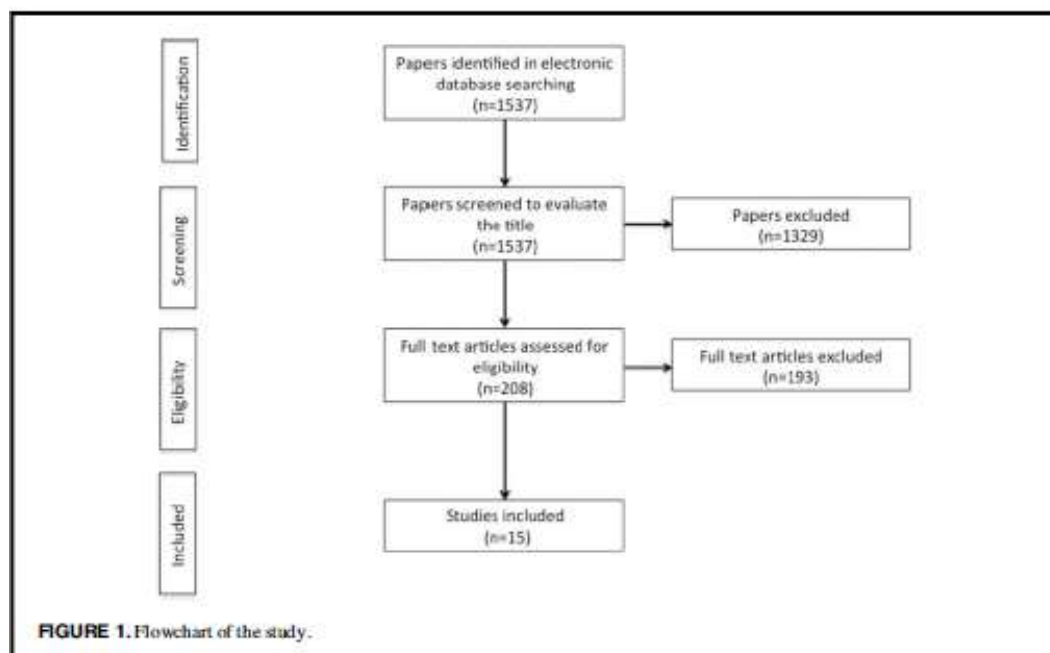
RESULTS

Employing the key words and publication date constraints described in the Methods section, a total of 1,537 articles were initially retrieved. After the analysis of the titles, 208 studies were selected for the reading of the abstracts. After the full-text analysis, a total of 15 studies were included in the present review (Figure 1). Studies involving the motor evoked potential evaluated using single-pulse TMS represented 60% ($n = 9$; Eyre et al., 2007; Holmstrom et al., 2010; Islam et al., 2014; Kesar et al., 2012; Pihko et al., 2014; Redman et al., 2008; Van de Winkel et al., 2013; Vry et al., 2008; Wittenberg, 2009) studies addressing activation of the corticospinal tract evaluated using fMRI accounted for 33.3% ($n = 5$; Dinomais et al., 2013; Golomb et al., 2010; Lee et al., 2013; Phillips et al., 2007; Van der Aa et al., 2013) and studies involving single-pulse TMS and fMRI accounted for 6.7% ($n = 1$; Mackey, Sünear, Stott, & Byblow, 2014) of the sample. Four studies evaluated the effect of interventions on these neurophysiological parameters (Eyre et al., 2007; Golomb et al., 2010; Kesar et al., 2012; Lee et al., 2013). Other evaluations involved scales for the quantification of motor function.

A total of 335 children and adolescents were analyzed, 249 of whom had a diagnosis of cerebral palsy (192 with hemiparesis, 56 with diparesis, and one with tetraparesis). The age of the participants ranged from newborn to 25 years old. The number of participants per study ranged from three to 71. Cross-sectional studies accounted for 70% ($n = 9$) and prospective studies accounted for 30% ($n = 5$). Among the prospective studies, three involved evaluations before and after the intervention and two also performed follow-up evaluations (Grecco, Mendonça, et al., 2014; Lee et al., 2013). One study involved a six-month follow up after the evaluation and one had a two-year follow-up period following birth. Tables 1 and 2 present summaries of the abstracts included in the present review.

Does Motor Cortex Excitability Correlate With Motor Function (i.e., Decreased Excitability in the Contralateral Motor Cortex Is Related to Poor Motor Function)?

TMS allows the evaluation of cortical excitability and cortical motor mapping. These assessments are important to the better understanding of brain adaptations secondary the cerebral palsy in clinical practice and research. To answer this question, we found six articles that used single-pulse TMS



and that addressed this question to some extent. In general, hemiplegic patients with ipsilateral motor cortical projections demonstrated poor motor abilities. Mackey et al. (2014) studied 20 patients with hemiplegic cerebral palsy (15 ± 3 years old). The authors analyzed the relationship among motor cortical reorganization, type of lesion, and upper limbs functional. The results demonstrated that patients with evidence of cortical reorganization and ipsilateral projections (five patients) had worse upper limb function. Moreover, this study shows that individuals with periventricular lesions tended to have a better upper limb function. Holmstrom et al. (2010) analyzed the correlation among motor cortical representations, lesion characteristics, and upper limb motor function in 17 children with low motor impairment (Manual Ability Classification System [MACS] level I and II). Motor projections to the hemiplegic hand were observed in the contralateral hemisphere ($n = 5$), ipsilateral hemisphere ($n = 6$), and bilaterally ($n = 6$). Better hemiplegic hand function was found in children with contralateral cortical motor representations and mild white-matter loss. In this sample, ipsilateral hand projection was associated with worse motor function, regardless of the type of brain damage. Pihko et al. (2014) studied 10 children with hemiplegic cerebral palsy using TMS. Among these patients, two exhibited contralateral hemisphere motor representation of the affected hand, five exhibited bilateral motor representation, and three exhibited ipsilateral projection. Worse manual ability (MACS) was found in children with ipsilateral projections (two children), but one child with

bilateral projections and one child with contralateral representation exhibited important motor impairment. Other important information in this study was that patients with cortico-subcortical lesions and ipsilateral representation demonstrated worse motor function than children with subcortical lesions. In another study, neonatal MRIs were consulted retrospectively to analyze the correlation between the involvement of the cortico-spinal trajectory, upper limb motor function and cortical motor projections in 18 patients with hemiparetic cerebral palsy (7–18 years old). Thirteen children had ipsilateral motor representation (eight bilateral and five ipsilateral). An increase in manual motor impairment was associated with ipsilateral projections ($r = 71$) and bilateral representations were correlated with good hand function (Assisting Hand Assessment score of 100% in four children and 87% in one child). The most interesting result of this study was that neonatal MRI showing asymmetries in the cortico-spinal tract was a predictor of ipsilateral projections and poor motor function in the upper limbs affect (Van der et al., 2013).

However, Wittenber et al. (2009) found that patients with diplegia and hemiplegia can present ipsilateral hand and ankle cortical representations as well as a variety of motor function levels. Ten children with spastic cerebral palsy (six diplegic, four hemiplegic; 9–16 years old) were analyzed in this study, including motor cortical mapping (first dorsal interosseus and tibialis anterior muscles) and motor function assessment (Gross Motor Function Measure-66 and Melbourne Assessment of Unilateral Upper

TABLE 1. The Parameters and Characteristics of the Studies.

Study	Sample	Evaluations	Outcomes
Mackey et al., 2014	N = 20 Hemiparetic CP Age: 12–25 years	Single-pulse TMS to evaluate integrity of corticospinal tract function (MEP and silent period) fMRI to evaluate type and extension of brain lesion Measures performed to evaluate correlation with upper limb function	Periventricular lesions correlated with better upper limb function; Evidence of cortex reorganization and functional ipsilateral projections for paretic hand related to poorer upper limb function; Deficits in intracortical and interhemispheric inhibition related to poorer upper limb function
Pihko et al., 2014	N = 24 12 hemiparetic CP 12 normal development Age: 11–17 years	Reactivity of oscillations of motor-sensory cortex for stimulation of median nerve Evoked somatosensory magnetic fields to evaluate somatosensory representation and mapped TMS to evaluate motor representation of paretic hand	In children with CP, suppression and recovery of alpha and beta oscillations lower after stimulation of hemisphere with lesion; In two of three children with ipsilateral motor representation, beta band absent in both hemispheres after stimulation of paretic hand—abnormal integration of sensorimotor network
Van der As et al., 2013	N = 37 Hemiparetic CP Age: 7–18 years	Neonatal MRI (retrospective evaluation) Assisting Hand Assessment to evaluate upper limb function TMS to evaluate type of corticomotor organization (contralateral and ipsilateral to lesion)	13 children with projections of paretic hand function ipsilateral to lesion; Projection ipsilateral to lesion related to diminished upper limb function; Asymmetries in corticospinal tract in neonatal MRI predictive of projection ipsilateral to lesion
Lee et al., 2013	N = 5 2 diparetic CP 1 hemiparetic CP 1 quadriparetic CP 1 normal development Age: 6–14 years	Novel EEB-based brain mapping system with fMRI during grasping motor task	All children with activation of somatosensory cortex; During execution of movement, activation of additional areas of cortex (pre-motor cortex and primary somatosensory cortex) in children with CP
Dinomais et al., 2013	N = 18 Hemiparetic CP Age: 6–10 years	fMRI to evaluate brain activation during passive movement with and without simultaneous observation of hand movement	Combination of passive movement and simultaneous observation of paretic hand movement resulted in greater number of activated areas of cortex. Primary motor cortex, bilateral somatosensory cortex, areas of visual and temporal cortex activated
Van de Winkel et al., 2013	N = 36 17 hemiparetic CP 19 normal development Age: 11–17 years	fMRI during active movement of hand opening and closing, passive movement of fingers (up and down) performed robotically and tactile stimulation on dorsal surface of hand	Activation of contralateral sensory-motor cortex during all tasks in children with CP and those with normal development; Additional activation of contralateral somatosensory cortex during passive movement; Ipsilateral cerebellum activation during all tasks in children with normal development; Ipsilateral cerebellum activation and additional activation of ipsilateral somatosensory cortex only during active movements in children with CP
Kesar et al., 2012	N = 13 7 hemiparetic CP 6 diparetic CP Age: 9–16 years	TMS to create motor cortex map of representation of first dorsal interosseus and tibialis anterior muscles	Motor cortex map of children with hemiparesis demonstrated projection ipsilateral to lesion in 4, contralateral in 2 and bilateral in 1 case. Motor cortex map of children with diparesis demonstrated contralateral representation of hand in 4 and bilateral in 2 cases. Lateralization of motor representation of both muscles analyzed; Lateralization of representation of first dorsal interosseus muscle associated with poorer motor function in hand of children with diparesis

(Continued on next page)

TABLE 1. The Parameters and Characteristics of the Studies. (Continued)

