

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
MESTRADO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

CIBELE ALMEIDA SANTOS

**ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO PRÉ E PÓS ESTIMULAÇÃO
TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA ASSOCIADA
AO TREINO FUNCIONAL DE MEMBRO SUPERIOR PARA
CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL HEMIPARÉTICAS
ESPÁSTICAS: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO
ALEATORIZADO E DUPLO CEGO**

São Paulo, SP

2015

CIBELE ALMEIDA SANTOS

**ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO PRÉ E PÓS ESTIMULAÇÃO
TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA ASSOCIADA
AO TREINO FUNCIONAL DE MEMBRO SUPERIOR PARA
CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL HEMIPARÉTICAS
ESPÁSTICAS: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO
ALEATORIZADO E DUPLO CEGO**

Dissertação apresentada à Universidade Nove de Julho, para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientadora

Profª Dra. Cláudia Santos Oliveira

São Paulo, SP

2015

Santos, Cibele Almeida.

Estudo eletromiográfico pré e pós estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino funcional de membro superior para crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas: ensaio clínico controlado aleatorizado e duplo cego. / Cibele Almeida Santos. 2015.

99 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2015.

Orientador (a): Profa. Dra. Claudia Santos Oliveira.

1. Paralisia cerebral. 2. Criança. 3. Fisioterapia. 4. Eletromiografia. 5. Estimulação elétrica.

I. Oliveira, Claudia Santos.

II. Título

CDU 615.8

São Paulo, 12 de novembro de 2015.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno(a): CIBELE ALMEIDA SANTOS

Título da Dissertação: "Estudo eletromiográfico Pré e Pós estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino funcional de membro superior para crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas: Ensaio clínico controlado aleatorizado e duplo cego".

Presidente: PROFA. DRA. CLAUDIA SANTOS OLIVEIRA



Membro: PROFA. DRA. NELCI ZANON COLLANGE



Membro: PROF. DR. FABIANO POLITTI



DEDICATÓRIA

À **Deus** e a **Nossa Senhora Aparecida**,

por estarem presentes em minha vida e por me conceder sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar, força para não desistir e proteção para me amparar.

Aos meus pais **Adelmo** e **Paula**,

Pelo imenso amor, pelo apoio nas minhas decisões e por acreditar nos meus sonhos, me ajudando e aconselhando sempre sobre o melhor caminho.

Aos meus irmãos **Micheli** e **Gabriel**, e cunhado **Vinícius**,

Por sempre me incentivar a estudar e por acreditarem em mim e sempre me motivar a não desistir de lutar.

Ao meu esposo **Rafael**,

Pela incrível paciência, amor e fé em mim. Pelo apoio nos momentos mais difíceis e pelo incentivo, confiança e principalmente por ter fé em mim e acreditar nos meus sonhos.

A minha família: avós, tios e tias, primos e primas,

Pelo apoio, confiança e por entender minhas ausências.

“Só há duas maneiras de viver a vida: a primeira é vivê-la como se os milagres não existissem. A segunda é vivê-la como se tudo fosse milagre.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Durante estes três anos que se passaram aprendi muito e só tenho a agradecer a todos que passaram pelo meu caminho e que conviveram comigo neste período e deixaram um pouco de si. Os momentos de alegria que vivi serviu para me mostrar as maravilhas que a vida pode nos oferecer e os momentos turbulentos me tornaram mais forte e mais madura, me transformando como pessoa e profissional. É difícil resumir todo este tempo em algumas palavras, mas gostaria de expressar o quão importante vocês foram para a realização e conclusão deste projeto em minha vida.

À **Claudia Santos Oliveira** agradeço pela confiança, por aceitar a me orientar nesta caminhada. Mesmo sem me conhecer direito, você abriu as portas, como uma mãe que abre os braços para receber um filho. Agradeço pela paciência e perseverança, pois não permitiu que eu me abatesse nas dificuldades e sempre me motivou a continuar e lutar pelo objetivo deste trabalho. Agradeço os puxões de orelha, pois foram necessários, assim como as palavras de incentivo. Sou fã do seu trabalho e me orgulho de dizer que fui sua orientanda.

A **Renata Calhes Franco de Moura** que mais que uma professora em meu caminho, foi e é uma grande amiga para a vida inteira. Agradeço a você, pois foi quem me trouxe para este projeto juntamente com o seu, que confiou em mim para dividi-lo quando ainda tudo era muito incerto. Agradeço pela fé, confiança e amizade, que não se abalaram diante de todas as dificuldades que enfrentamos nestes anos de luta.

Veronica Cimolinche mi ha aiutato immensamente e anche senza misurare sforzi distanza era sempre disponibile.

Aos **Pacientes e seus familiares** que assumiram conosco mais que um voluntariado, uma parceria, com confiança e comprometimento. Vocês tiveram papéis fundamentais para a conclusão deste trabalho, pois sem vocês nada disso seria possível.

A **Universidade Nove de Julho**, pelo auxílio e apoio concedido, e por acreditar no potencial deste estudo.

Aos amigos...

...do Laboratório de Análise de Movimento Humano e Laboratório de Neuromodulação:

Roberta Lazzari, Jamile Palma, Arislander Dumont e Luiz Braun, pela amizade, apoio e companheirismo durante todo este período. Pelos conselhos, conversas e gargalhadas que por muitas vezes deixaram os problemas muito menores e os dias mais coloridos. A ajuda de vocês foi fundamental.

...de longa data:

Aline Ferreira, Caren Moura, Beatriz, Carol, Thalita Leite, por acreditarem em mim e por me dar forças mesmo que a distância, pois sempre estiveram prontas para me ajudar e pra conversar quando era preciso desabafar!

As alunas de Iniciação Científica:

Stefany Belina, Larissa Freitas, Robéria Santana, Gislene Fernandes, pelo interesse e dedicação a aprender, a ajuda de vocês foi imprescindível para execução deste projeto.

“Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.”

Charles Chaplin

RESUMO

Objetivo: Analisar o efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua do córtex motor primário associado ao treino funcional de membro superior parético de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica, níveis I a III do MACS, sobre a atividade muscular sinérgica dos músculos bíceps e tríceps braquial por meio de Eletromiografia. **Materiais e Métodos:** Estudo I: Foi realizada uma busca em cinco bases de dados *Medline, PEDro, Lilacs, SciELO e PubMed*, de acordo com os seguintes critérios: estudo controlado randomizado; desfecho: avaliação funcional de membros superiores de indivíduos com paralisia cerebral; publicados entre 2006 e 2014. A qualidade metodológica foi avaliada de acordo com a escala PEDro. Estudo II: A amostra foi composta por 21 crianças com paralisia cerebral hemiparética espástica, alocadas aleatoriamente em dois grupos: experimental – 11 crianças (treino da funcional do membro superior parético com estimulação transcraniana anódica) e controle – 10 crianças (treino funcional do membro superior parético com estimulação transcraniana Sham), entre 6 e 15 anos de idade. A avaliação foi realizada por meio eletromiografia dos músculos bíceps e tríceps braquial bilateralmente. Foram realizados 10 treinos em duas semanas consecutivas, cinco sessões por semana (20 minutos cada). **Resultados:** Estudo I: Seis ensaios clínicos controlados abordando avaliação funcional de membros superiores de indivíduos com paralisia cerebral foram encontrados. Apresentaram qualidade metodológica de 6 pontos ou mais na escala PEDro. Estudo II: O grupo experimental apresentou resultado significativo ($p < 0,05$) na avaliação do lado plégico, para Bíceps Braquial (em extensão e em flexão) entre as avaliações PRÉ, Imediatamente APÓS 1 Sessão, APÓS 10 Sessões e APÓS 1 mês, porém para o Tríceps Braquial só foi encontrado resultado significativo durante a extensão entre as avaliações PRÉ e APÓS 1 mês. **Conclusão:** Embora existam diferentes escalas de avaliação, não existe um consenso sobre qual a melhor para utilização para avaliação da função dos membros superiores na Paralisia Cerebral. E com base nos resultados sugere-se que a ETCC associada ao treino funcional do membro superior tem efeito sobre a atividade muscular.

Palavras-chaves: paralisia cerebral, criança, fisioterapia, eletromiografia, estimulação elétrica.

ABSTRACT

Objective: To analyze the effect of transcranial direct-current stimulation of the primary motor cortex associated with functional training of paretic upper limb of children with cerebral palsy type spastic hemiparesis, levels I to III of MACS on the synergistic muscle activity of the biceps and triceps brachial by electromyography. **Materials and Methods:** Study I: A search was conducted in five Medline, PEDro, Lilacs, SciELO and PubMed, according to the following criteria: randomized controlled trial; outcome: functional evaluation of the upper limbs of individuals with cerebral palsy; published between 2006 and 2014. Methodological quality was assessed according to the PEDro scale. Study II: The sample comprised 21 children with hemiparetic spastic cerebral palsy were randomly allocated into two groups: experimental - 11 children (the functional training of the paretic upper limb with transcranial stimulation anode) and control - 10 children (functional training of the upper limb paretic with transcranial stimulation Sham), between 6 and 15 years old. The evaluation was performed by electromyography of the biceps and triceps brachial bilaterally. 10 training sessions were conducted for two consecutive weeks, five sessions per week (20 minutes each). **Results:** Study I: Six controlled trials addressing functional evaluation of the upper limbs of individuals with cerebral palsy were found. Presented methodological quality of six points or more on the PEDro scale. Study II: The experimental group showed a significant result ($p < 0.05$) in evaluation on the paralyzed side to Biceps Brachial (in extension and flexion) between PRE ratings, immediately AFTER 1 Session, AFTER 10 sessions and 1 month, but for Triceps Brachial was only found significant result during extension between assessments and PRE AFTER 1 month. **Conclusion:** Although there are different scales of assessment, there is no consensus on how best to use to evaluate the function of the upper limbs in cerebral palsy. And based on the results we suggest that the tDCS associated with functional training of the upper limbs has an effect on muscle activity.

Keywords: cerebral palsy, child, physical therapy, electromyography, electrical stimulation.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	12
Lista de Imagens/ Figuras e Fotos.....	13
Lista de Abreviaturas	14
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.1. Eletromiografia	17
1.2. Estimulação elétrica transcraniana por corrente contínua.....	18
1.3. Justificativa.....	21
2. OBJETIVO.....	22
3. RESULTADOS	23
3.1. Estudo I	24
3.1.1.Introdução	24
3.1.2. Materiais e Métodos	26
3.1.3. Resultados	27
3.1.4. Discussão	30
3.1.5. Conclusão	32
3.2. Estudo II	33
3.2.1.Introdução	33
3.2.2. Materiais e Métodos	35
3.2.2.1.Causuística	36
3.2.2.2.Protocolo	37
3.2.2.3.Intervenção	38
3.2.2.3.1.Estimulação transcraniana por corrente contínua	38
3.2.2.3.2.Treinamento funcional do membro superior parético	40

3.2.2.3.3. Avaliação	41
3.2.2.3.3.1. Eletromiografia	42
3.2.2.4. Estatística	44
3.2.3. Resultados	45
3.2.4. Discussão	48
3.2.5. Conclusão	50
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
6. APÊNDICES	59
6.1. Apêndice 1 – Artigo Publicado	59
6.2. Apêndice 2 – Artigo Submetido	63
7. ANEXOS	87
7.1. Anexo 1	87
7.2. Anexo 2	90
7.3. Anexo 3	95
7.4. Anexo 4	98
7.5. Anexo 5	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação dos artigos incluídos na revisão

Tabela 2. Pontuação dos artigos incluídos na revisão.

Tabela 3. Características dos estudos incluídos na revisão

LISTA DE IMAGENS E FIGURAS

Imagem 1. Fluxo da corrente elétrica durante a estimulação elétrica do ânodo para o cátodo.

Imagem 2. Esquema escolhido para montagem do ETCC.

Figura 1. Fluxograma de estudos incluídos na revisão.

Figura 2. Ciclo do movimento da cinemática do membro superior.

Figura 3. Descrição das fases do movimento em um ciclo.

Figura 4. Fluxograma do estudo segundo o CONSORT.

Figura 5. Grupo experimental – lado parético.

Figura 6. Grupo experimental – lado não parético.

Figura 8. Grupo Controle – lado não parético.

Figura 7. Grupo Controle – lado parético.

Foto 1. Modelo de coleta e sincronização do EMG com a cinemática.

LISTA DE ABREVIATURAS

Acidente Vascular Encefálico (AVE)

Bíceps Braquial (BB)

Eletroencefalograma (EEG)

Eletromiografia (EMG)

Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC)

Estimulação transcraniana por corrente contínua (*Transcranial direct current stimulation*) (tDCS)

Manual de classificação de Habilidade Manual (MACS)

Paralisia cerebral (PC)

Raiz quadrada da media do sinal EMG (RMS)

Sistema Nervoso Central (SNC)

Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM)

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

Tríceps Braquial (TB)

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 atividades de vida diária (ROSEMBAUM *et al.*, 2007). 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 funcional (VASCONCELOS *et al.*, 2009; MANOEL & OLIVEIRA, 2000).