Study	Sample	Evaluations	Outcomes
Holmstrom et al., 2010	N = 17 Hemiparetic CP Age: 7–16 years	MRI to evaluate type, location, and extension of lesion Single-pulse TMS to evaluate abductor pollicis brevis muscles Box and blocks test and Assisting Hand Assessment to evaluate upper limb motor function	Poorer motor function in children with projections ipsilateral to lesion; White substance lesions with mild loss and projections contralateral to lesion favorable to better upper limb motor function; Extension and location of lesion influenced motor projection pattern of hand
Wittenberg, 2009	N = 10 6 diparetic CP 4 hemiparetic CP Age: 9–16 years	Single-pulse TMS to evaluate first dorsal interosseus and tibialis anterior muscles Gross Motor Function Measure-66 and Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function to evaluate motor function	Affected hemisphere may or may not have projection of contralateral limbs, but has no projection of ipsilateral limbs. Non-affected hemisphere may have bilateral projection of limbs. Projections ipsilateral to lesion may occur in children with diparesis or hemiparesis. Superior motor neuron had bilateral corticospinal projection.
Vry et al., 2008	N = 37 15 periventricular leukomalacia and diparetic CP 22 normal development Age: 4–16 years	Single-pulse TMS to evaluate right tibialis anterior muscle Evaluation of corticospinal integrity through central motor conduction time and amplitude of motor evoked potentials Evaluation of cortical inhibitory interneurons through postexcitatory silent period	No significant difference in corticospinal tract function between children with brain lesion and healthy controls; Silent period significantly shorter in children with brain lesion
Eyre et al., 2007	N = 71 14 hemiparetic CP 25 diparetic CP 32 normal development Age: 1.5 months to 2 years	Single-pulse TMS to evaluate MEP of biceps and first dorsal interosseus muscles performed soon following birth and every three months until two years of life MRI to compare growth of corticospinal tract	Children with hemiparesis initially exhibited response to TMS, but response became progressively abnormal and was lost at the end of the study in 7 children (50% of cases). Children with diparesis exhibited responses to TMS in both hemispheres. Results obtained by TMS early after brain lesion incapable of predicting motor impairment; Loss of response to TMS related to impairment severity; MRI demonstrated hypertrophy of corticospinal tract ipsilateral to lesion

Limb Function). Similar results were demonstrated in a study by Kesar et al. (2012). Seven children with hemiparetic (four children with ipsilateral, two with contralateral, and one with bilateral representations) and six patients with diparetic cerebral palsy (four with contralateral and two with bilateral projections) were evaluated to map motor cortical representations (first dorsal interosseus and tibialis anterior muscles) and motor function (Gross Motor Function Measure and Melbourne Upper Extremity Function). The results demonstrated a variety of motor scores in all types of cortical representations (ipsilateral, contralateral and bilateral). These findings suggest that motor impairment is not determined by the motor cortical representation pattern, as patients with similar motor function and clinical classification can exhibit different motor cortical organization following a brain lesion.

Therefore, the evidence seems to suggest that ipsilateral motor cortical representations have an important correlation

with worse motor function in the upper and lower limbs. Patients with hemiplegic and diplegic cerebral palsy may have ipsilateral projections of the affected muscles. In studies involving participants with hemiplegia and diplegia, there may be no pattern of cortical motor representations. Both clinical subtypes may have ipsilateral, contralateral or bilateral projections. Thus, further studies are needed to gain a better understanding of the characteristics of the lesion and brain adaptations that result in the different types of motor cortical representations.

Do Motor Cortex Excitability and Cortex Activation Change After a Rehabilitation Program that Results in Improvements in Motor Outcomes?

Four studies employed a cross-sectional design and involved the evaluation of cortex activity during active or passive hand movements. In the study that analyzed passive

TABLE 2. The Design, Evaluations, and Results of Studies Reporting Interventions.

Study	Sample	Intervention	Evaluations	Results
Islam et al., 2014	N = 16 Hemiparetic CP Age: 8–18 years	All participants received two weeks (63 hr) of constraint-induced movement therapy	Single-pulse TMS to evaluate MEP of abductor pollicis brevis and first dorsal interosseous muscles MRI to evaluate characteristics of brain lesion Upper limb function evaluated before and after intervention using Jebsen-Taylor Hand Function, Assisting Hand Assessment and Melbourne Assessment	Six children exhibited projection ipsilateral to lesion, five had mixed projections and two had projection contralateral to lesion. After intervention, improvement in upper limb function detected by two functional scales; Improvement in upper limb function in all types of corticomotor projections
Golomb et al., 2010	N = 3 Hemiparetic CP Age: 13–15 years	All children performed 30 min of upper limb motor training with virtual reality video game-based rehabilitation systems at home five times a week	Children evaluated before and after intervention protocol using functional scales (Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency and Jebsen Hand Function Test), peripheral quantitative computed tomography and fMRI of hand grip task	Improvement in function of paretic upper limb and spatial expansion of primary motor cortex and cerebellum activation upon movement of paretic hand in all three participants
Redman et al., 2008	N = 22 Hemiparetic CP Age: 7–14 years	Experimental (n = 12): received BTX-A in upper limb Control (n = 10): did not receive BTX-A in upper limb	Single-pulse TMS before and 1, 3, and 6 months after BTX-A to evaluate changes in projection of first dorsal interosseous muscle in affected and non-affected hemisphere	Changes in projection of affected and nonaffected hemisphere in both groups, with no significant difference between groups; Low tolerance to TMD (> 80%)
Phillips et al., 2007	N = 6 4 hemiparetic CP 2 diparetic CP Age: 6–14 years	All participants received intensive body weight-supported treadmill training twice a day for two weeks	Three children underwent fMRI before and after intervention (active ankle dorsiflexion and finger tapping of uninvolved hand); Dimension E of GMFM, 10-m walk test and 6-min walk test performed before and after intervention	Improvements in gait velocity, but not in physical fitness; fMRI demonstrated increase in cortex activation in all three children. Considerable change in activation of motor supplementary area; Greater change in cortex activation in primary motor cortex contralateral to lesion (children) and bilateral supplementary motor area (1 child)

movements of the paretic hand with and without the combination of the observation of hand movement, the findings demonstrated that the observation demonstrated the activation of a greater number of areas of the cortex, as the authors had expected. Besides the primary motor cortex and bilateral somatosensory cortex, areas of the visual and temporal cortex were also activated during the task (Dinno-mais et al., 2013). In the study that combined an EEG-based brain mapping system with fMRI on four children with cerebral palsy with different types of motor impairment topography, the children demonstrated greater activation of additional areas of the brain, such as the somatosensory cortex and premotor cortex, during a grasping task (Lee et al., 2013).

A prospective study that employed fMRI analyzed cortex activation before and after intensive body weight-

supported treadmill training (twice a day for two weeks) in three children with cerebral palsy. Intensive training resulted in changes in the areas of cortex activation, especially in the bilateral motor supplementary area. Moreover, an increase was found in the activation of the primary motor cortex contralateral to the lesion (Phillips et al., 2007). Another study compared children with hemiparesis and healthy controls during active movements of opening and closing the hand and passive movements of the fingers performed robotically and found that children with cerebral palsy demonstrate additional recruitment of areas of the somatosensory cortex and cerebellum ipsilateral to the movement as well as greater cortex activation during passive movements of the fingers (Van der Winckel et al., 2013). Greater activation of these regions was also found in three adolescents with hemiparesis following an intensive

upper limb training protocol involving the use of virtual reality video game-based rehabilitation systems (Golomb et al., 2010).

Can the 10–20 EEG System be Used to Locate the Primary Motor Cortex When Employing tDCS (i.e., Is There a Displacement of Primary Motor Cortex Representation)?

We found two articles showing a displacement of primary motor cortex representation. Motor cortical mapping was assessed in children with diplegia and hemiplegia. The studies reveal a variety of abnormalities in the motor cortex geometry. Willinger et al. (2009) demonstrated that some patients with diplegia ($n = 2$) had crossed hand and ankle maps. The normal distance between hand and ankle representation is at least 4 cm, but, apparently, there is a lateralization and an approximation of the motor map of the upper and lower limbs in children with cerebral palsy. The authors suggest that the compensatory changes of the hand and ankle maps resulted in an insufficient space to prevent overlap of these usually very distinctly represented body parts. These findings were confirmed in a study by Kesar et al. (2012), in which 13 children (hemiplegic $n = 7$ and diplegic $n = 6$) were evaluated and the results demonstrated that the first dorsal interosseus muscle representation from vertex varied from 2 to 8 cm. The MEP of the tibialis anterior muscle was not elicited in nine patients. Tibialis anterior muscle projection ranged from 3.1 to 5.8 cm in four patients (three hemiplegic and one diplegic). The authors found an approximation between tibialis anterior and first dorsal interosseus muscle representations, with distances ranging from 0.37 to 2.87 cm. Moreover, six patients exhibited bilateral first dorsal interosseus projections, with the distance between the hemispheres ranging from 0.05 to 0.64 cm.

Although the number of patients studied was small, thereby limiting the conclusions, there is apparently a displacement of primary motor cortex representation in children with cerebral palsy. This information needs to be confirmed in future studies involving a larger sample of subjects. However, if these preliminary findings are true, the 10–20 EEG system is not effective in locating the target motor area for noninvasive brain stimulation in children with cerebral palsy. Another important aspect relates to the approximation of upper and lower limb representations. The crossing of these muscle representations observed in some of the cases studied also limits the specificity of stimulation.

Is There a Bihemispheric Imbalance in Cerebral Palsy Similar to What is Observed in Stroke Subjects (Thus, Can the Strategy of Enhancing Contralateral and Inhibiting Ipsilateral Motor Cortex Excitability Be Used)?

Based on the studies included in the present review, it is not possible to answer this question with specificity.

Apparently, children with cerebral palsy have an adaptive cerebral process following a complex lesion, involving changes in the geometry of the cortical areas responsible for the control of movement and cortical representations that can be ipsilateral, contralesional, or bilateral.

Studies need to be developed to clarify whether the bihemispheric imbalance exhibited in stroke survivors also occurs in children with cerebral palsy. However, based on the present review of the literature, motor cortical representations have a stronger relationship with motor prognosis than a probable bihemispheric imbalance. For the adequate planning of the tDCS montage with the aim of optimizing motor functions in children with cerebral palsy, it would be of interest to consider the hemispheric representation of the corresponding movement to enhance the results of the rehabilitation process. However, this hypothesis needs to be tested in future studies.

DISCUSSION

Based on the results of the present review, there is little evidence to explain the process of motor cortical adaptation in cerebral palsy. We found that there is an adaptation in the geometry of motor areas and that the cortical representation of movement is variable following a brain lesion, independently of whether the lesion is unilateral or bilateral. Moreover, the studies suggest that the bilateral cortical representation of movement is associated with a poorer motor prognosis. These data suggest that the 10–20 EEG system may not be the best option for locating the primary motor cortex and position the electrodes for noninvasive brain stimulation in children with cerebral palsy. Thus, the use of TMS is needed for the adequate location of the motor area. There is insufficient evidence for the use of transcranial stimulation in cerebral palsy based on the cerebral adaptation following a lesion in adult stroke survivors, which involves a bihemispheric imbalance (inhibiting the hemisphere contralateral to the lesion and stimulating the ipsilateral hemisphere).