Embora se verifique consenso quanto a presença de déficits sensoriais, motores e funcionais na PC, não há indicação de homogeneidade quanto as metodologias utilizadas nas avaliações destas variáveis ou unanimidade no que se refere à associação destes fatores no curso da PC (OLIVEIRA, 2007).

A distribuição topográfica do comprometimento motor é estabelecida como: tetraplegia, quando o acometimento dos membros inferiores é igual ou menor do que nos membros superiores sendo que, a forma tetrapparesia responde por 9 a 43% dos casos; diparesia, presente entre 10 e 33%, com envolvimento mais leve de membros superiores do que de membros inferiores e hemiparesia, com alteração de um hemicorpo com ocorrência entre 25 e 40% dos casos (OLIVEIRA, 2007).

O tipo hemiparesia corresponde a 15,3% a 40% dos casos de PC e caracteriza-se por um quadro de deficiência motora unilateral, contralateral a lesão encefálica (HOARE *et al.*, 2010; JESSENet *et al.*, 1990). Associado ao quadro de espasticidade muscular, as crianças com hemiparesia apresentam perda da excitação neuronal motora superior que é tipicamente relacionada com pobre controle motor seletivo e fraqueza muscular. Estes prejuízos resultam em incapacidades funcionais significantes (JESSEN *et al.*, 1990; ELIASSON *et al.*, 2005; VAZ *et al.*, 2006).

Cerca de 50-70% dos casos de PC vão apresentar comprometimentos dos membros superiores (ELVRUM *et al.*, 2012; UVEBRANT, 1988). Gerando um padrão dinâmico de movimentos dos membros superiores altamente variável, principalmente no que diz respeito à localização e à extensão da lesão do sistema nervoso central. Atuais métodos clínicos de avaliação do membro superior são feitas em termos de função, controle motor, deficiências sensoriais, destreza, tônus muscular, grau de deformidade fixa versus dinâmica e variações de movimentação ativa e passiva (ELVRUM *et al.*, 2012; KOMAN *et al.*, 2004). Em crianças a qualidade dos movimentos

dos membros superiores durante várias tarefas funcionais é normalmente quantificada utilizando escalas de avaliação clínica e análise tridimensional do movimento (ELVRUM *et al.*, 2012; JACOBSON, 2007).

Sugere-se que a análise da função implica na identificação das limitações de atividades e habilidades funcionais que são consequências dos problemas de saúde que levam a inabilidade para alcançar o padrão de natureza anatômico, fisiológico, psicológico, ou mental normal (deficiência). Esta, por sua vez, pode levar à redução nas habilidades comportamentais ou do desempenho das tarefas (incapacidade) ou em déficits no desempenho dos papéis sociais (desvantagem) (FISHER, 1992).

A classificação por tipo de comprometimento motor engloba as formas: espástica, caracterizada pela hipertonia muscular; hipotônica; atetósica, discinética, coreoatetósica ou distônica na qual estão presentes movimentos involuntários; atáxica definida pela ocorrência de incoordenação axial e/ou apendicular e prejuízo no equilíbrio e mista, na qual podem coexistir espasticidade, movimentos involuntários e ataxia (GIANNI, 2005).

Os prejuízos primários dos membros superiores, como espasticidade, fraqueza muscular e alterações do controle motor, podem dar origem a complicações secundárias osteomusculares, como contraturas e deformidades, resultando em limitações dos movimentos. As limitações funcionais vão presumidamente resultar das deficiências motoras e também de alterações adicionais da sensação, percepção, cognição, comportamento e comunicação (VAZ *et al.*, 2006; BAENDVIK *et al.*, 2010).

A espasticidade, a fraqueza muscular, a limitação da supinação e do alcance são relacionadas com as dificuldades na realização de várias atividades de vida diária, envolvendo o alcance, o agarrar e o manipular objetos. Em decorrência destes fatores, grande parte dos tratamentos oferecidos é direcionada para melhora das deficiências neuromusculares ao nível das funções do corpo, com a intenção de melhorar o desempenho de atividades funcionais (VAZ *et al.*, 2006; DAMINANO, 2006; ANTITLA *et al.*, 2008). A identificação dos fatores que levam ao prejuízo funcional é de suma importância para a tomada de decisão clínica e a avaliação do processo terapêutico (OLIVEIRA, 2007).

Em crianças com PC o incremento no desempenho funcional é determinado por múltiplos fatores como tônus anormal, as demandas da tarefa, a gravidade e as condições do ambiente; sendo que a motivação, interesse, suporte familiar, adoção de adaptações e oportunidades para a prática da tarefa são fatores que, reconhecidamente, influenciam positivamente estas conquistas (DARRAH *et al.*, 2001).

1.1. Eletromiografia

A Eletromiografia (EMG) Cinesiológica surgiu em 1944 com o primeiro estudo de maior aceitação realizado no período de desenvolvimento da eletrônica (INMAN *et al.*, 1944). A EMG é uma técnica de avaliação da função e disfunção muscular permitindo a análise dos músculos, contribuindo para diagnóstico e prognóstico de pacientes que apresentem algum tipo de disfunção muscular (BIASOTTO-GONZALEZ & BERZIN, 2003). O registro do sinal eletromiográfico constitui-se de um somatório de várias séries de potencial de ação das unidades motoras dentro das fibras musculares durante a contração muscular (DE LUCA, 1997).

A EMG tem sido utilizada para investigar possíveis deficiências e a intensidade de ativação muscular (CHESTER *et al.*, 2010). Especificamente é um índice conveniente de excitação muscular e permite uma descrição de padrões musculares (BOUISSET, 2008). Tem sido o instrumento mais utilizado para o estudo da ativação muscular durante exercícios, principalmente da intensidade de contração muscular (MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009).

Variações nos sinais EMG de crianças podem significar imaturidade dos sistemas aferentes, eferentes e do sistema nervoso central (SNC), considerando que quanto maior a idade da criança melhor é a precisão das características temporais da ativação muscular (HADDERS-ALGRA *et al.*, 1996). A variação nos padrões de ativação pode ser atribuída aos fatores biomecânicos e maturação do SNC (HADDERS-ALGRA *et al.*, 1998).

Com relação aos membros superiores, vários estudos têm apresentado evidências de que a combinação de um pequeno número de sinergias musculares pode reconstruir características complexas de padrões de ativação muscular registrados durante os movimentos (CHEUNG *et al.*, 2009; MUCELI *et al.*, 2010). O mesmo conjunto de sinergias poderiam reconstruir padrões de ativação muscular em diferentes condições biomecânicas, como as variações de carga, postura, velocidade ou direção de movimento (PERREAULT *et al.*, 2008).

1.2. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC)

Com o intuito de alcançar novas práticas terapêuticas, a estimulação elétrica transcraniana por corrente contínua, tem se mostrado um promissor recurso no tratamento de crianças com paralisia cerebral. O uso da Estimulação Transcraniana com Corrente Contínua (ETCC ou tDCS) baseia-se em uma técnica não invasiva, onde é produzida a estimulação do córtex, por meio de uma corrente elétrica monofásica direta de baixa intensidade (1 a 2mA), por eletrodos de superfície. Esta técnica apresenta vantagens sobre outras técnicas de estimulação transcraniana, pois fornece efeito modulatório da função cortical com maior duração, sendo de fácil aplicação e com menor custo. Além disso, este tipo de intervenção promove uma condição melhor de estimulação placebo dando especificidade maior aos resultados científicos (FREGNI *et al.*, 2006; MENDONÇA & FREGNI, 2012).

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 positivo para o pólo negativo (IMAGEM 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 (MIRANDA *et al.*, 2006; WAGNER *et al.*, 2007).

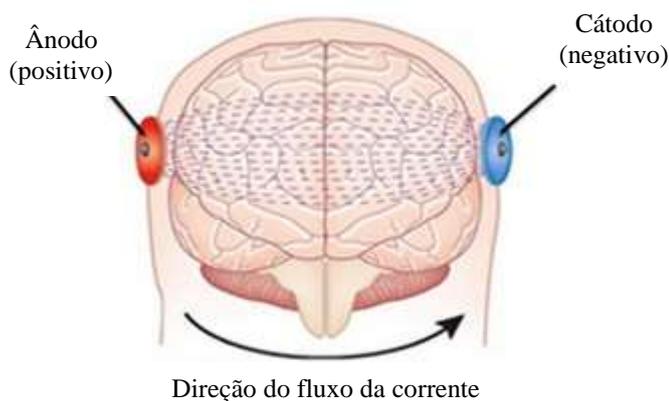


Imagem 1. Fluxo da corrente elétrica durante a estimulação elétrica do ânodo para o cátodo. Fonte: <http://www.davidileitman.com/time-causality-and-perception-tcp/>.

O uso da ETCC demonstrou efeitos da excitabilidade cortical quando aplicada em curto prazo com efeitos curtos, quanto com aplicação de longo prazo, gerando efeitos duradouros relacionados a mecanismos plásticos (NITSCHKE & PAULUS, 2001). Muitos estudos conduzidos em modelos animais demonstraram os efeitos polares da ETCC no córtex cerebral. Estes estudos demonstraram que correntes polarizadas aplicadas na superfície cerebral podem aumentar o disparo espontâneo (CREUTZFELDT *et al.*, 1962) e iniciar atividade paroxística (GOLDRING & O'LEARY, 1951) quando utilizado o pólo anodal, enquanto que o polo catodal geralmente deprime estes eventos. Com base nestes dados, estudos em humanos avaliaram os efeitos de cada pólo na excitabilidade cortical, por meio da estimulação do córtex motor primário. Nestes estudos, a estimulação anodal aumentou a excitabilidade cortical, e a estimulação catodal diminuiu (NITSCHKE & PAULUS, 2001). A ETCC é uma técnica de neuromodulação que vem atraindo a atenção de muitos pesquisadores nos últimos anos. Os resultados de pesquisas clínicas demonstram seu grande potencial no tratamento de acometimentos neurológicos e na investigação de processos de modulação da excitabilidade cortical (MENDONÇA & FREGNI, 2012).

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. 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 atividade, o padrão funcional de atividade cortical (MENDONÇA & FREGNI, 2012).

Estudos envolvendo o uso da ETCC no córtex motor primário 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 movimentação ativa de tornozelo e na função motora. No entanto, existe um número extremamente restrito de estudos que analisaram os efeitos da estimulação transcraniana em crianças com PC. Alguns estudos usaram a combinação da estimulação com treino de marcha em esteira com resultados expressivos sobre velocidade da marcha e cadência (GRECCO *et al.*, 2014; DUARTE *et al.*, 2014). Outro estudo com PC associou a estimulação transcraniana ao treino com realidade virtual, apresentando bons resultados sobre o efeito imediato no

equilíbrio estático (LAZZARI *et al.*, 2015). Os achados encontrados na literatura referente ao uso da estimulação magnética transcraniana (*Transcranial Magnetic Stimulation* – TMS) como método para analisar o potencial evocado (NEZU *et al.*, 1999; VRY *et al.*, 2008) e como recurso para redução da espasticidade de crianças com PC (VALLE *et al.*, 2007). Estudo recente utilizou a TMS para investigar os mapas corticais motores de crianças com hemiparesia e diparesia. Os autores relatam alterações significantes nos mapas motores corticais em crianças com PC (lateralização do membro superior e representação motora do membro inferior), demonstrando que ocorre uma reorganização após acometimentos em um ou ambos os hemisférios cerebrais (KESAR *et al.*, 2012).

1.3. Justificativa para o desenvolvimento do projeto

O projeto envolve inovadoras técnicas de intervenção (treino funcional do membro superior parético associado à contenção induzida e a ETCC que podem ser aplicadas com segurança em crianças com PC. Podemos considerar que o comprometimento motor seja em decorrência da associação entre a lesão encefálica e o padrão de plasticidade mal adaptativa que surge após uma lesão cortical. 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 físicas (MENDONÇA & FREGNI, 2012). A associação da ETCC com os recursos de terapia física proporcionará o treinamento de uma tarefa específica, com múltiplas repetições rítmicas, promovendo ricos estímulos sensoriais, com um limiar de excitabilidade modificado do córtex motor primário, ou seja, com aumento da eficácia sináptica local, potencializando assim o aprendizado motor.