Considering cerebral adaptation following a lesion, the age of the child during the evaluation of the cortical motor projection pattern is important and may assist in explaining how and when adaptive processes occur in cerebral palsy. However, most studies included in the present review involved individuals older than 6 years old (age range: 2–25 years old). Only one study involved evaluations of 2-year-old children and it is not possible to obtain further information on the development of cerebral adaptations in the first years of life of children with cerebral palsy. In the study cited, children were evaluated with regard to evoked motor potential every three months until completing 2 years of age. The findings demonstrate that children with hemiparesis have an abnormal TMS response, with the absence of evoked motor potential in 50% of cases until the end of the second year of life. The authors demonstrate that the adaptation process is gradual following an early brain

N. de Almeida Carvalho Duarte et al.

lesion and that the TMS response is related to the severity of the deficiency, but a TMS evaluation in the early phases is not capable of preventing motor deficit. This is important information that needs to be confirmed in further studies, which would allow the use of TMS as a routine exam in an attempt to facilitate the prognosis and identification of the most effective strategies aimed at minimizing the process of maladaptive plasticity following a brain lesion.

Knowledge on the neurophysiology of motor control has been guiding the motor rehabilitation process of children with cerebral palsy. However, for the use of noninvasive brain stimulation techniques, it is also necessary to have knowledge on neuroplastic adaptations secondary to the brain lesion. Since these methods are dependent on the positioning of the electrodes or coil over a specific area of the cortex, it is important to ensure that the site where the stimulation will be performed actually represents the target corticomotor projection and carefully analyze what areas facilitate (stimulate) or inhibit cortex activity. For instance, understanding the compensatory mechanisms following a brain lesion has directed the effectiveness of transcranial stimulation in stroke survivors. There are currently three promising possibilities of cortex neuromodulation with the aim of improving voluntary motor function in patients with a unilateral brain lesion: stimulation of MI ipsilateral to the lesion, inhibition of MI contralateral to the lesion and a combination of both techniques. However, this is not yet sufficient evidence in the literature to guide the ideal positioning of the electrodes in patients with cerebral palsy.

The present systematic review demonstrates the occurrence of an adaptation in the cortical representation of the corticospinal tract in children with cerebral palsy, with a frequent ipsilateral projection of the control of movement and even bilateral projections. When a corticomotor projection is observed in the hemisphere contralateral to the movement, an apparently lateral displacement occurs. During the execution of active or passive movements, additional areas of the cortex are activated that are not commonly activated in children with normal development during the execution of the same motor task. These findings suggest that if noninvasive brain stimulation techniques are guided by the 10–20 EEG System, there is a very likely risk of stimulating an area that does not represent the area of the projection of the movement or that the effects will be related to the nonfocality of the current.

TMS allows evaluating different neurophysiological parameters, such as intracortical and interhemispheric inhibition. The measures are evaluated through the silent cortical period and ipsilateral silent period (Mackey et al., 2014). In the silent period, transitory suppression of muscle action potential occurs after the induction of the motor evoked potential by TMS (Sakzewski, Ziviani, & Boyd, 2009) and reflects the activity of GABA_B-ergic cortical inhibitory mechanisms (Abbruzzese & Trompetto, 2002; Mackey et al., 2014). Only two studies included in the present review analyzed cortical inhibitory function and both found a significant reduction in the silent

period in children with cerebral palsy. Despite the small number of studies involving this variable in children, a reduction in the silent period is often described in patients with brain lesions involving movement disorders, such as stroke and dystonia (Dinomais et al., 2013; Liepert, Restemeyer, Kucinski, Zittel, & Weiller, 2005; Niehaus, von Alt-Stutterheim, Röricht, & Meyer, 2001). In a recent study, Mackey et al. (2014) found that an intact silent period is correlated with better upper limb motor function in children with hemiparetic cerebral palsy. This is an important finding to consider when the aim is to use neuromodulation techniques through transcranial stimulation. It is necessary to understand how a brain lesion in early life affects intracortical and interhemispheric inhibitory mechanisms before employing a neuromodulation technique (Avanzino, Teo, & Rothwell, 2007; Lee et al., 2013). Noninvasive brain stimulation techniques allow intervening in cortex excitability and influencing interhemispheric inhibition mechanisms in an attempt to re-establish neurophysiological balance and optimize functions. Thus, evaluations using TMS should be widely performed involving motor evoked potential as well as all other variables offered by the technique. Such concepts should be explored in future studies involving children with cerebral palsy (not only in cases of hemiparesis) in order to contribute to the establishment of neuromodulation protocols that potentiate the results of motor rehabilitation in this population.

The reorganization of cortex function is believed to be fundamental to the acquisition of motor functions. In general, remaining areas take on the function of injured areas. A classic example of how reorganization favors functionality is seen in cases of infants that have undergone disconnection of the hemispheres for the treatment of hard-to-control convulsive syndromes. Despite having only one hemisphere of the brain functioning, if surgery is performed early enough, the child can lead a functional life with quality, acquiring important motor skills, such as gait, which is a motor function that requires bilateral brain control under normal conditions. However, when considering the clinical applicability of noninvasive brain stimulation, one of the main goals of such techniques should be to minimize the process of maladaptive plasticity and the dysfunctional reorganization of brain activity. Motor therapy is performed to enhance motor learning. When training a specific motor task, this task is processed in areas of the cortex and the learning process is reinforced by repeatedly activating a cortex circuit. If cortex functioning is appropriate, it will be reinforced. For instance, if a child is trained to open and close the paretic hand during a session of physical therapy and the corticomotor area responsible for this function has representation ipsilateral to the movement, the training of the tasks will likely reinforce this projection. One may imagine the applicability of tDCS and suggest that cathodal stimulation over the area of corticomotor projection ipsilateral to the movement will diminish the activity of the area, whereas anodal stimulation over the motor area contralateral to the movement will enhance cortex excitability in

this region. Thus, motor training can be performed as tDCS contributes to more functional corticomotor processing.

Functional magnetic resonance during motor tasks can demonstrate changes in the areas and direction of cortex activation in children with cerebral palsy (Mackey et al., 2014). The present review clearly shows that there is little specific evidence of corticomotor function in these children. It is not yet possible to gain a precise understanding of the compensatory mechanisms of cortex activation for the movement of paretic limbs following damage to the pyramidal system in the first two years of life. Studies involving fMRI allow a visual and quantitative evaluation of areas of the cortex activated before, during and after guided motor activities, thereby allowing a comparative analysis of brain activation during activities performed with the paretic and non-paretic limb. The studies included in this review suggest the following aspects in children with cerebral palsy: (a) an important role of the activation of motor areas ipsilateral to the lesion; (b) movement in some cases is performed through bilateral corticomotor control; (c) the activation of additional areas of the brain occurs, such as motor supplementary areas, the pre-motor cortex and the somatosensory cortex, during the execution of an active or even passive movement of the paretic limb; (d) there seems to be an important role of the cerebellum in the execution of movements; and (e) intensive motor training (gait training for the lower limbs and virtual reality training for the upper limbs) optimizes cortex activation in these children. However, the studies analyzed did not involve medium-term and long-term follow up, which limits the discussion on whether such changes are lasting.

There are important limitations in knowledge regarding corticomotor representations and functional activation of the brain during upper limb functions in children with cerebral palsy. Specifically with regard to fMRI, reports on neuroplasticity during the gait rehabilitation process and brain functioning during specific lower limb movements in children with cerebral palsy are restricted to the study conducted by Phillips et al. (2007). It is likely that this restricted information is due to the difficult access to fMRI and limitations regarding the control of the task during the exam. The results of the study cited are of extreme importance, although the investigation only involved three children. The authors point out the possibility of evaluating the functional activation of the brain using fMRI during specific ankle movements. Moreover, the findings raise the hypothesis that intensive gait training enhances cortex activation contralateral to the member executing the movement, resulting in a more physiological cortex activation pattern, as most studies summarized in the present review demonstrate an important correlation between projections ipsilateral to the movement and worse motor performance.

Another interesting aspect raised in the study cited was that the two participants with subcortical lesions exhibited important cortex activation contralateral to the movement in comparison to the other participant, who had had a cortical stroke. Is it possible that the neuroplasticity and

neurorehabilitation potential in children with cerebral palsy is related to the location of the injury, considering cortical and subcortical lesions? If this is confirmed in future studies with larger samples, this finding will become fundamental to the planning and indication of interventions, such as non-invasive brain stimulation. Is it possible that subcortical lesions also reflect in better results with regard to noninvasive stimulation? As the current is not capable of reaching a considerable depth in the brain when a technique such as tDCS is employed due to the dispersal of the current in the skull and cerebral fluid, the presence of intact neurons in the cortex region may be required to obtain an adequate effect of the stimulation. This aspect should be clarified in future studies to allow the optimization of the effects of noninvasive brain stimulation.

The combination of resources for the evaluation of neurophysiology and brain function and the use of noninvasive brain stimulation techniques involving TMS, fMRI, and brain mapping seems to have a promising future. However, many of these techniques are only viable on older children and adults, as they require the understanding and cooperation of the patient. For instance, fMRI requires a child to understand the motor function that is being evaluated and cooperate so that the exam can be conducted adequately. Considering the different types of motor impairment, we are still far from being able to suggest with conviction the mechanism of adaptive neuroplasticity following the lesion in cerebral palsy or the ideal methods for the evaluation of the neurophysiological factors and how to plan a noninvasive brain stimulation protocol for this population with certainty of its effectiveness.

As final considerations, it should be stressed that a generalization of the findings in this review is not possible due to the small number of samples and considerable variability in the evaluation methods and aspects analyzed. The adaptive plastic mechanisms in cerebral palsy are apparently related to the area and location of the lesion. The representation of the corticospinal tract, evaluated through the motor evoked potential, and both intracortical and interhemispheric inhibition, evaluated through the silent period, are apparently significantly altered following a brain lesion at an early age (up to 2 years old), especially in cases of unilateral lesions. In general, children with hemiparesis develop a corticomotor projection ipsilateral to the movement. Moreover, children with cerebral palsy demonstrate a different functional cortex activation pattern in comparison with children with normal development, involving the activation of additional areas of the cortex, such as the somatosensory cortex and cerebellum. Further studies are needed to clarify and confirm the findings of the present systematic review.

Funding

The authors gratefully acknowledge financial support from the Brazilian fostering agencies Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

N. de Almeida Carvalho Duarte et al.

(CAPES), and Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPESP - 2015/14952-9). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

REFERENCES

- Abbruzzese, G., & Trompetto, C. (2002). Clinical and research methods for evaluating cortical excitability. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *19*, 307–321.
- Auvichayapat, N., Amatschaya, A., & Auvichayapat, P. (2014). Reduction of spasticity in cerebral palsy by anodal transcranial direct current stimulation. *Journal of the Medical Association of Thailand*, *97*, 954–962.
- Avanzino, L., Teo, J. T. H., & Rothwell, J. C. (2007). Intracortical circuits modulate transcallosal inhibition in humans. *The Journal of Physiology*, *583*, 99–114.
- Dinomais, M., Clinier, E., Lignon, G., Richard, I., Ter Minassian, A., & Tich, S. N. T. (2013). The effect of video-guidance on passive movement in patients with cerebral palsy: fMRI study. *Research in Developmental Disabilities*, *34*, 3487–3496.
- Duarte, N. A. C., Grecco, L. A. C., Galli, M., Fregni, F., & Oliveira, C. S. (2014). 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*, *9*, e105777.
- Eyre, J. A., Smith, M., Dabhydeen, L., Clowry, G. J., Petocchi, E., Battini, R., ... Cioni, G. (2007). Is hemiplegic cerebral palsy equivalent to a myelopathy of the corticospinal system? *Annals of Neurology*, *62*, 493–503.
- Gillick, B. T., Feyma, T., Menk, J., Krach, L. E., Usset, M., Vaidh, A., ... Worthington, R. (2014). Safety and feasibility of transcranial direct current stimulation in pediatric hemiparesis: A randomized controlled pilot study. *Physical Therapy*, *95*, 337–49.
- Golomb, M. R., McDonald, B. C., Warden, S. J., Yonkman, J., Saykin, A. J., Shirley, B., ... Nwosu, M. E. (2010). In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *91*, 1–8. e1.
- Grecco, L. A. C., Duarte, N. A. C., Mendonça, M. E., Cimolin, V., Galli, M., Fregni, F., & Oliveira, C. S. (2014). Transcranial direct current stimulation during treadmill training in children with cerebral palsy: A randomized controlled double-blind clinical trial. *Research in Developmental Disabilities*, *35*, 2840–2848.
- Grecco, L. A. C., Mendonça, M. E., Duarte, N. A. C., Zanon, N., Fregni, F., & Oliveira, C. S. (2014). Transcranial direct current stimulation combined with treadmill gait training in delayed neuro-psychomotor development. *Journal of Physical Therapy Science*, *26*, 945.
- Holmstrom, L., Vollmer, B., Tedroff, K., Idam, M., Persson, J. K. E., Kits, A., ... Eliasson, A. C. (2010). Hand function in relation to brain lesions and corticomotor-projection pattern in children with unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *52*, 145–152.
- Islam, M., Nordstrand, L., Holmström, L., Kits, A., Forsberg, H., & Eliasson, A. C. (2014). Is outcome of constraint-induced movement therapy in unilateral cerebral palsy dependent on corticomotor projection pattern and brain lesion characteristics? *Developmental Medicine & Child Neurology*, *56*, 252–258.
- Kesar, T. M., Sawaki, L., Burdette, J. H., Cabrera, M. N., Kolaski, K., Smith, B. P., ... Wittenberg, G. F. (2012). Motor cortical functional geometry in cerebral palsy and its relationship to disability. *Clinical Neurophysiology*, *123*, 1383–1390.
- Lee, J. J., Lee, D. R., Kyum Shin, Y., Lee, N. G., Han, B. S., & You, S. H. (2013). Comparative neuroimaging in children with cerebral palsy using fMRI and a novel EEG-based brain mapping during a motor task—A preliminary investigation. *Neuro-Rehabilitation*, *32*, 279–285.
- Liepert, J., Restemeyer, C., Kucinski, T., Zittel, S., & Weiller, C. (2005). Motor strokes the lesion location determines motor excitability changes. *Stroke*, *36*, 2648–2648.
- Liew, S. L., Santarnecchi, E., Buch, E. R., & Cohen, L. G. (2014). Non-invasive brain stimulation in neurorehabilitation: local and distant effects for motor recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 378.
- Mackey, A., Smeur, C., Stott, S., & Byblow, W. D. (2014). Upper limb function and cortical organization in youth with unilateral cerebral palsy. *Frontiers in Neurology*, *5*, 117.
- Niehaus, L., von Alt-Stutterheim, K., Rürich, S., & Meyer, B.-U. (2001). Abnormal postexcitatory and interhemispheric motor cortex inhibition in writer's cramp. *Journal of Neurology*, *248*, 51–56.
- Phillips, J. P., Sullivan, K. J., Burtner, P. A., Caprihan, A., Provoost, B., & Bernitsky-Beddingfield, A. (2007). Ankle dorsiflexion fMRI in children with cerebral palsy undergoing intensive body-weight-supported treadmill training: a pilot study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *49*, 39–44.
- Pihko, E., Nevalainen, P., Vaalio, S., Laaksonen, K., Mäenpää, H., Valame, L., & Lauronen, L. (2014). Reactivity of sensorimotor oscillations is altered in children with hemiplegic cerebral palsy: a magnetoencephalographic study. *Human Brain Mapping*, *35*, 4105–4117.
- Redman, T. A., Gibson, N., Finn, J. C., Bremner, A. P., Valentine, J., & Thickbroom, G. W. (2008). Upper limb corticomotor projections and physiological changes that occur with botulinum toxin-A therapy in children with hemiplegic cerebral palsy. *European Journal of Neurology*, *15*, 787–791.
- Sakzewski, L., Ziviani, J., & Boyd, R. (2009). Systematic review and meta-analysis of therapeutic management of upper-limb dysfunction in children with congenital hemiplegia. *Pediatrics*, *123*, e1111–e1122.
- Van de Winkel, A., Klingels, K., Bruyninckx, F., Wenderoth, N., Peeters, R., Sunaert, S., ... De Weerd, W. (2013). How does brain activation differ in children with unilateral cerebral palsy compared to typically developing children, during active and passive movements, and tactile stimulation? An fMRI study. *Research in Developmental Disabilities*, *34*, 183–197.
- Van der Aa, N., Verhage, C., Groenendaal, F., Vermeulen, R. J., Bode, S., Nieuwenhuizen, O., & Vries, L. (2013). Neonatal neuroimaging predicts recruitment of contralesional corticospinal tracts following perinatal brain injury. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *55*, 707–712.
- Vry, J., Linder-Lucht, M., Berweck, S., Bonati, U., Hodapp, M., Uhl, M., ... Mall, V. (2008). Altered cortical inhibitory function in children with spastic diplegia: a TMS study. *Experimental Brain Research*, *186*, 611–618.
- Wittenberg, G. F. (2009). Motor mapping in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *51*, 134–139.

Received February 22, 2016

Revised April 19, 2016

Accepted June 23, 2016

8. Anexos

8.1 Aprovação do Comitê de ética

 <p>UNINOVE Universidade Nove de Julho</p>	<p>UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE</p>	 <p>Plataforma Brasil</p>												
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP														
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA														
Título da Pesquisa: EFEITOS DAS DIFERENTES MONTAGENS DA TDCS NA FUNCIONALIDADE DE CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL DO TIPO HEMIPARESIA ESPÁSTICA: ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO, PLACEBO-CONTROLADO E DUPLO CEGO.														
Pesquisador: Natália de Almeida Carvalho Duarte														
Área Temática:														
Versão: 1														
CAAE: 28657714.7.0000.5511														
Instituição Proponente: ASSOCIACAO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO														
Patrocinador Principal: ASSOCIACAO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO FUNDACAO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SAO PAULO														
DADOS DO PARECER														
Número do Parecer: 575.509														
Data da Relatoria: 31/03/2014														
Apresentação do Projeto:														
Trata-se de um estudo que pretende verificar os efeitos de diferentes montagens da estimulação transcraniana por corrente contínua (TDCS) no córtex motor primário, associada ao treino de marcha sobre a funcionalidade de crianças com paralisia cerebral (PC) do tipo hemiparesia espástica.														
Objetivo da Pesquisa:														
Verificar os efeitos de diferentes montagens da estimulação transcraniana por corrente contínua (TDCS) no córtex motor primário, associada ao treino de marcha sobre a funcionalidade de crianças com paralisia cerebral (PC) do tipo hemiparesia espástica.														
Avaliação dos Riscos e Benefícios:														
Riscos:														
Os riscos são mínimos. Alguns estudos relatam: coceira, ardência e vermelhidão no local da estimulação transcraniana.														
Benefícios:														
A estimulação transcraniana pode potencializar os efeitos do treino motor, além de manter essa atividade modulada por um maior tempo.														
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">Endereço: VERGUEIRO nº 235/249</td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td>Bairro: LIBERDADE</td> <td>CEP: 01.504-001</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UF: SP</td> <td>Município: SAO PAULO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Telefone: (11)3385-9197</td> <td>E-mail: comitadeetica@uninove.br</td> <td></td> </tr> </table>			Endereço: VERGUEIRO nº 235/249			Bairro: LIBERDADE	CEP: 01.504-001		UF: SP	Município: SAO PAULO		Telefone: (11)3385-9197	E-mail: comitadeetica@uninove.br	
Endereço: VERGUEIRO nº 235/249														
Bairro: LIBERDADE	CEP: 01.504-001													
UF: SP	Município: SAO PAULO													
Telefone: (11)3385-9197	E-mail: comitadeetica@uninove.br													
Página 01 de 02														



UNIVERSIDADE NOVE DE
JULHO - UNINOVE



Continuação do Parecer: 575.508

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Do ponto de vista ético não há impedimentos para que a pesquisa seja realizada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão adequados.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

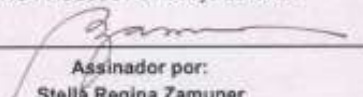
Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Os termos de apresentação obrigatória estão adequados. Projeto aprovado.

SAO PAULO, 31 de Março de 2014


Assinador por:
Stella Regina Zamuner
(Coordenador)

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249

Bairro: LIBERDADE

CEP: 01.504-001

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3385-9197

E-mail: comfedeetica@uninove.br

8.2 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Termo de Consentimento para Participação em Pesquisa Clínica

Nome do Voluntário: _____
Endereço: _____
Telefone para contato: _____ Cidade: _____ CEP: _____
Email: _____

1. As informações contidas neste prontuário foram fornecidas pela aluna Natália de Almeida Carvalho Duarte (Mestranda da Universidade Nove de Julho), Prof^a. Claudia Santos Oliveira objetivando firmar acordo escrito mediante o qual, o voluntário da pesquisa autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com a capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.
2. Título do Trabalho Experimental: Efeitos das diferentes montagens da tDCS na funcionalidade de crianças com paralisia cerebral: ensaio clínico aleatorizado, placebo controlado e duplo cego.
3. Objetivo: Examinar os efeitos das diferentes montagens da estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino de marcha na esteira sobre a funcionalidade de crianças com paralisia cerebral.
4. Justificativa: Devido aos poucos estudos disponíveis na literatura, com baixos níveis de evidências sobre os benefícios e limitações da estimulação transcraniana por corrente contínua, do uso da esteira para treino de marcha para o treino de mobilidade de crianças com paralisia cerebral, cuja importância clínica se faz relevante.
5. Procedimentos da Fase Experimental: Será feita a análise em 30 voluntários, selecionados segundo os seguintes critérios: diagnóstico de paralisia cerebral, idade entre cinco e doze anos, estar classificado como níveis I ou II do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa. Os voluntários serão avaliados antes, após e um mês após o treino. A avaliação será constituída dos seguintes itens: (1) Equilíbrio estático (Parado): avaliado pela plataforma de pressão, onde a criança permanecerá em pé por 60 segundos com os olhos abertos e 30 segundos com os olhos fechados; (2) Equilíbrio Funcional: avaliado com a criança sentada e em pé, por meio da Escala de Equilíbrio Pediátrica; (3) Desempenho funcional: avaliado pela escala PEDI, em forma de questionário com os responsáveis; (4) Qualidade de vida: através do questionário AUQEI, com questões sobre relações familiares, sociais, atividades, saúde, funções corporais e separação; (5) Eletromiografia: exame realizado com a colocação de eletrodos sobre pontos musculares para avaliar a atividade do músculo; (6) Avaliação da marcha: serão colados marcadores superficiais na pele para avaliar o caminhar da criança.