As crianças com PC hemiparética espástica apresentam grande dificuldade de movimento de membros superiores devido à alteração do tônus muscular, que por muitas vezes é o principal fator que impede ou prejudica de forma importante movimentos simples como o alcance e agarrar. No entanto, resultados recentes na literatura demonstram que a tDCS tem efeito sobre o membro superior parético de indivíduos pós acidente vascular encefálico. E devido às semelhanças destas patologias, justifica-se o desenvolvimento deste projeto para verificar se a tDCS tem efeito semelhante sobre o membro superior parético na população de crianças com PC do tipo hemiparética espástica.

2. OBJETIVO

Analisar o efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua do córtex motor primário associado ao treino funcional de membro superior parético de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica, níveis I a III do MACS (ELIASSON AC *et al.*, 2006), sobre a atividade muscular sinérgica dos músculos bíceps e tríceps braquial por meio de Eletromiografia.

3. RESULTADOS

O **ESTUDO I**, intitulado **Avaliação da função do membro superior escalas para indivíduos com paralisia cerebral: uma Revisão Sistemática** (*Upper limb function evaluation scales for individuals with cerebral palsy: a systematic review*), foi publicado pelo periódico *Journal Physical Therapy Science* e o **ESTUDO II**, intitulado **Avaliação dos efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na atividade eletromiografia durante o movimento do membro superior em crianças com paralisia cerebral hemiparética: ensaio clínico controlado randomizado e duplo-cego** (*Effects of stimulation transcranial direct current on muscle activity in children with Cerebral Palsy: controlled trial*), foi submetido ao periódico *Journal of Motor Behavior*.

3.1 ESTUDO I

3.1.1. Introdução

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 atividades de vida diária (ROSEMBAUM *et al.*, 2007). Sabe-se que a principal alteração presente nas crianças com PC é o comprometimento motor. Além disso, a criança pode apresentar distúrbios intelectuais, sensitivos, visuais e auditivos que, somados às alterações motoras repercutirão de diferentes formas no seu desempenho funcional (VASCONCELOS *et al.*, 2009; MANOEL & OLIVEIRA, 2000).

Embora haja consenso quanto a presença de déficits sensoriais, motores e funcionais na PC, não há indicação de homogeneidade quanto as metodologias utilizadas nas avaliações destas variáveis ou unanimidade no que se refere à associação destes fatores no curso da PC (OLIVEIRA, 2000). Cerca de 50-70% dos casos de PC vão apresentar comprometimentos dos membros superiores (ELVRUM *et al.*, 2012; UVEBRAND, 1988). Os prejuízos primários dos membros superiores, como espasticidade, fraqueza muscular e alterações do controle motor, podem dar origem a complicações secundárias osteomusculares, como contraturas e deformidades, resultando em limitações dos movimentos (VAZ *et al.*, 2006). A identificação dos fatores que levam ao prejuízo funcional é de suma importância para a tomada de decisão clínica e a avaliação do processo terapêutico (OLIVEIRA, 2000).

Vários tratamentos existem para melhora na função, seja com terapia no domicílio ou na escola (BOYD *et al.*, 2001). Entretanto, a eficácia destas terapias depende da avaliação funcional bem realizada e da condição do paciente (STEENBERGEN *et al.*, 2006; PAGLIANO *et al.*, 2001). Em relação à avaliação funcional existem diversos métodos e ferramentas que foram desenvolvidos e são utilizados na PC. Estes incluem as mais utilizadas como a escala de House (HOUSE *et al.*, 1981), o Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade (PEDI) (FELDMAN *et al.*, 1990), a Avaliação de Melbourne (JOHNSON *et al.*, 1994), a Pediatric Outcome D Collection Instrument (McMULKIN *et al.*, 2007), o Assisting Hand Assessment (KRUMLINDE-SUNDHOLM *et al.*, 2007), o ABILHAND-kids (ARNOLD *et al.*, 2004) e a Avaliação Extremidade Superior para Crianças do Hospital Shriners (DAVIDS *et al.*, 2006). Algumas dessas escalas foram validadas, porém não existe um consenso sobre qual o melhor método de avaliação para identificar as melhorias na habilidade e funcionalidade manual na PC (HYUN *et al.*, 2010).

Há necessidade de se obter conhecimento adequado quanto à aplicação de escalas de avaliação de membros superiores em crianças com paralisia cerebral. O presente estudo teve como objetivo realizar uma análise sistemática da literatura para investigação de quais escalas ou métodos são mais utilizadas na avaliação funcional de membros superiores em Paralisia Cerebral.

3.1.2. Materiais e Métodos

O estudo consiste em uma revisão sistemática da bibliografia onde foi realizada uma pesquisa na literatura na rede de biblioteca virtual em saúde e consulta aos bancos de dados *Medline*, *PEDro*, *Lilacs*, *Scielo* e *PubMed*, considerando a combinação das seguintes palavras: paralisia cerebral, membros superiores, escalas funcionais. Os artigos encontrados foram avaliados por dois pesquisadores cegos, seguindo os seguintes critérios de inclusão: 1) ensaio clínico controlado, 2) desfecho: avaliação funcional de membros superiores de indivíduos com paralisia cerebral, 3) ano de publicação: 2006 a 2014.

Os artigos utilizados nesta revisão foram avaliados, pontuados e qualificados através da escala *Physiotherapy Evidence Database – PEDro*. A escala *PEDro* possui 11 itens, sendo que cada item possui o valor de 1 ponto (exceto o item 1 que não é pontuado). O escore final pode variar de 0 (zero) a 10 (dez). Esta escala possui o objetivo de avaliar a qualidade metodológica (Tabela 2) dos ensaios clínicos aleatorizados controlados, dando prioridade a dois fatores importantes do estudo: se o artigo apresenta validade interna, ou seja, se os resultados divulgados no estudo possuem informações suficientes, relevância clínica e estatística para que assim sua interpretação fique clara e permita a outros pesquisadores reproduzir o estudo. Todas as divergências encontradas referentes à classificação da escala *PEDro* foram discutidas e avaliadas por dois avaliadores cegos, de modo que o escore dos estudos fosse estabelecido em comum acordo.

3.1.3. Resultados

A busca realizada encontrou um total de 9 artigos, sendo que 4 não preencheram os critérios de inclusão. Dos 5 estudos selecionados todos obtiveram nota superior a 6 na escala PEDro e abordaram o uso de escalas de avaliação para membros superiores em paralisia cerebral (FIGURA 1), sendo considerados metodologicamente adequados. (TABELA 1 E 2) Os 6 estudos envolveram o total de 296 indivíduos com idade entre 2 e 18 anos de ambos os gêneros, com diagnóstico de Paralisia Cerebral.

Todos os trabalhos utilizaram uma ou mais escalas de avaliação para membros superiores, sendo que os resultados destas escalas foram considerados para a revisão em questão. As informações obtidas a partir dos artigos selecionados para esta revisão foram protocoladas da seguinte maneira: autor do artigo, quantidade da amostra, características da amostra, metodologia e resultados. (TABELA 3)

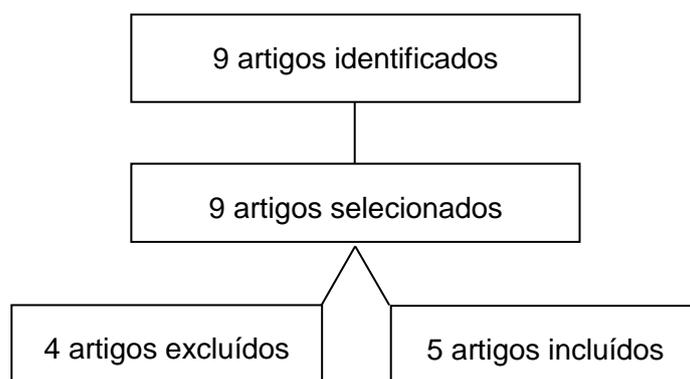


Figura 1. Fluxograma de estudos incluídos na revisão.

Tabela 1. Relação dos artigos incluídos na revisão.

Artigos	Autor e ano de publicação	PEDro	Tipo de estudo
1	Koman <i>et al</i> , 2013	7/10	Ensaio clínico
2	Fedrizzi <i>et al</i> , 2013	9/10	Ensaio clínico
3	Xu <i>et al</i> , 2012	8/10	Ensaio clínico
4	Lin <i>et al</i> , 2011	7/10	Ensaio clínico
5	Redman <i>et al</i> , 2008	6/10	Ensaio clínico

Table 2. Pontuação dos artigos incluídos na revisão.

PEDro	1	2	3	4	5
Elegibilidade	N	S	S	S	S
Alocação aleatória	S	S	S	S	S
Alocação Confidencial	S	S	S	S	S
Prognóstico semelhante	N	S	S	N	S
Indivíduos cegos	S	S	N	N	N
Terapeutas cegos	N	N	N	N	N
Avaliadores cegos	S	S	S	S	N
Principais resultados	S	S	S	S	N
Comparação entre grupos	S	S	S	S	S
Precisão e variabilidade	S	S	S	S	S
Pontuação	7/10	9/10	8/10	7/10	6/10

Legenda: S = sim; N = não

Tabela 3. Características dos estudos incluídos na revisão

Artigo	Nº de sujeitos	Características da amostra	Métodos	Resultados
1	71	Hemiparesia Espástica	GE: 36- Toxina botulínica GC: 35- Injeção placebo	O GE apresentou melhor resultado na extensão de punho quando comparado ao GC na avaliação Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function.
2	105	Hemiparesia Espástica	GE1: 34- Treino intensivo bimanual GE2: 33- TCI modificada GC: 33- Tratamento padrão	O grupo TCI modificada teve melhor resultado na qualidade do movimento quando comparado aos outros grupos na escala QUEST, e melhora na qualidade de vida pela BESTA scale.
3	75	Hemiparesia Espástica	GE1: 25- TCI GE2: 24- TCI + Estimulação elétrica GC: 26- Terapia ocupacional	O grupo GE2 apresentou melhor resultado quando comparado aos outros dois grupos na avaliação Upper extremity functional test e Grasping subtest of Peabody developmental motor scales.
4	22	Hemiparesia Espástica	GE: 11- TCI GC: 11- Intervenção controle	O GE obteve melhor resultado quando comparado ao GC nas avaliações: PDMS-2, BOTMP e PMAL.
5	23	Hemiparesia Espástica	GE: 12- Toxina botulínica GC: 11- Injeção Placebo	Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Já na escala os PedsQL houve concordância intraclasse para atividades diárias, fala e comunicação.

Legenda: GE = grupo experimental; GC = grupo controle; TCI = terapia de contenção induzida; MMSS = membros superiores; MMII = membros inferiores; QUEST = Quality upper extremity skill test; PDMS-2 = Peabody Motor Developmental Scales II; BOTMP = Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency; PMAL = Pediatric Motor Activity Log;

3.1.4. Discussão

Dentre tantas formas de avaliação disponíveis na literatura para membros superiores, temos poucos métodos específicos para paralisia cerebral, já que grande parte das escalas existentes tem padronização para aplicação em adultos pós-acidente vascular encefálico. Por mais que a lesão destas duas patologias seja semelhante deve haver uma especificidade quanto ao método de avaliação e tratamento para estes indivíduos. Nos estudos relacionados nesta revisão podemos perceber que há na literatura poucos estudos consistentes sobre o assunto, principalmente quanto a aplicação das escalas de avaliação.

A escala Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function que fornece medidas objetivas de função do membro superior, avalia a qualidade dos movimentos dos membros superiores e apresenta consistência de moderada a alta como método de avaliação, muito utilizado na prática clínica por terapeutas ocupacionais (KOMAN *et al.*, 2013).

Podemos perceber que todos os estudos enfatizaram a avaliação funcional dos membros superiores, sempre associados a um método terapêutico funcional ou bloqueio neurolítico. Apesar destes achados podemos analisar o potencial de avaliação das escalas aplicadas em cada estudo. FEDRIZZI *et al.* utilizaram em seu estudo duas escalas como método de avaliação, a Quality Upper Extremity Skill Test (QUEST) e a BESTA Scale que tiveram bom desempenho e aplicabilidade, sendo considerados adequados para o estudo (FEDRIZZI *et al.*, 2013). A escala QUEST avalia a qualidade dos movimentos dos membros superiores na PC de forma unimanual e bimanual, porém não avalia qualidade de vida, item que é avaliado na BESTA Scale assim como a capacidade funcional e performance do movimento. Assim as informações colhidas acabam se complementando pelas informações obtidas pelas duas escalas.

XU *et al.* utilizaram a escala Upper extremity functional test para avaliar função, destreza manual e eficiência do movimento e o Grasping subtest of Peabody developmental motor scales para avaliação bimanual, este tem subtestes, como por exemplo o de avaliação de integração visual-motora (XU *et al.*, 2013). O Grasping subtest of Peabody developmental motor scales também conhecido como Peabody Developmental Motor Scales-2 ou PDMS-2, este é menos utilizado na literatura como método de avaliação quando comparado ao Upper extremity functional test. Entretanto o autor não menciona se alguma das duas escalas teve melhor aplicabilidade.