6. A avaliação será realizada em dois dias, com duração de uma hora e meia em cada dia. Durante a avaliação a criança poderá descansar a qualquer momento e entre a aplicação de cada teste será respeitado um período de repouso. As crianças serão divididas por meio de sorteio em três grupos. O Grupo 1 terá o equilíbrio e marcha analisados após realizar o treino de marcha na esteira com a estimulação transcraniana ligada, com um eletrodo no córtex motor primário e outro na região supraorbital contralateral; O grupo 2 terá o equilíbrio analisado após realizar o treino de marcha em esteira com a estimulação transcraniana desligada (placebo). O grupo 3 irá receber a estimulação bilateralmente no córtex motor primário associado ao treino de marcha. A estimulação transcraniana por corrente contínua é uma técnica não invasiva que será realizada colocando eletrodos de superfície conectados a um aparelho de corrente galvânica (corrente elétrica de baixa intensidade) sobre o crânio (cabeça) da criança, durante 20 minutos por 10 dias. A estimulação é indolor. A velocidade da marcha será determinada pelo teste de esforço (80% da velocidade máxima atingida no teste de esforço). O treino será realizado por duas semanas, cinco vezes por semana, por fisioterapeuta com experiência em treino de marcha e na aplicação da estimulação transcraniana. O estudo será supervisionado por um médico neurologista especializado em estimulação cerebral não invasiva. A frequência cardíaca será monitorada para garantir que não haja sobrecarga no sistema cardiovascular.
7. Desconforto ou Risco Esperado: Embora os procedimentos adotados no estudo sejam não-invasivos os voluntários serão submetidos a risco, como por exemplo, quedas durante o treino de marcha e fadiga muscular. Para que estes riscos sejam minimizados ao máximo serão adotadas as seguintes medidas protetoras: o treino de marcha e mobilidade e a estimulação transcraniana serão realizados por uma fisioterapeuta com experiência em treino de marcha em esteira que será acompanhada por ao menos um voluntário. Ambos permanecerão posicionados do lado da criança por todo o treino. Durante o treino a frequência cardíaca da criança será monitorada. A criança poderá interromper a qualquer momento o procedimento, por cansaço ou desconforto.
8. Informações: o voluntário tem garantia que receberá respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com pesquisa. Também os pesquisadores supracitados assumem o compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar a vontade do indivíduo em continuar participando.
9. Retirada do Consentimento: o voluntário tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem que isto traga qualquer prejuízo para o seu filho.
10. Aspecto Legal: Elaborados de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à

Resolução nº. 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde – Brasília – DF.

11. Garantia de Sigilo: Os pesquisadores asseguram a privacidade dos voluntários quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.
12. Local da Pesquisa: A pesquisa será desenvolvida no laboratório integrado de análise do movimento, Universidade Nove de Julho UNINOVE, localizada na Av. Francisco Matarazzo nº. 612 1º andar – Prédio C – Água Branca – 05001100
3665-9310 / 3665-9309.
13. Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa da UNINOVE: Rua Vergueiro nº. 235/249 1º andar – Liberdade, São Paulo - SP – 01504-001. Telefones: (11) 3385-9059.
14. Nome Completo e telefones dos pesquisadores para contato: Orientadora: Cláudia Santos Oliveira (11 3665 9344) e aluna de pós graduação: Natália de Almeida Carvalho Duarte (35 9982.8283).

15. Consentimento Pós-Informação:

Eu, _____, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo no meio científico.

* Não assine este termo se ainda tiver alguma dúvida a respeito.

São Paulo, de _____ de 2016.

Nome _____ (por _____ extenso)
 cuidador: _____
 Assinatura
 cuidador: _____

8.3 Ficha de avaliação

NOME:

IDADE:

TELEFONE: ()

DATA AVALIAÇÃO:

() ANTES

() APÓS

() 1 MÊS APÓS

TERMO ASSENTIMENTO



Muito triste

Triste

Alegre

Muito Alegre

8.3.1 Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade

Versão 1.0 – Brasileira

Nome: _____ Data do teste: _____
 Idade: _____ Identificação: _____ Entrevistador: _____

SUMÁRIO DOS ESCORES
 Escores Compostos

AREA		Escore Bruto
Auto-cuidado	Habilidades funcionais	
Mobilidade	Habilidades funcionais	
Função Social	Habilidades funcionais	
Auto-cuidado	Assistência do cuidador	
Mobilidade	Assistência do cuidador	
Função Social	Assistência do cuidador	

Modificações (frequência)											
Auto-cuidado				Mobilidade				Função Social			
N	C	R	E	N	C	R	E	N	C	E	N

Parte I: Habilidades funcionais

Área de Auto-cuidado

(marque cada item com 0=incapaz e

1= capaz)

A: TEXTURA DOS ALIMENTOS		
	0	1
1. Come alimento batido\amassado\coado		
2. Come alimento moído\ granulado		
3. Come alimento picado\em pedaços		
4. Come comidas de textura variada		
B: UTILIZAÇÃO DE UTENSÍLIOS		
5. Alimenta-se com os dedos		
6. Pega comida com colher e leva até a boca		
7. Usa bem a colher		
8. Usa bem o grafo		
9. Usa faca para passar manteiga no pão, cortar alimentos macios		

C: UTILIZAÇÃO DE RECIPIENTES DE BEBER		
10. Segura mamadeira ou copo com bico ou canudo		
11. Levanta copo para beber, mas pode derramar		
12. Levanta, com firmeza, copo sem tampa usando as 2 mãos		
13. Levanta, com firmeza, copo sem tampa usando 1 mão		
14. Serve-se de líquido de uma jarra ou embalagem		
D: HIGIENE ORAL		
15. Abra a boca para limpeza dos dentes		
16. Segura escova de dente		
17. Escova os dentes, porém sem escovação completa		
18. Escova os dentes completamente		
19. Coloca creme dental na escova		
E: CUIDADO COM OS CABELOS		
20. Mantém a cabeça estável enquanto o cabelo é penteado		
21. Leva pente ou escova até o cabelo		
22. Escova ou penteia o cabelo		
23. É capaz de desembaraçar e partir o cabelo		
F: CUIDADO COM O NARIZ		
24. Permite que o nariz seja limpo		
25. Assoa o nariz com o lenço		
26. Limpa nariz usando lenço o papel solicitado		
27. Limpa nariz usando lenço ou papel sem ser solicitado		
28. Limpa e assoa o nariz sem ser solicitado		
G: LAVAS AS MÃOS		
29. Mantém as mãos elevadas para que as mesmas sejam lavadas		
30. Esfrega as mãos uma na outra para limpá-las		
31. Abre e fecha a torneira e utiliza sabão		
32. Lava as mãos completamente		
33. Seca as mãos completamente		
H: LAVAR O CORPO E A FACE		
34. Tenta lavar partes do corpo		
35. Lava o corpo completamente não incluindo a face		
36. Utiliza sabonete (e esponja se for costume)		
37. Seca o corpo completamente		
38. Lava e seca a face completamente		
I: AGASALHO \ VESTIMENTAS ABERTAS NA FRENTE		

39. Auxilia empurrando os braços para vestir a manga da camiseta		
40. Retira camiseta, vestido ou agasalho sem fecho		
41. Retira camiseta, vestido ou agasalho com fecho		
42. Coloca e retira camisas abertas na frente, porém sem fechar		
43. Coloca e retira camisas abertas na frente, fechando-as		
J: FECHOS		
44. Tenta participar no fechamento de vestimentas		
45. Abre e fecha fecho de correr, sem separá-lo ou fechar o botão		
46. Abre e fecha colchete de pressão		
47. Abotoa e desabotoa		
48. Abre e fecha o fecho de correr separando e fechando colchete \ botão		
K: CALÇAS		
49. Auxilia colocando as pernas dentro da calça para vestir		
50. Retira calças com elástico na cintura		
51. Veste calças com elástico na cintura		
52. Retira calças, incluindo abrir fechos		
53. Veste calças incluindo fechar fechos		
L: SAPATOS \ MEIA		
54. Retira meias e abre os sapatos		
55. Calça sapatos \ sandálias		
56. Calça meias		
57. Coloca o sapato no pé correto: maneja fechos de velcro		
58. Amarra sapatos (prepara cadarço)		
M: TAREFAS DE TOALETE		
59. Auxilia no manejo da roupa		
60. Tenta limpar-se depois de utilizar o banheiro		
61. Utiliza vaso sanitário, papel higiênico e dá descarga		
62. Lida com roupas antes e depois de utilizar o banheiro		
63. Limpa-se completamente depois de evacuar.		
N: CONTROLE URINÁRIO		
64. Indica quando molhou fralda ou calça		
65. Ocasionalmente indica necessidade de urinar (durante dia)		
66. Indica, consistentemente, necessidade de urinar e		

com tempo de utilizar o banheiro (durante o dia)		
67. Vai ao banheiro sozinho para urinar (durante o dia)		
68. Mantém-se constantemente seco durante o dia e a noite		
O: CONTROLE INTESTINAL		
69. Indica necessidade de se trocar		
70. Ocasionalmente manifesta vontade de ir ao banheiro (durante o dia)		
71. Indica, consistentemente, necessidade de evacuar e com tempo de utilizar o banheiro (durante o dia)		
72. Faz distinção entre urinar e evacuar		
73. Vai ao banheiro sozinho para evacuar, não tem acidentes intestinais		
Somatório da Área de Auto-cuidado		

Área de Mobilidade

A: TRANSFERÊNCIA NO BANHEIRO		
1. Fica sentado se estiver apoiando em equipamento ou no adulto		
2. Fica sentado sem apoio na privada ou no troninho		
3. Senta e levanta da privada baixa ou troninho		
4. Senta e levanta da privada própria para adulto		
5. Senta e levanta da privada sem usar seus próprios braços		
B: TRANSFERÊNCIAS DE CADEIRA \ CADEIRAS DE RODAS		
6. Fica sentado se estiver apoiado em equipamento ou adulto		
7. Fica sentado em cadeira ou banco sem apoio		
8. Senta e levanta de cadeira\ cadeira de rodas baixa\infantil		
9. Senta e levanta de cadeira\ cadeira de rodas de tamanho adulto		
10. Senta e levanta de cadeira sem usar seus próprios braços		
C1: TRANSFERÊNCIA NO CARRO		
11. Movimenta-se no carro: mexe-se e sobe/desce da cadeirinha de carro		
12. Entra e sai do carro com pouco auxílio ou instrução		
13. Entra e sai do carro sem assistência ou instrução		
14. Maneja cinto de segurança ou cinto da cadeirinha de carro		
15. Entra e sai do carro e abre e fecha a porta do mesmo		

C 2: TRANSFERÊNCIA NO ÔNIBUS		
11 b. Sobe e desce do banco do ônibus		
12b. Move-se com ônibus sem movimento		
13b. Desce a escada do ônibus		
14b. Passa na roleta		
15b. Sobe a escada do ônibus		
D: MOBILIDADE NA CAMA		
16. Passa de deitado para sentado na cama ou berço		
17. Passa para sentado na beirada da cama		
18. Sobe e desce da sua própria cama		
19. Sobe e desce de sua própria cama sem usar os braços		
E: TRANSFERÊNCIA NO CHUVEIRO		
20. Entra no Box\cortinado		
21. Sai do Box\cortinado		
22. Agacha para pegar sabonete ou shampoo no chão		
23. Abre e fecha Box\cortinado		
24. Abre e fecha torneira		
F: MÉTODOS DE LOCOMOÇÃO EM AMBIENTES INTERNOS		
25. Rola, pivoteia, arrasta ou engatinha no chão		
26. Anda, porém segurando-se na mobília, parede, adulto ou utiliza aparelhos de apoio		
27. Anda sem auxílio		
G: LOCOMOÇÃO EM AMBIENTE INTERNO DISTÂNCIA\VELOCIDADE		
28. Move-se pelo ambiente mas com dificuldade (cai, velocidade lenta para a idade)		
29. Move-se pelo ambiente sem dificuldade		
30. Move-se entre ambientes, mas com dificuldade (cai, velocidade lenta para a idade)		
31. Move-se entre ambientes sem dificuldade		
32. Move-se em ambientes internos por 15 m; abre e fecha portas internas e externas		
H: LOCOMOÇÃO EM AMBIENTE INTERNO: ARRASTA\CARREGA OBJETOS		
33. Muda de lugar intencionalmente		
34. Move-se concomitantemente com objetos pelo chão		
35. Carrega objetos pequenos que cabem em uma mão		
36. Carrega objetos grandes que requerem a utilização das duas mãos		
37. Carrega objetos frágeis ou que contenham líquido		

I: LOCOMOÇÃO EM AMBIENTE EXTERNO MÉTODOS		
38. Anda, mas segura em objetos, adulto ou aparelhos de apoio		
39. Anda sem apoio		
J: LOCOMOÇÃO EM AMBIENTE EXTERNO DISTÂNCIA\VELOCIDADE		
40. Move-se por 3-15 m (comprimento de um carro)		
41. Move-se por 15-30 m (comprimento de 5 a 10 carros)		
42. Move-se por 30-45 m		
43. Move-se por 45 m ou mais, mas com dificuldade (tropeça velocidade lenta para a idade)		
44. Move-se por mais 45 m sem dificuldade		
K: LOCOMOÇÃO EM AMBIENTE EXTERNO SUPERFÍCIE		
45. Superfícies niveladas (passeios e ruas planas)		
46. Superfícies pouco acidentadas (asfalto rachado)		
47. Superfícies irregulares e acidentadas (gramados e ruas de cascalho)		
48. Sobe e desce rampas ou inclinações		
49. Sobe e desce meio-fio		
L: SUBIR ESCADAS		
50. Arrasta-se, engatinha para cima por partes ou lances parciais de escadas (1-11 degraus)		
51. Arrastas, engatinha para cima por um lance de escadas completa (12-15 degraus)		
52. Sobe partes de um lance de escadas (ereto)		
53. Sobe um lance completo, mas com dificuldade (lento para a idade)		
54. Sobe conjunto de lances de escadas sem dificuldade		
M: DESCER ESCADAS		
55. Arrasta-se, engatinha para baixo por partes ou lances parciais de escadas (1-11 degraus)		
56. Arrasta, rasteja para baixo por um lance de escadas		
57. Desce parte de um lance de escadas (ereto) completo (12-15 degraus)		
58. Desce um lance completo, mas com dificuldade (lento para a idade)		
59. Desce conjunto de lances de escadas sem dificuldade		
Somatória da área de mobilidade		
Área de Função Social		
A: COMPREENSÃO DO SIGNIFICADO DA PALAVRA		
1. Orienta-se pelo som		

2. Reage ao "não", reconhece o próprio nome ou de alguma pessoa familiar		
3. Reconhece 10 palavras		
4. Entende quando você fala sobre relacionamento entre pessoas e/ou coisas que são visíveis		
5. Entende quando você fala sobre tempo e seqüência de eventos		
B: COMPREENSÃO DE SENTENÇAS COMPLEXAS		
6. Compreende sentenças curtas sobre objetos e pessoas familiares		
7. Compreende comando simples com palavras que descrevem pessoas ou coisas		
8. Compreende direções que descrevem onde alguma coisa está		
9. Compreende comando de dois passos, utilizando-se se\então, antes\depois, primeiro\segundo		
10. Compreende duas sentenças que falam de um mesmo sujeito mas de uma forma diferente		
C: USO FUNCIONAL DA COMUNICAÇÃO		
11. Nomeia objetos		
12. Usa palavras específicas ou gestos para direcionar ou requisitar ações de outras pessoas		
13. Procura informações fazendo perguntas		
14. Descreve ações ou objetos		
15. Fala sobre sentimentos ou pensamentos próprios		
D: COMPLEXIDADE DA COMUNICAÇÃO EXPRESSIVA		
16. Usa gesto que têm propósito adequado		
17. Usa uma única palavra com significado adequado		
18. Combina duas palavras com significado adequado		
19. Usa sentenças de 4-5 palavras		
20. Conecta duas ou mais idéias para contar uma história simples		
E: RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS		
21. Tenta indicar o problema ou dizer que é necessário para ajudar a resolvê-lo		
22. Se transtornado por causa de um problema, a criança precisa ser ajudada imediatamente ou o seu comportamento é prejudicado		
23. Se transtornado por causa de um problema, a criança consegue pedir ajuda e esperar se houver uma demora de pouco tempo		
24. Em situações comuns, a criança descreve o		

problema e seus sentimentos com algum detalhe		
25. Diante de algum problema comum, a criança pode procurar um adulto para trabalhar uma solução conjunta.		
F: JOGO SOCIAL INTERATIVO (ADULTO)		
26. Mostra interesse em relação a outro		
27. Inicia uma brincadeira familiar		
28. Aguarda sua vez em um jogo simples quando é dada dica que é sua vez		
29. Tenta imitar uma ação prévia de um adulto durante uma brincadeira		
30. Durante a brincadeira a criança pode sugerir passos novos ou diferentes, ou responder a uma sugestão de um adulto com uma outra idéia		
G: INTERAÇÃO COM OS COMPANHEIROS		
31. Percebe a presença de outras crianças e pode vocalizar ou gesticular para os companheiros		
32. Interage com outras crianças em situações breves e simples		
33. Tenta exercitar brincadeiras simples em uma atividade com outra criança		
34. Planeja e executa atividade cooperativa com outras crianças; brincadeira é complexa e mantida		
35. Brinca de jogos de regras		
H: BRINCADEIRA COM OBJETOS		
36. Manipula brinquedos, objetos ou o corpo com intenção		
37. Usa objetos reais ou substituídos em seqüência simples de faz-de-conta		
38. Agrupa matéria para formar alguma coisa		
39. Inventa longas rotinas de faz-de-conta envolvendo coisas que a criança já entende ou conhece		
40. Inventa seqüências elaboradas de faz-de-conta a partir da imaginação		
I: AUTO-INFORMAÇÃO		
41. Diz o primeiro nome		
42. Diz o primeiro e o ultimo nome		
43. Dá o nome e informações descritivas sobre os membros da família		
44. Da o endereço completo de casa, se no hospital dá o nome do hospital e o número do quarto		
45. Dirigi-se a um adulto para pedir auxílio sobre como		

voltar para casa ou voltar ao quarto do hospital		
J: ORIENTAÇÃO TEMPORAL		
46. Tem uma noção geral do horário das refeições e das rotinas durante o dia		
47. Tem alguma noção de seqüência dos eventos familiares na semana		
48. Tempo conceitos simples de tempo		
49. Associa um horário específico com atividade\eventos		
50. Olha o relógio regularmente ou pergunta as horas para cumprir o curso das obrigações		
K: TAREFAS DOMESTICAS		
51. Começa a ajudar a cuidar dos seus pertences se for dada uma orientação e ordens constantes		
52. Começa a ajudar as tarefas domésticas simples se for dada uma orientação e ordens constantes		
53. Ocasionalmente inicia rotinas simples para cuidar dos seus próprios pertences; pode requisitar ajuda física ou ser lembrado de completá-las		
54. Ocasionalmente inicia tarefas domésticas simples; pode requisitar ajuda física ou ser lembrado de completá-las		
55. Inicia e termina pelo menos uma tarefa doméstica envolvendo vários passos e decisões; pode requisitar ajuda física		
L: AUTO PROTEÇÃO		
56. Mostra cuidado apropriado quando esta perto de escadas		
57. Mostra cuidado apropriado perto de objetos quentes ou cortantes		
58. Ao atravessar a rua na presença de um adulto, a criança não precisa ser advertida sobre as normas de segurança		
59. Sabe que não deve aceitar passeios, comida ou dinheiro de estranhos		
60. Atravessa rua movimentada com segurança na ausência de adulto		
M: FUNÇÃO COMUNITÁRIA		
61. A criança brinca em casa com segurança, sem precisar ser vigiada constantemente		
62. Via ao ambiente externo da casa com segurança e é vigiada apenas periodicamente		
63. Segue regras\expectativas da escola e de estabelecimentos comunitários		

64. Explora e atua em estabelecimentos comunitários sem supervisão		
65. Faz transações em uma loja da vizinhança sem assistência		
Somatória da área de função social		

8.3.2 Questionário de Qualidade de Vida

Anexo I. AUQEI - Questionário de avaliação de qualidade de vida em crianças e adolescentes. Manificat e Dazord²³.