LIN *et al.* também utilizaram em seu estudo a PDMS-2 como método de avaliação, porém optaram por mais duas escalas, a BOTMP que avaliou a amplitude

de movimento e a PMAL para quantificar a capacidade funcional, além da Caregiver Functional Use Survey que é avaliação para cuidadores. As melhorias nas competências unilaterais e bilaterais foram bem observadas na escala PMAL, e não na escala BOTMP, porém a escala PDMS-2 também apresentou resultados positivos (LIN *et al.*, 2011). Neste estudo foi relatado o uso de escalas que avaliam em grande parte a capacidade funcional das crianças com PC, mas não sugere que a utilização de um deles seja mais favorável na prática clínica, seja por melhor aplicabilidade ou por expressar maior confiança nos resultados.

No estudo de REDMAN *et al.* diferentemente dos anteriores foi analisado o uso de uma escala que avalia a qualidade de vida em crianças com a aplicação da Pediatric Quality of Life ou PedsQL. Apesar de este estudo verificar de forma importante a aplicabilidade da escala na população com PC, esta escala não apresenta sensibilidade suficiente para detectar pequenas alterações clinicamente importantes (REDMAN *et al.*, 2008) e não tem nenhum domínio de avaliação funcional para membros superiores em PC.

3.1.5. Conclusão

Poucos estudos abordam o uso de escalas para avaliação de membros superiores em PC. Os estudos encontrados utilizaram diferentes escalas para avaliação, confirmando que realmente não há um consenso quanto à escala mais adequada, utilizada ou de ideal aplicabilidade clínica para a população com PC. Sugere-se então que novos estudos abordem este assunto para que as avaliações tenham métodos bem definidos e que representem bem as informações, já que na literatura a maior parte dos estudos avaliam membros superiores em adultos pós-acidente vascular encefálico, e ainda há escassez de pesquisas na área quando falamos em crianças com PC.

3.2. ESTUDO II

3.2.1. Introdução

Sabe-se que a principal alteração presente nas crianças com Paralisia Cerebral (PC) é o comprometimento motor, que ocasiona várias modificações decorrentes da encefalopatia, com consequentes alterações na biomecânica corporal (VASCONCELOS *et al.*, 2009; MANOEL & OLIVEIRA, 2000). A PC do tipo hemiparesia corresponde a 15,3% a 40% dos casos de PC e caracteriza-se por um quadro de deficiência motora unilateral, contralateral a lesão encefálica (HOARE *et al.*, 2010; JESSEN *et al.*, 1990). Associado ao quadro de espasticidade muscular, as crianças com hemiparesia apresentam perda da excitação neuronal motora superior que é tipicamente relacionada com pobre controle motor seletivo e fraqueza muscular. Estes prejuízos resultam em incapacidades funcionais significantes (HOARE *et al.*, 2010; ELIASSON *et al.*, 2005; VAZ *et al.*, 2006). Nas crianças a redução da excitabilidade cortical motora é associada com o atraso no desenvolvimento motor (PITCHER *et al.*, 2012). 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 unilateral (NEVALAINEN *et al.*, 2012). A diminuição da ativação do córtex somatosensorial pode fornecer uma base neurológica para a má consciência tátil, proprioceptiva e cinestésica observada em crianças com PC (KURZ & WILSON, 2011). A intervenção pode ser individualizada de acordo com o substrato neurológico disponível para recuperação, e assim maximizar a eficácia da reabilitação (KESAR *et al.*, 2012).

Com o intuito de alcançar novas práticas terapêuticas, a estimulação elétrica transcraniana por corrente contínua, tem se mostrado um recurso promissor no tratamento de crianças com PC (MUCELI *et al.*, 2010). 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 disponibilização da membrana neuronal, ou a corrente catódica, onde o estímulo surte efeito inibitório por hiperpolarização da membrana neuronal (AURICHAYAPAT *et al.*, 2011; THIBAUT *et al.*, 2013). 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. Estudos envolvendo o uso da ETCC no córtex motor primário de adultos com sequelas de acidente vascular encefálico demonstraram melhora da função dos membros superiores: movimentação ativa de punho e dedos, e movimento de pinça (HUMMEL &

COHEN, 2006; MADHAVAN *et al.*, 2011). Estes resultados incentivam o uso da ETCC sobre regiões motoras e pré-motoras dos membros para melhorar o controle motor em pacientes com lesões neurológicas (KASHI *et al.*, 2012).

Um estudo recente mostrou que há várias possibilidades de avaliações funcionais de membros superiores em PC, como EMG que é um método preciso e escalas funcionais que são métodos menos precisos, porém não há um método padronizado ou mais adequado para avaliação dos membros superiores em crianças com PC (SANTOS *et al.*, 2015). A EMG tem sido utilizada para investigar possíveis deficiências e a intensidade de ativação muscular (CHESTER *et al.*, 2010). Especificamente é um índice conveniente de excitação muscular e permite uma descrição de padrões musculares (BOUISSET, 2008). Tem sido o instrumento mais utilizado para o estudo da ativação muscular durante exercícios, principalmente da intensidade de contração muscular (MONFORT-PAÑEGO *et al.*, 2009). As variações nos sinais EMG de crianças podem significar imaturidade dos sistemas aferentes, eferentes e do sistema nervoso central, considerando que quanto maior a idade da criança melhor é a precisão das características temporais da ativação muscular (HADDERS-ALGRA *et al.*, 1996). A variação nos padrões de ativação pode ser atribuída aos fatores biomecânicos e a maturação do SNC (HADDERS-ALGRA *et al.*, 1998). Com relação aos membros superiores, vários estudos têm apresentado evidências de que as combinações de um pequeno número de sinergias musculares podem reconstruir características complexas de padrões de ativação muscular registrados durante os movimentos (CHEUNG *et al.*, 2009; MUCELI *et al.*, 2010).

Como há poucos estudos disponíveis que avaliam EMG em crianças com PC, principalmente quando submetidas à intervenção com ETCC. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua do córtex motor primário associado ao treino funcional de membro superior parético de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica, níveis I a III do Sistema de Classificação da Habilidade Manual (Manual Ability Classification System - MACS), sobre a atividade muscular sinérgica dos músculos bíceps e tríceps braquial por meio de Eletromiografia.

3.2.2. Material e Métodos

O estudo é um ensaio clínico, prospectivo, analítico, pareado, controlado, aleatorizado e duplo cego. Os indivíduos foram alocados por um método de aleatorização em blocos, divididos em dois grupos: Grupo experimental (GE)– treino funcional de membro superior associado a ETCC anódica no córtex motor primário; Grupo Controle (GC)– treino funcional de membro superior associado a ETCC Sham. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil, sob protocolo número 525.935 (ANEXO 1), registrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (REBEC): RBR-6v4y3k (ANEXO 2). Todos os responsáveis concordaram com a participação das crianças, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 3).

3.2.2.1. Casuística

A população foi composta por crianças diagnosticadas com PC hemiparesia espástica. As crianças foram recrutadas a partir das clínicas de fisioterapia da UNINOVE, São Paulo, Brasil. Os critérios de *inclusão* foram: a) diagnóstico de PC do tipo hemiparesia espástica; b) classificadas funcionalmente como níveis I, II ou III pelo MACS (ANEXO 4) (ELIASSON AC *et al.*, 2006); c) idade entre 6 e 15 anos de vida; d) graus de compreensão e colaboração compatíveis com a realização das atividades propostas; e) os responsáveis concordarem com a participação no estudo por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram *excluídas* crianças que: a) tinham sido submetidos a procedimentos cirúrgicos ou a bloqueios neurolíticos nos últimos 12 meses antes do início das sessões de treinamento; b) deformidades ortopédicas estruturadas com indicações cirúrgicas; c) portadoras de epilepsia; d) que possuam implante metálico no encéfalo ou aparelhos auditivos.

3.2.2.2. Protocolo

Fluxograma do estudo (FIGURA 2).

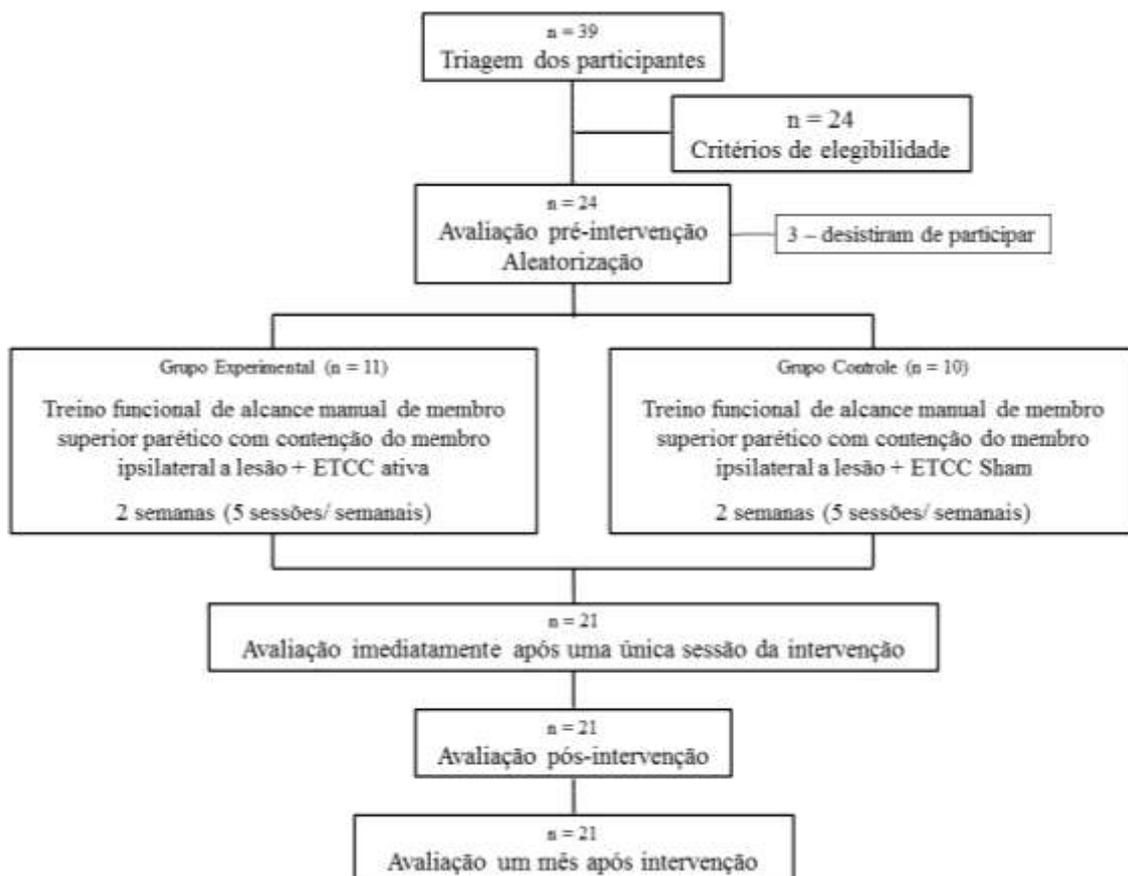


Figura 1: fluxograma do estudo segundo o CONSORT.

Legenda: ETCC - Estimulação elétrica transcraniana por corrente contínua.

3.2.2.3. Intervenção

3.2.2.3.1. Estimulação transcraniana por corrente contínua

A ETCC foi realizada durante as sessões de intervenção, para 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 *tDCS Transcranial Stimulation (Trans Cranial Technologies, USA)*, por meio de dois eletrodos-esponja de superfície (não-metálicos) de 25-35 cm², umedecidos em solução salina. As crianças foram distribuídas aleatoriamente em dois tipos de tratamento: 1) ETCC anódica no córtex motor primário; e 2) ETCC Sham.

A estimulação seguiu a montagem proposta por FREGNI *et al.* 2012 (IMAGEM 2). Com o eletrodo ânodo posicionado sobre C3 (sistema internacional 10-20 de eletroencefalograma – EEG), correspondente ao córtex motor primário. O cátodo posicionado na região supra orbital contralateral ao ânodo. Devido ao quadro de hemiparesia o ânodo foi posicionado no córtex motor primário do hemisfério contralateral ao comprometimento motor. Na estimulação Sham todos os procedimentos de colocação dos eletrodos foram realizados, o estimulador foi ligado durante 30 segundos. Desta forma, as crianças tiveram a sensação inicial, mas não receberam nenhuma estimulação no tempo restante. Este procedimento é uma forma válida de controle em estudos de ETCC.