Algumas vezes você está muito infeliz? Diga por quê:	Algumas vezes você está infeliz? Diga por quê:	Algumas vezes você está feliz? Diga por quê:	Algumas vezes você está muito feliz? Diga por quê:
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Diga como você se sente:	Muito infeliz	Infeliz	Feliz	Muito feliz
1. à mesa, junto com sua família.	()	()	()	()
2. à noite, quando você se deita.	()	()	()	()
3. se você tem irmãos, quando brinca com eles	()	()	()	()
4. à noite, ao dormir.	()	()	()	()
5. na sala de aula.	()	()	()	()
6. quando você vê uma fotografia sua.	()	()	()	()
7. em momentos de brincadeiras, durante o recreio escolar.	()	()	()	()
8. quando você vai a uma consulta médica.	()	()	()	()
9. quando você pratica um esporte.	()	()	()	()
10. quando você pensa em seu pai.	()	()	()	()
11. no dia do seu aniversário.	()	()	()	()
12. quando você faz as lições de casa.	()	()	()	()
13. quando você pensa em sua mãe.	()	()	()	()
14. quando você fica internado no hospital.	()	()	()	()
15. quando você brinca sozinho (a).	()	()	()	()
16. quando seu pai ou sua mãe falam de você.	()	()	()	()
17. quando você dorme fora de casa.	()	()	()	()
18. quando alguém te pede que mostre alguma coisa que você sabe fazer.	()	()	()	()
19. quando os amigos falam de você.	()	()	()	()
20. quando você toma os remédios.	()	()	()	()
21. durante as férias.	()	()	()	()
22. quando você pensa em quando tiver crescido.	()	()	()	()
23. quando você está longe de sua família.	()	()	()	()
24. quando você recebe as notas da escola.	()	()	()	()
25. quando você está com os seus avós.	()	()	()	()
26. quando você assiste televisão.	()	()	()	()

8.3.3 Escala de Equilíbrio Pediátrica

Nome: _____
 Data: _____
 Local: _____
 Examinador: _____

Descrição do Item	Pontuação Segundos	
	0 - 4	opcional
1. Posição sentada para posição em pé	_____	_____
2. Posição em pé para posição sentada	_____	_____
3. Transferências	_____	_____
4. Em pé sem apoio	_____	_____
5. Sentado sem apoio	_____	_____
6. Em pé com os olhos fechados	_____	_____
7. Em pé com os pés juntos	_____	_____
8. Em pé com um pé à frente	_____	_____
9. Em pé sobre um pé	_____	_____
10. Girando 360 graus	_____	_____
11. Virando-se para olhar para trás	_____	_____
12. Pegando objeto do chão	_____	_____
13. Colocando pé alternado no degrau/apoio para os pés	_____	_____
14. Alcançando a frente com braço estendido	_____	_____
Pontuação Total do Teste	_____	_____

Instruções Gerais

- Demonstre cada tarefa e forneça instruções conforme descrito. A criança poderá receber uma demonstração prática em cada item. Se a criança não conseguir completar a tarefa baseada em sua habilidade para entender as orientações, poderá ser realizada uma segunda demonstração prática. Orientações visuais e verbais poderão ser esclarecidas/fornecidas por meio do uso de dicas físicas.
- Cada item deve ser pontuado utilizando-se a escala de 0 a 4. São permitidas várias tentativas em todos os itens. O desempenho da criança deverá ser pontuado baseando-se no menor critério, que descreve o melhor desempenho da criança. Se, na primeira tentativa, a criança receber a pontuação máxima de 4, não será necessário administrar tentativas adicionais. Vários itens exigem que a criança mantenha uma determinada posição durante um tempo específico. Progressivamente, mais pontos são descontados se o tempo ou distância não forem alcançados, se o desempenho do indivíduo necessita de supervisão ou se o indivíduo toca um apoio externo ou recebe ajuda do examinador. Os indivíduos devem entender que eles precisam manter o equilíbrio enquanto tentam realizar as tarefas. A escolha sobre qual pé ficar em pé ou qual distância alcançar é decidida pelo indivíduo. Um julgamento pobre irá influenciar de forma negativa o desempenho e a pontuação. Além dos itens de pontuação 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 13, o examinador poderá escolher registrar o tempo exato em segundos.

Equipamento

A Escala de Equilíbrio Pediátrica foi desenvolvida para exigir utilização mínima de equipamento especializado. A seguir, há uma lista completa de itens necessários para administração desta ferramenta:

- Banco de altura ajustável
- Cadeira com suporte no encosto e descanso para os braços
- Cronômetro ou relógio de mão
- Fita adesiva de 2,5 centímetros de largura
- Um apoio para os pés de 15 centímetros de altura
- Apagador de quadro negro
- Régua ou fita métrica
- Um pequeno nível (instrumento utilizado para verificar se um plano está horizontal)

Os itens seguintes são opcionais e poderão ser úteis durante a administração do teste:

- 2 moldes dos pés tamanho infantil
- Tapa-olhos (venda)
- Um objeto bem colorido medindo pelo menos 5 centímetros
- Cartões coloridos
- 5 centímetros de fita (duplo) velcro
- 2 fitas de 30 cm de velcro duplo

1. Posição sentada para posição em pé

* **Instrução especial.** Itens nº. 1 e nº. 2 podem ser testados simultaneamente se, na determinação do examinador, puder facilitar o melhor desempenho da criança.

INSTRUÇÕES: **Pede-se à criança para "Manter os braços para cima e ficar em pé".** A criança poderá selecionar a posição dos braços.

EQUIPAMENTO: Um banco de altura apropriada para permitir que os pés da criança permaneçam apoiados no chão com os quadril e joelhos mantidos a 90 graus de flexão.

Meio das três tentativas

() 4 capaz de levantar-se sem utilizar as mãos e estabilizar-se de forma independente

() 3 capaz de levantar-se de forma independente utilizando as mãos

() 2 capaz de levantar-se utilizando as mãos após várias tentativas

() 1 necessita de ajuda mínima para levantar-se ou estabilizar-se

() 0 necessita de ajuda moderada ou máxima para levantar-se

2. Posição em pé para posição sentada

* **Instrução especial.** Itens nº. 1 e nº. 2 podem ser testados simultaneamente se, na determinação do examinador, puder facilitar o melhor desempenho da criança.

INSTRUÇÕES: **Pede-se à criança para sentar-se devagar, sem utilizar as mãos.** A criança poderá selecionar a posição dos braços.

EQUIPAMENTO: Um banco de altura apropriada para permitir que os pés da criança permaneçam apoiados no chão com os quadril e joelhos mantidos a 90 graus de flexão.

Meio das três tentativas

() 4 senta-se com segurança com utilização mínima das mãos

() 3 controla a descida utilizando as mãos

() 2 utiliza a parte de trás das pernas contra a cadeira para controlar a descida

() 1 senta-se de forma independente, mas tem descida sem controle

() 0 necessita de ajuda para sentar-se

3. Transferências

INSTRUÇÕES: Arrume as cadeiras perpendicularmente (90 graus) para uma transferência em pivô. **Peça à criança para transferir-se de uma cadeira com apoio de braço para uma cadeira sem apoio de braço.**

EQUIPAMENTO: Duas cadeiras ou uma cadeira e um banco de altura ajustável. Uma superfície do assento deve ter braços. Uma cadeira/banco deve ser de tamanho adulto padrão e a outra deve ter altura apropriada para permitir que a criança sente-se confortavelmente com os pés apoiados no chão e a noventa graus de flexão de quadril e joelho.

Melhor das três tentativas

- 4 capaz de transferir-se com segurança e uso mínimo das mãos
- 3 capaz de transferir-se com segurança com o uso das mãos
- 2 capaz de transferir-se seguindo orientações verbais e/ou supervisão (observação)
- 1 necessita de uma pessoa para ajudar
- 0 necessita de duas pessoas para ajudar ou supervisionar (monitoramento próximo) para sentir-se seguro

4. Em pé sem apoio

INSTRUÇÕES: **Pede-se à criança que fique em pé por 30 segundos sem se apoiar ou mover seus pés.** Uma fita adesiva ou moldes dos pés poderão ser colocados no chão para ajudar a criança a manter a posição estática dos pés. A criança poderá se envolver em uma conversa não estressante para manter o tempo de atenção por 30 segundos. Reações de troca de peso e equilíbrio nos pés são aceitáveis; o movimento do pé no espaço (fora da superfície de suporte) indica final do tempo do teste.

EQUIPAMENTO: Um cronômetro ou relógio de mão. Uma fita adesiva de 30 cm de comprimento ou dois moldes dos pés colocados separados equivalente à distância da largura dos ombros.

- 4 capaz de permanecer em pé por 30 segundos
- 3 capaz de permanecer em pé por 30 segundos sob supervisão (observação)
- 2 capaz de permanecer em pé por 15 segundos sem apoio
- 1 necessita de várias tentativas para permanecer em pé por 10 segundos sem apoio
- 0 incapaz de permanecer em pé por 10 segundos sem ajuda

_____ **Tempo em segundos**

Instruções especiais: Se a criança puder permanecer em pé por 30 segundos sem apoio, marque pontuação máxima para sentar-se sem apoio no item nº. 5. Continue com o item nº. 6.

5. Sentando sem apoio nas costas e com os pés apoiados no chão

INSTRUÇÕES: **Por favor, sente-se com os braços cruzados sobre seu peito por 30 segundos.** A criança poderá se envolver em uma conversa não estressante para manter o tempo de atenção por 30 segundos. O tempo deverá ser interrompido se reações de proteção no tronco ou extremidades superiores forem observadas.

EQUIPAMENTO: Um cronômetro ou relógio de mão. Um banco de altura apropriada para permitir que os pés fiquem apoiados no chão com os quadris e joelhos mantidos a noventa graus de flexão.

- 4 capaz de sentar-se de forma segura por 30 segundos
- 3 capaz de sentar-se por 30 segundos sob supervisão (observação) ou pode necessitar de uso definitivo das extremidades superiores para manter-se na posição sentada
- 2 capaz de sentar-se por 15 segundos
- 1 capaz de sentar-se por 10 segundos
- 0 incapaz de sentar-se sem apoio por 10 segundos

_____ **Tempo em segundos**

6. Em pé sem apoio com os olhos fechados

INSTRUÇÕES: **Pede-se à criança que fique em pé parada com os pés separados equivalente à largura dos ombros e feche os olhos por 10 segundos.** *Orientação:* "Quando eu disser feche os olhos, eu quero que você fique parada, feche os olhos e mantenha-os fechados até eu dizer para abri-los". Se necessário, pode-se usar um tapa-olhos. Reações de troca de peso e equilíbrio nos pés são aceitáveis; movimento do pé no espaço (fora da superfície de suporte) indica o final do tempo do teste. Uma fita adesiva ou moldes dos pés poderão ser colocados no chão para ajudar a criança a manter a posição estática dos pés.

EQUIPAMENTO: Um cronômetro ou relógio de mão. Uma fita adesiva de 30 centímetros ou dois moldes dos pés colocados separados equivalente à distância da largura dos ombros, um tapa-olhos.