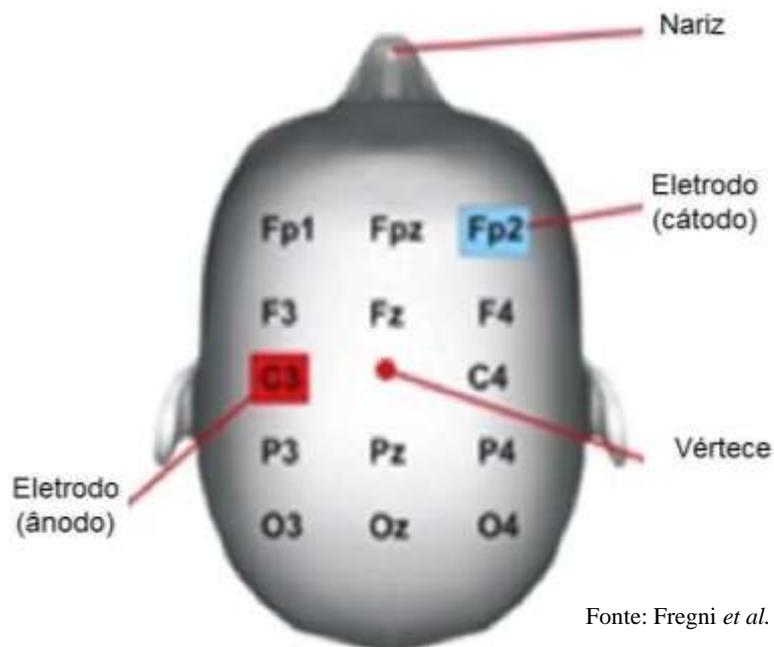


Imagem 2. Esquema escolhido para montagem do ETCC.

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

3.2.2.3.2. Treinamento funcional do membro superior parético

A terapia baseado no movimento associada à contenção do membro não parético (durante a sessão de estimulação) foi baseada no protocolo de HOARE *et al.* 2010. Em casa sessão de estimulação, com duração de 20 minutos, as crianças foram posicionadas sentadas em uma cadeira com altura que permita flexão dos quadris e joelhos de 90° e os pés devidamente apoiados no chão. Uma mesa com altura regulável em altura foi posicionada a frente do paciente. O posicionamento da criança permitia a liberação do membro superior para a movimentação livre para o alcance e o agarrar, além de permitir o seguimento visual do movimento. Devidamente posicionado a frente da criança, o terapeuta direcionou o movimento e a tarefa. Durante a sessão o terapeuta ofereceu auxílios verbais e físicos necessários para o desempenho do movimento/tarefa. Antes de cada sessão uma variedade de brinquedos divertidos e motivadores foram colocados na sala de treinamento, todos com o mesmo objetivo funcional que é a extensão do membro superior parético. Para melhorar a motivação e a atenção foi permitido que a criança selecionasse os brinquedos que seriam utilizados na sessão. Quando a criança se distraía, técnicas como o uso de ruídos e estímulos sensoriais (batendo na mesa com o brinquedo, tocando a mão afetada ou aumentando o volume da voz) eram utilizadas para redirecionar a atenção da criança para a tarefa. Três estratégias motoras foram treinadas: alcance, segurar e deslocar objetos.

Durante a sessão a mão do membro superior íntegro foi contida por meio de uma luva confortável de neoprene que não permitia a preensão palmar, com objetivo de facilitar a prática intensiva do membro superior afetado.

3.2.2.3.3. Avaliação

O processo de cada avaliação (pré-intervenção, imediatamente após 1 intervenção, pós-intervenção e um mês após o término do protocolo) foi realizado em um único dia com período máximo de uma hora e trinta 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 (ANEXO 4). A seguir a descrição dos procedimentos da avaliação:

3.2.2.3.3.1. Eletromiografia (EMG)

Durante o desempenho da tarefa, eletromiografia (EMG) foi empregada usando 8 canais, e foi utilizado o sistema de EMG (FREEEmg, BTS, Itália) para registrar as atividades do músculo do bíceps braquial e tríceps braquial, bilateralmente. Para a gravação EMG de superfície, foram usados eletrodos bipolares de superfície de Ag / AgCl, com um diâmetro de 10 mm e um espaçamento inter-eletrodo de 22 mm, foram colocados bilateralmente na pele raspada e limpa com álcool etílico 70% sobre os músculos bíceps braquial e tríceps braquial (FOTO 1). A colocação dos eletrodos de superfície para realizar a eletromiografia de superfície seguiu as recomendações do SENIAM (Hermens H *et al.*, 1999). Os sinais de EMG foram pré-amplificados, usado o filtro passa-banda (20-450 Hz) a uma taxa de amostragem de 1000 Hz. O root mean square (RMS) do sinal foi calculado para cada movimento, distinguindo a fase de extensão do cotovelo (ida em direção ao alvo) e flexão de cotovelo (retorno ao ponto de partida).

A cinemática do movimento do membro superior foi realizada usando o sistema SMART-D 140® (BTS, Milão, Itália), com oito câmeras com espectro de resposta sensível ao infravermelho trabalhando com amostragem de 100Hz e um sistema de vídeo sincronizado com o sistema SMART-D. Marcadores reflexivos foram posicionados em pontos anatômicos de referência, segundo o protocolo *SMARTup: The experimental setup*, diretamente colocados sobre a pele utilizando fita adesiva específica. Um total de 17 marcadores com diâmetro de 10 mm foi usado para identificar a posição da cabeça, do tronco e do membro superior (braço, antebraço e mão). A partir de dados cinemáticos, foram considerados separadamente os seis repetição do movimento (em amarelo) (FIGURA 3). Para cada repetição foi considerada extensão (em vermelho) e flexão (em verde) fase (FIGURA 4). A partir do sinal de EMG, nas duas fases foram computados os RMS e seu valor médio para os dois músculos dos membros superiores.

Figura 3. Ciclo do movimento da cinemática do membro superior.

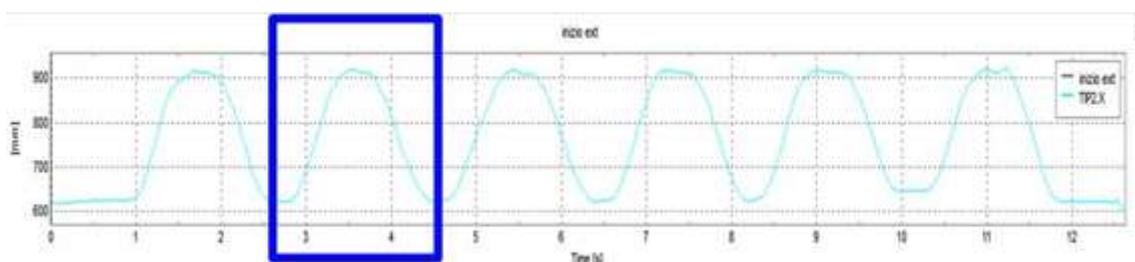
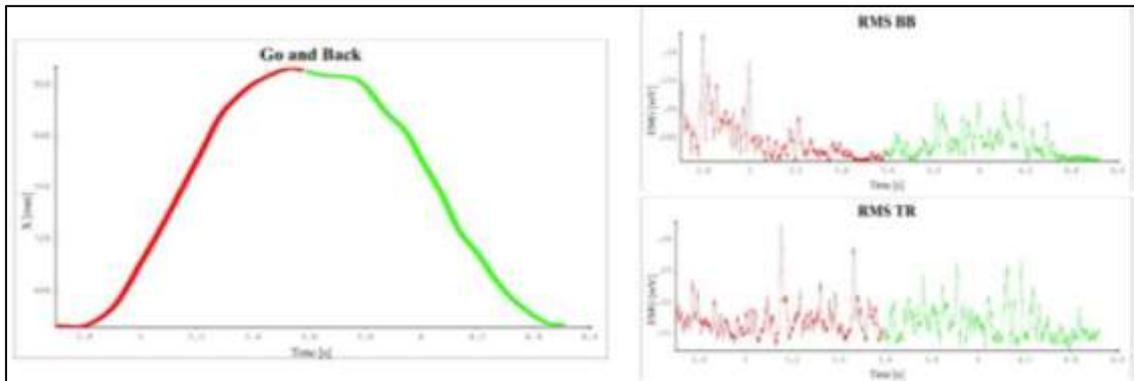
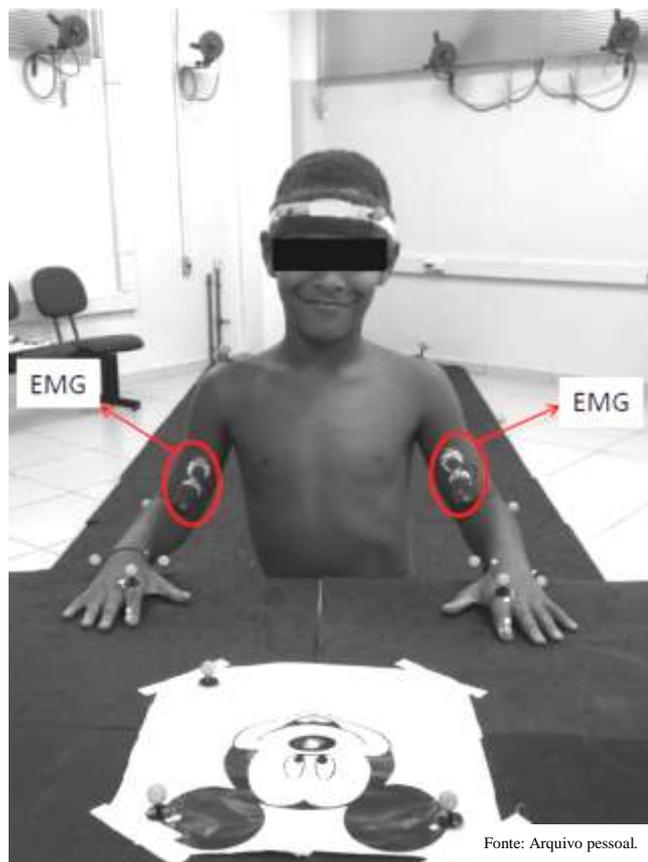


Figura 4. Descrição das fases do movimento em um ciclo.



Legenda: fase de ida em vermelho e fase de retorno em verde.

Foto 1. Modelo de coleta e sincronização do EMG com a cinemática.



Fonte: Arquivo pessoal.

3.2.2.4. Estatística

O tamanho da amostra foi calculado com o auxílio do programa STATA 11, baseado em um estudo piloto realizado previamente e no efeito encontrado através da raiz quadrada média do sinal de EMG (RMS) dos músculos bíceps braquial (BB) e tríceps braquial (TB) durante os movimentos de extensão e flexão dos membros superiores, o valor do RMS do BB na extensão foi considerado para o cálculo. Esta variável foi selecionada como desfecho primário com base em sua validade e confiabilidade comprovada da atividade muscular. Considerando a média e desvio padrão do hemicorpo plégico de $0,04 \pm 0,011\text{mV}$ no grupo experimental, um poder de 80% e um alfa bidirecional de 0,05, com um aumento de 20% para evitar possíveis *dropouts*, doze crianças foram necessárias para cada grupo, totalizando 24 participantes (12 por grupo).

Os dados foram inicialmente analisados quanto à aderência à curva de Gauss, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Análise estatística não paramétrica foi realizada. Calculamos os resultados através de mediana e IQR para cada parâmetro para ambos os grupos (considerando separadamente o lado plégico e o lado não plégico). A comparação entre o grupo experimental (GE) e grupo controle (GC) na avaliação PRÉ foi realizada com o teste de Mann-Whitney U, sendo que ambos grupos apresentaram a mesma condição de partida em termos de sinais de EMG. Para a comparação do GE e o GC nas avaliações PRÉ, Imediatamente APÓS 1 Sessão, PÓS 10 sessões e Após 1 mês foi realizado o teste de Friedman ANOVA para medidas repetidas, para lado plégico e lado não plégico. Os valores de $p < 0,05$ foram considerados significantes. Os dados foram organizados e tabulados utilizando o Programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) v.19.0.

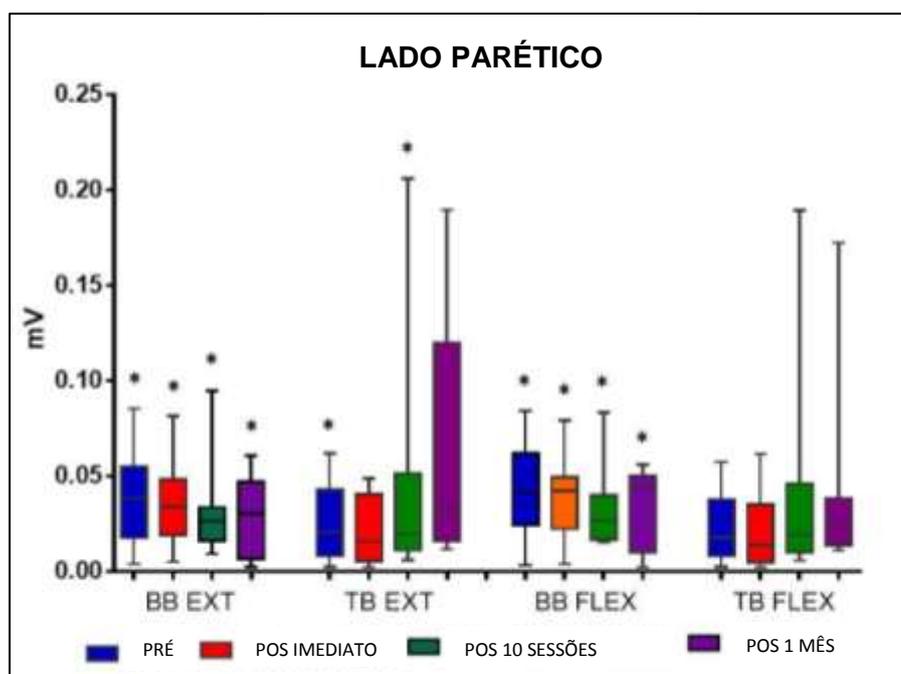
3.2.3. RESULTADOS

Na comparação entre o GE e GC na avaliação PRÉ não foram encontradas diferenças significativas tanto para o lado parético e quanto para o lado não parético.

GRUPO EXPERIMENTAL: Lado parético: Houve diferença estatística para BB (em extensão e em flexão) entre as avaliações PRÉ, Imediatamente APÓS 1 Sessão, APÓS 10 Sessões e APÓS 1 mês, porém para o TB só foi encontrado resultado significativo durante a extensão entre as avaliações PRÉ e APÓS 1 mês. Houve algumas reduções (em vermelho) para TB (em extensão) entre PRÉ e Imediatamente APÓS, para TB (em flexão) entre as avaliações PRÉ, Imediatamente APÓS, APÓS 10 Sessões e APÓS 1 mês, mas estes dados não foram estatisticamente significativos; porém observa-se uma "tendência" para a redução dos valores de RMS foi observada em todos os músculos (FIGURA 5). Lado não parético: Não foram encontradas diferenças estatísticas (FIGURA 6).

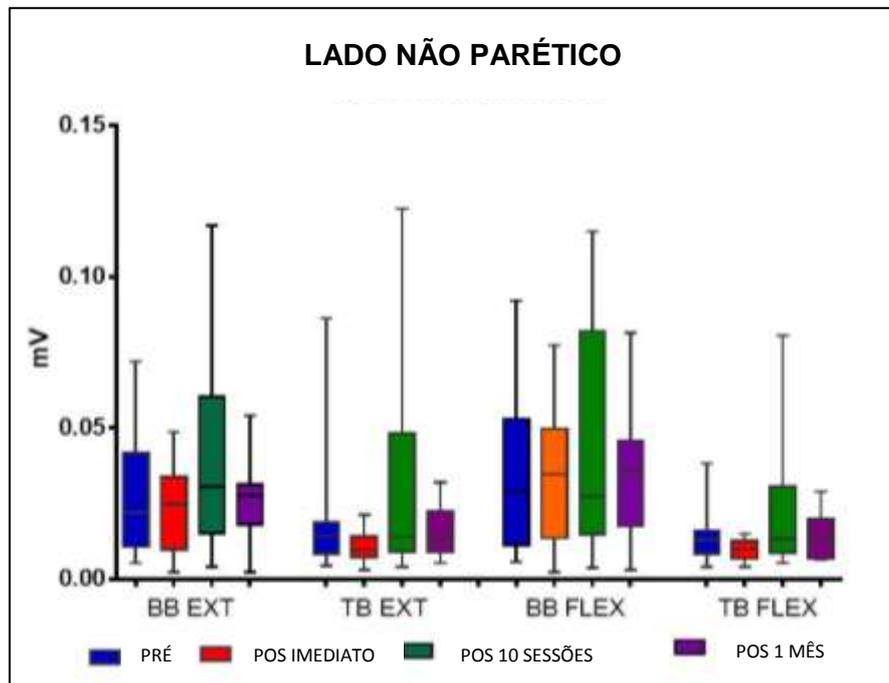
GRUPO CONTROLE: Lado parético: Não foram encontradas diferenças estatísticas. Houve algumas reduções (em vermelho) para BB em extensão e em flexão, mas eles não foram estatisticamente significantes; uma tendência de redução foi observada em particular para BB (FIGURA 7). Lado não parético: Não foram encontradas diferenças estatísticas (FIGURA 8).

Figura 5. Grupo experimental – lado parético.



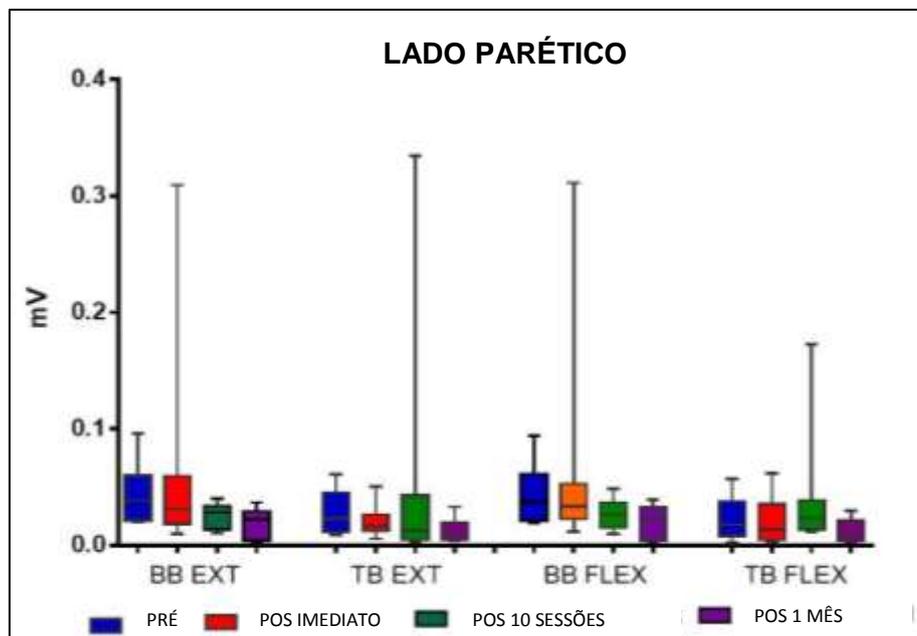
Legenda: mV, milivolts do RMS; Dados expressos em mediana e IQR; *p < 0.05.

Figura 6. Grupo experimental – lado não pártico.



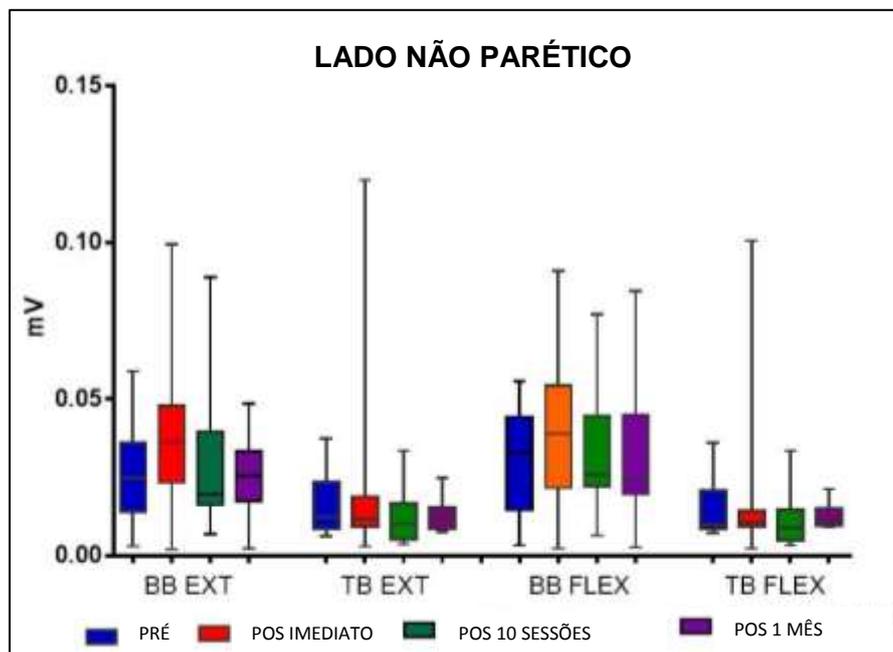
Legenda: mV, milivolts do RMS; Dados expressos em mediana e IQR;

Figura 7. Grupo Controle – lado pártico.



Legenda: mV, milivolts do RMS; Dados expressos em mediana e IQR;

Figura 8. Grupo Controle – lado não páretico.



Legenda: mV, milivolts do RMS; Dados expressos em mediana e IQR;

A partir da análise do RMS do BB (bíceps braquial) e TB (tríceps braquial) do sinal EMG durante o movimento executado observou-se que os principais efeitos estão no grupo experimental, em particular no lado plégico. No grupo experimental, para o lado plégico, estão presentes mudanças significativas no BB (em extensão e em flexão) entre as avaliações PRÉ, Imediatamente APÓS 1 Sessão, APÓS 10 Sessões e APÓS 1 mês e no TB (só em extensão) entre as avaliações PRÉ e APÓS 1 mês; não houve alteração para o lado não plégico. No grupo do controle, para o lado plégico, não houve mudanças significativas, mas apenas tendências para a redução do valor RMS; nenhuma alteração apareceu para o lado não plégico.

3.2.4- DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito da ETCC associado ao treino funcional de membro superior na PC hemiparesia espástica, sobre a sinergia da atividade muscular dos músculos BB e TB do cotovelo através de EMG. Através dos resultados encontrados constatamos que houve diferença significativa no GE quando comparado ao GC para o lado parético, sugerindo que no GE houve uma redução da espasticidade do membro parético que favoreceu um melhor controle do movimento de flexão e extensão do cotovelo, além da diminuição da atividade muscular para executar o movimento de alcance com precisão, enquanto no GC houve uma tendência à diminuição da atividade muscular e melhora do controle do movimento, porém sem diferença significativa. E relação ao lado não parético quando comparado entre o GE e GC, não houve diferença significativa em ambos os grupos.

A partir dos resultados encontrados observamos que intervenção proposta interferiu sobre a atividade muscular dos músculos BB e TB, melhorando o controle da espasticidade durante o movimento e conseqüentemente a sinergia muscular. OHN *et al.* realizaram um estudo com AVE e encontraram padrões de movimento distintos causados pela sinergia e espasticidade do membro superior afetado usando EMG, corroborando com os achados deste estudo (OHN SH *et al.*, 2013). Também foi possível observar que o músculo BB teve um resultado superior quando comparado aos resultados do músculo TB, tanto para o lado parético quanto para o lado não parético, sugerindo que indiretamente a espasticidade destes músculos diminuiu, possibilitando uma menor ativação muscular para a execução do mesmo movimento de forma mais precisa nos quatro momentos avaliados. LEE & CHUN em um estudo semelhante com pacientes pós-acidente vascular encefálico (AVE) usando a corrente catódica em 15 sessões de tDCS associada ao treino de membro superior com realidade virtual, observaram resultados positivos em relação ao movimento do membro parético através de algumas escalas de avaliação funcional: FMS, Fugl-Meyer Scale; K-MBI, Korean-Modified Barthel Index; MFT, Manual Function Test; MMT, manual muscle test (LEE & CHUN, 2014).

Sabe-se que o treino motor no processo de aprendizagem tem sua eficácia comprovada pela literatura. De acordo com MONTEIRO *et al.* com a prática ocorrem menos movimentos desnecessários e a otimização de energia, diminuindo o tempo de realização da tarefa, assim a sequência de movimentos apresenta melhor fluência e harmonia. (MONTEIRO CBM *et al.*, 2010) Assim quando a repetição é realizada de forma suficiente, ocorre a transição de ações mal coordenadas para movimentos

altamente precisos, em que sinergias neuromusculares complexas são ativadas com mínimo envolvimento da atenção. Este processo é conhecido como aprendizagem (TEIXEIRA LA, 2004). Dessa forma podemos reconhecer que o processo de aprendizagem oferecido pelo treino motor (alcance) associado com a ETCC foi fundamental sobre as alterações vistas no padrão da atividade muscular dos músculos BB e TB da população de PC.