Melhor das três tentativas

- 4 capaz de permanecer em pé por 10 segundos de forma segura
- 3 capaz de permanecer em pé por 10 segundos com supervisão
- 2 capaz de permanecer em pé por 3 segundos
- 1 incapaz de permanecer com os olhos fechados por 3 segundos, mas mantém-se firme
- 0 necessita de ajuda para evitar queda

_____ **Tempo em segundos**

7. Em pé sem apoio com os pés juntos

INSTRUÇÕES: **Pede-se que a criança coloque seus pés juntos e fique em pé parada sem segurar-se.** A criança poderá se envolver em uma conversa não estressante para manter o tempo de atenção por 30 segundos. Reações de troca de peso e equilíbrio nos pés são aceitáveis; movimento do pé no espaço (fora da superfície de suporte) indica o final do tempo do teste. Uma fita adesiva ou moldes dos pés poderão ser colocados no chão para ajudar a criança a manter a posição estática dos pés.

EQUIPAMENTO: Um cronômetro ou relógio de mão, uma fita adesiva de 30 centímetros ou dois moldes dos pés colocados juntos.

Melhor das três tentativas

- 4 capaz de posicionar os pés juntos de forma independente e permanecer em pé por 30 segundos de forma segura
- 3 capaz de posicionar os pés juntos de forma independente e permanecer em pé por 30 segundos com supervisão (observação)

<p>() 2 capaz de posicionar os pés juntos de forma independente, mas não pode sustentar por 30 segundos</p> <p>() 1 necessita de ajuda para posicionar-se, mas é capaz de permanecer em pé por 30 segundos com os pés juntos</p> <p>() 0 necessita de ajuda para posicionar-se e/ou é incapaz de permanecer nessa posição por 30 segundos</p> <p>_____ Tempo em segundos</p>	<p>EQUIPAMENTO: Um cronômetro ou relógio de mão, uma fita adesiva de 30 centímetros ou dois moldes dos pés colocadas na direção calcanhar para os dedos do pé.</p>
<p>8. Em pé sem apoio com um pé à frente</p>	<p><u>Melhor das três tentativas</u></p>
<p>INSTRUÇÕES: <u>Pede-se à criança que fique em pé, com um pé à frente do outro, com o calcanhar tocando os dedos do pé de trás</u>. Se a criança não conseguir colocar os pés um à frente do outro (diretamente na frente), pede-se que dê um passo à frente o suficiente para permitir que o calcanhar de um pé seja colocado à frente dos dedos do pé fixo. Uma fita adesiva e/ou moldes dos pés poderão ser colocados no chão para ajudar a criança a manter a posição estática dos pés. Além de uma demonstração visual, poderá ser dada uma dica física simples (assistência com colocação). A criança poderá se envolver em uma conversa não estressante para manter o tempo de atenção por 30 segundos. Reações de troca de peso e/ou equilíbrio nos pés são aceitáveis. O tempo do teste poderá ser interrompido se qualquer um dos pés se mover no espaço (deixar a superfície de suporte) e/ou as extremidades superiores forem utilizadas.</p>	<p>() 4 capaz de levantar a perna de forma independente e sustentar por 10 segundos</p> <p>() 3 capaz de levantar a perna de forma independente e sustentar de 5 a 9 segundos</p> <p>() 2 capaz de levantar a perna de forma independente e sustentar de 3 a 4 segundos</p> <p>() 1 tenta levantar a perna; é incapaz de sustentar por 3 segundos, mas permanece em pé</p> <p>() 0 incapaz de tentar ou necessita de ajuda para evitar queda</p>
<p>EQUIPAMENTO: Um cronômetro ou relógio de mão, uma fita adesiva de 30 centímetros ou dois moldes dos pés colocadas na direção calcanhar aos dedos do pé.</p>	<p>10. Girar 360 graus</p>
<p><u>Melhor das três tentativas</u></p>	<p>INSTRUÇÕES: <u>Pede-se para a criança girar completamente em torno de si mesma em uma volta completa, PARE, e então gire completamente em torno de si mesma na outra direção.</u></p>
<p>() 4 capaz de colocar um pé à frente do outro de forma independente e sustentar por 30 segundos</p> <p>() 3 capaz de colocar o pé adiante do outro de forma independente e sustentar por 30 segundos</p> <p>Obs.: o comprimento do passo deve exceder o comprimento do pé fixo, e a largura da posição em pé deve aproximar-se da largura do passo normal da criança.</p> <p>() 2 capaz de dar um pequeno passo de forma independente e sustentar por 30 segundos ou necessita de ajuda para colocar um pé à frente, mas pode ficar em pé por 30 segundos</p> <p>() 1 necessita de ajuda para dar o passo, mas permanece por 15 segundos</p> <p>() 0 perde o equilíbrio ao tentar dar o passo ou ficar em pé</p> <p>_____ Tempo em segundos</p>	<p>EQUIPAMENTO: Um cronômetro ou relógio de mão.</p>
<p>9. Em pé sobre uma perna</p>	<p>() 4 capaz de girar 360 graus de forma segura em 4 segundos ou menos cada volta (total menor que 8 segundos)</p> <p>() 3 capaz de girar 360 graus de forma segura somente em uma direção em 4 segundos ou menos; para completar a volta na outra direção requer mais que 4 segundos</p> <p>() 2 capaz de girar 360 graus de forma segura, mas lentamente</p> <p>() 1 necessita de supervisão próxima (observação) ou dicas verbais constantes</p> <p>() 0 necessita de ajuda enquanto gira</p> <p>_____ Tempo em segundos</p>
<p>INSTRUÇÕES: <u>Pede-se que a criança fique em pé sobre uma perna o máximo que puder sem se segurar.</u> Se necessário, a criança poderá ser instruída a manter seus braços ao longo do corpo ou com as mãos na cintura. Uma fita adesiva e/ou moldes dos pés poderão ser colocados no chão para ajudar a criança a manter a posição estática dos pés. Reações de troca de peso e/ou equilíbrio nos pés são aceitáveis. O tempo do teste poderá ser interrompido se o pé que está sustentando o peso mover-se no espaço (deixar a superfície de suporte); se o membro superior tocar a perna oposta ou se a superfície de apoio e/ou extremidades superiores forem utilizadas para apoio.</p>	<p>11. Virar e olhar para trás por cima do ombro esquerdo e direito enquanto permanece em pé</p>
<p>EQUIPAMENTO: Um objeto bem colorido medindo pelo menos 5 centímetros ou cartões coloridos, uma fita adesiva de 30 centímetros de comprimento ou dois moldes dos pés colocados separados equivalente à distância dos ombros.</p>	<p>INSTRUÇÕES: <u>Pede-se à criança que fique em pé com seus pés parados, fixos em um lugar. "Siga este objeto conforme eu for movimentando-o. Mantenha o olhar enquanto ele se move, mas não movimente os pés".</u></p>
<p>() 4 olha para trás por cima de cada ombro; a troca de peso inclui rotação do tronco</p> <p>() 3 olha para trás e sobre o ombro com rotação do tronco; a troca de peso na direção oposta ao ombro; não há rotação do tronco</p> <p>() 2 vira a cabeça para olhar no nível do ombro; não há rotação do tronco</p> <p>() 1 necessita de supervisão (observação) quando vira; o queixo move-se mais do que a metade da distância do ombro</p> <p>() 0 necessita de ajuda para evitar perder o equilíbrio ou cair; movimento do queixo é menor do que a metade da distância do ombro</p>	<p>EQUIPAMENTO: Um objeto bem colorido medindo pelo menos 5 centímetros ou cartões coloridos, uma fita adesiva de 30 centímetros de comprimento ou dois moldes dos pés colocados separados equivalente à distância dos ombros.</p>

12. Pegar objeto do chão a partir de uma posição em pé

INSTRUÇÕES: **Pede-se para que a criança pegue um apagador de lousa colocado aproximadamente no comprimento dos seus pés, na frente do seu pé dominante.** Em crianças em que a dominância não é clara, pergunte para ela qual mão ela quer usar e coloque o objeto à frente do pé correspondente.

EQUIPAMENTO: Um apagador de lousa, uma fita adesiva ou moldes dos pés.

- () 4 capaz de pegar o pagador de forma segura e facilmente
- () 3 capaz de pegar o pagador, mas necessita de supervisão (observação)
- () 2 incapaz de pegar o apagador, mas alcança a distância de 2 a 5 centímetros do apagador e mantém o equilíbrio de forma independente
- () 1 incapaz de pegar o pagador, necessita de supervisão (observação) enquanto está tentando
- () 0 incapaz de tentar, necessita de ajuda para evitar a perda do equilíbrio ou a queda

13. Colocar o pé alternadamente no apoio enquanto permanece em pé sem apoio

INSTRUÇÕES: **Pede-se à criança que coloque cada pé alternadamente no apoio para os pés (degrau) e continue até que cada pé tenha tocado o apoio quatro vezes.**

EQUIPAMENTO: Um degrau/apoio para os pés de 10 centímetros de altura, um cronômetro ou relógio de mão.

- () 4 capaz de permanecer em pé de forma independente e segura e completa 8 toques no apoio em 20 segundos
- () 3 capaz de permanecer em pé de forma independente e completa 8 toques no apoio em mais que 20 segundos
- () 2 capaz de completar 4 toques no apoio sem ajuda, mas necessita supervisão próxima (observação)
- () 1 capaz de completar 2 toques no apoio; necessita de ajuda mínima
- () 0 necessita de ajuda para manter equilíbrio ou evitar a queda, incapaz de tentar

14. Alcançar a frente com o braço estendido permanecendo em pé

Instrução Geral e instalação: Uma fita métrica, fixada na horizontal em uma parede com as fitas de velcro, será utilizada como ferramenta de medida. Usa-se uma fita adesiva e/ou moldes dos pés para manter o pé estático no chão. Pede-se à criança que alcance a frente o mais longe possível sem cair e sem pisar além da linha. A articulação metacarpofalangeana da mão da criança será utilizada como ponto de referência anatômica para as medidas. Ajuda poderá ser dada para posicionar inicialmente o braço da criança a 90 graus. Não será dado suporte durante o processo de alcance. Se uma flexão de 90 graus do ombro não for atingida, então este item será omitido.

INSTRUÇÕES: **Pede-se que a criança levante o braço desta maneira "Estique seus dedos, feche a mão e tente alcançar a frente o mais longe que você puder sem mover seus pés".**

EQUIPAMENTO: Uma fita métrica ou régua, uma fita adesiva ou moldes dos pés, um pequeno nível.

Pontuação média das três tentativas:

- () 4 capaz de alcançar a frente de forma confiante mais que 25 centímetros
- () 3 capaz de alcançar a frente mais que 12,5 centímetros com segurança
- () 2 capaz de alcançar a frente mais que 5 centímetros com segurança
- () 1 capaz de alcançar a frente, mas necessita de supervisão (observação)
- () 0 perde o equilíbrio enquanto está tentando, necessita de apoio externo

_____ **Pontuação Total do Teste**

PONTUAÇÃO MÁXIMA = 56