Associando o treino motor a ETCC anódica sobre o córtex motor primário tivemos uma resposta melhor e mais rápida em termos de tratamento sobre o controle motor do membro parético treinado resultando em um movimento mais preciso. Já é sabido que a ETCC anódica sobre o córtex motor primário interfere sobre alguns parâmetros relacionados a marcha e equilíbrio em crianças com PC quando combinada com treino motor. Como no estudo de GRECCO *et al.* que obteve resultados positivos em relação à ETCC associada ao treino de marcha em esteira através de avaliação cinemática e escalas funcionais (velocidade da marcha e cadência) (GRECCO *et al.*, 2014). Outro estudo com o mesmo tipo de intervenção na PC apresentou resultados importantes sobre a oscilação ântero-posterior e médio-lateral através de estabilometria (DUARTE *et al.*, 2014). Recentemente um estudo apresentou um protocolo com a associação da ETCC ao treino funcional com realidade virtual em uma única seção e avaliou o equilíbrio estático através de estabilometria obtendo resultados significativos em relação a velocidade de oscilação do centro de pressão sobre os eixos ântero-posterior e médio-lateral (LAZZARI *et al.*, 2015).

Assim como nos estudos que apresentaram resultados favoráveis na marcha e no equilíbrio das crianças com PC com a associação das técnicas de ETCC e treino motor, no nosso estudo também foi possível verificar que a associação destas técnicas também apresenta efeitos positivos sobre a atividade e a sinergia muscular dos membros superiores na PC.

3.2.5- CONCLUSÃO

Com base em resultados encontrados, sugere-se que a ETCC associada ao treino funcional do membro superior parético em PC tem efeito sobre a atividade muscular, interferindo no controle muscular e favorecendo conseqüentemente a uma melhora da sinergia muscular, proporcionando um movimento mais preciso e ajustado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados deste estudo foi possível verificar que não há na literatura um único método padronizado para avaliação funcional de membros superiores em crianças com PC, mas apesar disso a EMG se mostrou um instrumento preciso para avaliação da atividade e sinergia muscular desta população. Porém, há a real necessidade de mais instrumentos precisos para avaliar membros superiores de crianças com PC.

Contudo foi possível através da EMG verificar que a ETCC associada ao treino funcional de membros superiores de crianças com PC hemiparética espástica interfere sobre a sinergia e atividade muscular dos músculos bíceps e tríceps braquial. E apesar dos bons resultados sugere-se que possa ser aplicado outro protocolo, pois apesar de ter os pacientes sempre presentes o protocolo aplicado neste trabalho é muito cansativo e longe da realidade para tratamento clínico do paciente. Assim, pode-se pensar em um protocolo por mais tempo com uma frequência menor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anttila H, Autti-Ramo I, Suoranta J, et al. Effectiveness of physical therapy interventions for children with cerebral palsy: a systematic review. *BMC Pediatr* 2008; 8:14.
2. Arnould C, Penta M, Renders A, Thonnard JL. ABILHAND-Kids: a measure of manual ability in children with cerebral palsy. *Neurology* 2004;63:1045–1052.
3. Aurichayapat P, Aurichayapat N. Basic knowledge of transcranial direct current stimulation. *J MedAssocThai* 2011; 94(4): 518-27.
4. Baendvik SM, Elvrum AK, Vereijken B, et al. Relationship between neuromuscular body functions and upper extremity activity in children with cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurol.* 2010; 52:29-34.
5. Biasotto-Gonzalez DA, Bérzin F. Estudo eletromiográfico de músculos estomagnáticos durante a mastigação de diferentes materiais. *Revista brasileira de ciências da saúde (IMES)* 2003; 1: 19-25.
6. Bouisset S. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Clin Neurophysiol* 2008; 38: 345–362.
7. Boyd RN, Morris ME, Graham HK. Management of upper limb dysfunction in children with cerebral palsy: a systematic review. *Eur J Neurol* 2001;8(Suppl 5):150 – 166.
8. Chester R, Smith TO, Hooper L, et al. The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: a systematic review of electromyographic studies. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2010. 11:45.
9. Cheung VCK, Piron L, Agostini M, et al. Stability of muscle synergies for voluntary actions after cortical stroke in humans. *Proc Natl AcadSci USA* 106: 19563–19568, 2009.
10. Creutzfeldt OD, Fromm GH, Kapp H. Influence of transcortical d-c currents on cortical neuronal activity. *Exp Neurol.* 1962; 5:436-52.
11. Damiano DL. Activity, activity, activity: rethinking our physical therapy approach to cerebral palsy. *Phys Ther* 2006; 86:1534-1540.
12. Darrah J, Law M, Pollock N. Family-centered functional therapy. A choice for children with motor dysfunction. *Inf Young Children* 2001;13(4):79-87.

13. Davids JR, Peace LC, Wagner LV, et al. Validation of the Shriners Hospital for Children Upper Extremity Evaluation (SHUEE) for children with hemiplegic cerebral palsy. *J Bone Joint Surg* 2006; 88A:326–333.
14. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*. 1997; 13:135-63.
15. Duarte NA, Grecco LA, 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 Aug 29;9(8):e105777. doi: 10.1371/journal.pone.0105777.
16. Eliasson AC, Krumlind-Sundhikn L, Shaw K, et al. Effects of constraint-induced movement therapy in young children with hemiplegic cerebral palsy: an adapted model. *Dev. Med. Child. Neurology*. 2005; 47(4): 266-275.
17. Eliasson AC, Krumlind-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, et al. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol*. 2006; 48(7):549-54.
18. Elvrum AK, Braendvik SM, Saether R, et al. Effectiveness of resistance training in combination with botulinum toxin-A on hand and arm use in children with cerebral palsy: a pre-post intervention study. *BMC Pediatrics* 2012; 12:91.
19. Fedrizzi E, Rosa-Rizzotto M, Turconi AC, et al. GIPCI Study Group. Unimanual and bimanual intensive training in children with hemiplegic cerebral palsy and persistence in time of hand function improvement: 6-month follow-up results of a multisite clinical trial. *J Child Neurol*. 2013; 28(2): 161-75.
20. Feldman AB, Haley SM, Coryell J. Concurrent and construct validity of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory. *Phys Ther* 1990; 70: 602–610.
21. Fisher AG. Functional Measures, Part 1: What is function, what should we measure, and how should we measure it? *AJOT*: 1992.; 46(2):183-5.
22. 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.
23. Fregni F, Gimenes R, Valle AC, et al. A randomized, sham-controlled, proof of principle study of transcranial direct current stimulation for the treatment of pain in fibromyalgia. *Arthritis and Rheumatism*, 2006; 54:3988-98.

24. Gianni MAC. Aspectos clínicos In: Moura EW, Silva PAC. (org.). Fisioterapia aspectos clínicos e práticos da reabilitação. São Paulo: Artes Médicas, 2005. p.13-25.
25. Goldring S, O'Leary JL. Summation of certain enduring sequelae of cortical activation in the rabbit. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1951; 3(3):329-40.
26. Grecco LA, Duarte NA, Zanon N, et al. Effect of a single session of transcranial direct current stimulation on balance and spatiotemporal gait variables in children with cerebral palsy: A randomized sham-controlled study. *Braz J Phys Ther.* 2014; 18(5): 419-27.
27. Hadders-Algra M, Brogrem E, Forssberg H, Ontogeny of Postural Adjustments During Sitting in Infancy: Variation, Selection and Modulation. *Journal of Physiology.* 1996; 493: 273-288.
28. Hadders-Algra M, Brogrem E, Forssberg H. Development of Posture Control – Differences between Ventral and Dorsal Muscles? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews.* 1998; 22: 501-506.
29. Hermens H, Freriks B, Merletti R, et al. European recommendations for surface Electromyograph. *Res Dev;* 1999 (CD-rom).
30. Hermens HJ, Freriks B, Diselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyography and Kinesiology.* 200; 10(5):361-74.
31. Hoare BJ, Imms C, Rawicki HB, Carey L. Modified constraint-induced movement therapy or bimanual occupational therapy following injection of Botulinum toxin-A to improve bimanual performance in young children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized controlled trial methods paper. *BMC Neurology* 2010; 10:58.
32. House JH, Gwathmey FW, Fidler MO. A dynamic approach to the thumb-in palm deformity in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg* 1981; 63A:216–225.
33. Hummel FC, Cohen LG. Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke? *Lancet Neurol.* 2006; 5(8): 708-12.
34. Gong HS, Chung CY, Park MS, et al. Functional Outcomes After Upper Extremity Surgery for Cerebral Palsy: Comparison of High and Low Manual Ability Classification System Levels. *J Hand Surg Am.* 2010 Feb; 35(2):277-283.e1-3
35. Inman VT, Saunders JBC, Abbott LC. Observations on the function of the shoulder joint. *J. Bone Jt. Surg.* 1944; 26: 1-30.

36. Jacobsson B. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev. Med. Child. Neurol.* 2007; 109:8-14.
37. Jasper HH. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroenceph Clin Neurophysiol.* 1958; 10: 370-375.
38. Jessen C, Mackie P, Jarvis S. Epidemiology of cerebral palsy. *Archives of Disease in Childhood Fetal and Neonatal Edition* 1990, 80(2):158.
39. Johnson LM, Randall MJ, Reddihough DS, et al. Development of a clinical assessment of quality of movement for unilateral upper-limb function. *Dev Med Child Neurol* 1994; 36:965–973.
40. 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: 2493-2505.
41. Kesar TM, Sawaki L, Burdette JH, et al. Motor cortical functional geometry in cerebral palsy and its relationship to disability. *Clin. Neurophysiol.* 2012; 123(7):1383-90.
42. Koman LA, Smith BP, Shilt JS. Cerebral palsy. *Lancet.* 2004; 363(9421): 1619-1631.
43. Koman LA, Smith BP, Williams R, Richardson R, Naughton M, Griffin L, Evans P. Upper extremity spasticity in children with cerebral palsy: a randomized, double-blind, placebo-controlled study of the short-term outcomes of treatment with botulinum A toxin. *J Hand Surg Am.* 2013 Mar;38(3):435-46.e1.
44. Krumlinde-Sundholm L, Homefur M, Kottorp A, Eliasson AC. The Assisting Hand Assessment: current evidence of validity, reliability, and responsiveness to change. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49:259–264.
45. Kurz MJ, Wilson TW. Neuromagnetic activity in the somatosensory cortices in children with cerebral palsy. *Neuroscience Letters.* 2011; 490: 1-5.
46. Lazzari RD, Politti F, Santos CA, et al. Effect of a single session of transcranial direct-current stimulation combined with virtual reality training on the balance of children with cerebral palsy: a randomized, controlled, double-blind trial. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27(3):763-8. doi: 10.1589/jpts.27.763.

47. Lin KC, Wang TN, Wu CY, et al. Effects of home-based constraint-induced therapy versus dose-matched control intervention on functional outcomes and caregiver well-being in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2011; 32(5):1483-91.
48. 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.
49. Manoel EJ, Oliveira JA. Motor developmental status and task constraint in overarm throwing. *J Hum Mov Stud.* 2000; 39: 359-78.
50. McMulkin ML, Baird GO, Gordon AB, Caskey PM, Ferguson RL. The pediatric outcome data collection instrument detects improvement for children with ambulatory cerebral palsy after orthopaedic intervention. *J Pediatr Orthop* 2007;27:1– 6.
51. 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.
52. Miranda PC, Lomarev M, Hallett M. Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation. *ClinNeurophysiol.* 2006; 117(7):1623-9.
53. Monfort-Pañego M, Vera-García FJ, Sánchez-Zuriaga D, et al. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *J Manip Physiol Ther.* 2009; 32:232–244.
54. Monteiro CBM, Jakabi CM, Palma GCS, Torriani C, Meira Junior CM. Aprendizagem motora em crianças com Paralisia Cerebral. *Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano* 2010; v. 20, p. 250-262.
55. Muceli S, Boye AT, d'Avella A, et al. Identifying representative synergy matrices for describing muscular activation patterns during multidirectional reaching in the horizontal plane. *J Neurophysiol* 103: 1532–1542, 2010.
56. 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.
57. Nezu A, Kimura S, Takeshita S, et al. Functional recovery in hemiplegic cerebral palsy: ipsilateral electromyographic responses to focal transcranial magnetic stimulation. *Brain Dev.* 1999; 21(3):162-5.

58. Nitsche MA, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*. 2001; 27(10):1899-901.
59. Oliveira MC. Avaliação Da Sensibilidade, Função Motora De Membros Superiores E Desempenho Funcional De Crianças Portadoras De Paralisia Cerebral. [Dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2007.
60. Pagliano E, Andreucci E, Bono R, Semorile C, Brollo L, Fedrizzi E. Evolution of upper limb function in children with congenital hemiplegia. *Neurol Sci*, 2001; 22:371–375.
61. Perreault EJ, Chen K, Trumbower RD, et al. Interactions with compliant loads alter stretch reflex gains but not intermuscular coordination. *J Neurophysiol*. 99: 2101–2113, 2008.
62. Pitcher JB, Schmeider LA, Burns NR, et al. Reduced corticomotor excitability and motor skills development in children born preterm. *J Physiol*. 2012; 590: 5827-44.
63. Redman TA, Finn JC, Bremner AP, Valentine J. Effect of upper limb botulinum toxin-A therapy on health-related quality of life in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Paediatr Child Health*. 2008 Jul-Aug;44(7-8):409-14.
64. 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: 8-14.
65. Santos CA, Franco de Moura RC, Lazzari RD, Dumont AJ, Braun LA, Oliveira CS. Upper limb function evaluation scales for individuals with cerebral palsy: a systematic review. *J Phys Ther Sci*. 2015 May;27(5):1617-20. Doi: 10.1589/jpts.27.1617
66. Soderberg GL, Cook TM. Eletromyography in Biomechanics. *Physical Therapy* 1984; 64: 1813-20.
67. Steenbergen B. Using the MACS to facilitate communication about manual abilities of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 948.
68. Teixeira LA. Aprendizagem de habilidades motoras na ginástica artística. In: Nunomura M, Nista-Piccolo VL. *Compreendendo a ginástica artística*. São Paulo: Phorte; 2004.
69. Thibaut A, Chatelle C, Gosserires O, LAurey S, Bruno MA. Transcranial direct current stimulation: A new too for neurostimulation. *Ver Neurol*. 2013; 69(2): 108-20.

70. Tirosh O, Sangeux M, Wong M, Thomason P, Graham HK. Walking speed effects on the lower limb electromyographic variability of healthy children aged 7-16 years. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013; 23(6): 1451-9. doi:10.1016/j.jelekin.2013.06.002.
71. Uvebrant P. Hemiplegic cerebral palsy. A etiology and outcome. *Acta Paediatr Scand Suppl.* 1988; 345:1-100.
72. Valle AC, Dionisio K, Pitskel NB, et al. Low and high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of spasticity. *Dev. Med. Child. Neurol.* 2007;49(7):534-8.
73. Vasconcelos RLM, Moura TL, Campos TF, et al. Avaliação do desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral de acordo com níveis do comprometimento motor. *Rev bras. Fisioter.* 2009; 13: 390-7.
74. Vaz DV, Cotta Mancini M, Fonseca ST, et al. Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurology* 2006; 48(9):728-33
75. Vry J, Linder-Lucht M, Berweck S, et al. Altered cortical inhibitory function in children with spastic diplegia: a TMS study. *Exp. Brain. Res.* 2008; 186(4):611-8.
76. Wagner T, Fregni F, Fecteau S, et al. Transcranial direct current stimulation: A computer-based human model study. *Neuroimage.* 2007; 35:1113-24.
77. Xu K, Wang L, Mai J, He L. Efficacy of constraint-induced movement therapy and electrical stimulation on hand function of children with hemiplegic cerebral palsy: a controlled clinical trial. *Disabil Rehabil.* 2012; 34(4):337-46.

6. APÊNDICES

6.1. Apêndice 1 – ARTIGO PUBLICADO

Review Article

Upper limb function evaluation scales for individuals with cerebral palsy: a systematic review

CIBELE ALMEIDA SANTOS^{1*}, RENATA CALHEIS FRANCO DE MEIRA¹, ROBERTA DELAGATA LAZZARI¹,
ARISLANDER JONATHAN LOPES DUMONT¹, LUIZ ALFREDO FERREIRA BRAUN¹,
CLAUDIA SANTOS OLIVEIRA¹

¹ *Movement Analysis Lab, University Nove de Julho/UNINGV, Av. Dr. Afonso Pinto, 109-Barra Funda-São Paulo, CEP: 01156-050, Brazil*

J. Phys. Ther. Sci.
27: 1817-1820, 2015

Abstract. [Purpose] The aim of the present study was to perform a systematic review of the literature on the scales and methods most often used for the evaluation of upper limb function in individuals with cerebral palsy. [Materials and Methods] Searches were conducted in the Medline, PEDro, Lilacs, Scielo, and PubMed databases. The following inclusion criteria were used for the selection of articles: randomized controlled study, evaluation of upper limb function in individuals with cerebral palsy, and publication between 2006 and 2014. The methodological quality of the articles was evaluated using the PEDro evidence scale. [Results] Five articles met the inclusion criteria and achieved 6 points or higher on the PEDro scale of methodological quality. [Conclusion] The studies analyzed used different evaluation scales, but no consensus has been reached thus far on which scale is the most appropriate. Thus, further studies are needed to establish an adequate method for the evaluation of upper limb function in individuals with cerebral palsy.

Key words: Cerebral palsy, Scale function, Upper limbs

(This article was submitted Oct. 20, 2014, and was accepted Jan. 11, 2015)

INTRODUCTION

Cerebral palsy (CP) describes set of permanent, mutable, motor development disorders that originate from a primary brain lesion and cause secondary musculoskeletal problems and limitations with regard to activities of daily living⁽¹⁾. Despite the consensus regarding the occurrence of sensory, motor, and functional impairments in children with CP^(2, 3), various methods have been used in the evaluation of these aspects⁽⁴⁾.

Upper limb impairment occurs in 50% to 70% of individuals with CP^(5, 6). Spasticity, muscle weakness, and insufficient motor control can give rise to secondary musculoskeletal complications, such as contractures and deformities, which result in limited movements⁽⁷⁾. Thus, the identification of factors that lead to functional impairment is of fundamental importance to clinical decision making and the evaluation of the effects of therapeutic strategies⁽⁸⁾.

A study by Bae et al.⁽⁹⁾ showed that as the tissue compliance of spastic muscles at relaxation increases, muscle tone decreases and muscle activity increases, and spasticity leads to a lower moment-angle⁽⁹⁾. A number of treatments performed in either the home or school setting are proposed

to improve function⁽¹⁰⁾. However, the effectiveness of such therapies depends on well-conducted functional evaluation and patient fitness^(11, 12). Methods and tools developed for the evaluation of function have been used in individuals with CP, such as the House Scale⁽¹³⁾, the Pediatric Evaluation of Disability Inventory⁽¹⁴⁾, the Melbourne Assessment⁽¹⁵⁾, the Pediatric Outcome D Collection Instrument⁽¹⁶⁾, the Assisting Hand Assessment⁽¹⁷⁾, ABILHAND-Kids⁽¹⁸⁾, and the Steiners Hospital for Children Upper Extremity Evaluation⁽¹⁹⁾. While some of these measures have been validated, no consensus has been reached as to the best evaluation method for identifying improvements in upper limb function in individuals with CP⁽²⁰⁾. Yu et al.⁽²¹⁾ believes that detailed and diverse investigations should be performed by considering the number and characteristics of subjects.

The aim of the present study was to perform a systematic review of the literature on the scales and methods most often used for the evaluation of upper limb function in individuals with CP.

MATERIALS AND METHODS

Searches were conducted in the Medline, PEDro, Lilacs, Scielo, and PubMed databases using combinations of the following key words: "cerebral palsy," "upper limb/extrinity," and "functional scales." The articles retrieved were evaluated independently by two researchers. The following inclusion criteria were used for the selection of articles: randomized controlled study, evaluation of upper limb function in individuals with CP, and publication between 2006 and 2014.

*Corresponding Author: Cibele Almeida Santos (E-mail: ci_bele.santos@ig.com.br)

©2015 The Society of Physical Therapy Science. Published by IPEX Inc. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivatives (by-nc-nd) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>).

The methodological quality of the articles was evaluated using the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale. The PEDro scale has 11 items, each of which receives a score of either 0 or 1, except item 1, which is not scored. The final score ranges from 0 to 10 points. This scale is used to evaluate the methodological quality of randomized, controlled, clinical trials with regard to two important factors as follows: whether the study has internal validity (whether the results offer sufficient information), and whether the study has both clinical and statistical relevance for a clear interpretation of the results and reproduction by other researchers. Any divergence in opinion between the two researchers was discussed until a consensus was reached on the score of the study in question.

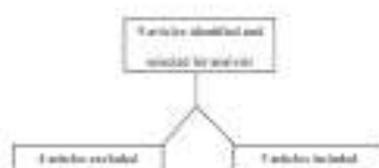


Fig. 1. Flowchart of the studies included in the literature review

Table 1. Articles included in the literature review

Article	Author and year of publication	PEDro	Type of Study
1	Konan et al., 2013 ⁽⁷⁾	7/10	Clinical trial
2	Fedrizzi et al., 2013 ⁽⁸⁾	9/10	Clinical trial
3	Xu et al., 2012 ⁽⁹⁾	8/10	Clinical trial
4	Lin et al., 2011 ⁽¹⁰⁾	7/10	Clinical trial
5	Rodman et al., 2008 ⁽²⁰⁾	6/10	Clinical trial

RESULTS

The database search resulted in the retrieval of nine articles, four of which failed to meet the inclusion criteria (Fig. 1). The five articles included in the present review had PEDro scores of 6 to 9 points (demonstrating methodological adequacy) and addressed the use of upper limb evaluation measures for individuals with CP (Tables 1 and 2). The five studies involved 296 male and female individuals aged 2 to 18 years who were diagnosed with CP. All of the studies used one or more measures to evaluate upper limb function. Table 3 displays the general characteristics (sample size, sample characteristics, and methods) and outcomes of the studies analyzed.

DISCUSSION

Among the upper limb function evaluation measures available in the literature, few are specific to individuals

Table 2. Scores of the articles included in the literature review

PEDro	1	2	3	4	5
Eligibility	N	Y	Y	Y	Y
Randomized allocation	Y	Y	Y	Y	Y
Confounder allocation	Y	Y	Y	Y	Y
Similar prognosis	N	Y	Y	N	Y
Blinded subjects	Y	Y	N	N	N
Blinded therapists	N	N	N	N	N
Blinded evaluators	Y	Y	Y	Y	N
Key results	Y	Y	Y	Y	N
Comparison between groups	Y	Y	Y	Y	Y
Precision and variability	Y	Y	Y	Y	Y
Score	7/10	9/10	8/10	7/10	6/10

Y: yes; N: no

Table 3. Characteristics of the studies included in the literature review

Article	No. of subjects	Characteristics of sample	Methods	Outcomes
1	71	Spastic hemiparesis	EG: 36- Botulinum toxin CG: 35- Placebo injection	The EG achieved a better wrist extension result in the Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function than the CG.
2	105	Spastic hemiparesis	EG1: 34- Intensive two-hand training EG2: 33- Modified CIT CG: 35- Standard treatment	The modified CIT group achieved better movement quality in the QUEST than in the other groups and exhibited better quality of life, as measured by the Beta scale.
3	75	Spastic hemiparesis	EG1: 25- CIT EG2: 24- CIT + electrical stimulation CG: 26- Occupational therapy	Among all the groups, EG2 demonstrated the best results for the upper extremity functional test and grasping subtest of the Peabody developmental motor scales.
4	22	Spastic hemiparesis	EG: 11- CIT CG: 11- Control intervention	The EG achieved better results in the PMDS-2, BOTMP, and PMAL than in the CG.
5	23	Spastic hemiparesis	EG: 12- Botulinum toxin CG: 11- Placebo injection	No statistically significant differences were found between the groups. Intraclass concordance was found for daily activities, speaking, and communication on the Pediatric Quality of Life Inventory.

EG: experimental group; CG: control group; CIT: coxostatin-induced therapy; QUEST: Quality Upper Extremity Skill Test; PMDS-2: Peabody Motor Developmental Scales II; BOTMP: Beirns-Ozernsky Test of Motor Proficiency; PMAL: Pediatric Motor Activity Log

with CP, as most scales are standardized for use on adult stroke survivors. Despite the similarities between the two types of brain lesions, specificity is needed for the evaluation and treatment of these groups of patients. The articles analyzed in the present systematic review demonstrate the scarcity of studies on upper limb function in individuals with CP, especially with regard to evaluation measures.

According to Komar et al.²⁰, the Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function scale provides objective measures of upper limb function, allows the assessment of the quality of upper limb movements, and demonstrates moderate to high consistency as an evaluation method. Therefore, this scale is widely used by occupational therapists in clinical practice.

All of the studies analyzed emphasized the evaluation of upper limb function associated with a functional therapeutic method or neurolytic block. Fedrizzi et al.²¹ applied the Quality Upper Extremity Skill Test (QUEST) and the Beta Scale, which demonstrated good performance and applicability. The QUEST allows an assessment of the quality of one- and two-hand movements in individuals with CP but does not allow an assessment of quality of life. The Beta Scale is used for the assessment of quality of life, as well as functional capacity and movement performance. Thus, the two scales complement one another in the evaluation of function.

Xu et al.²⁴ used the Upper Extremity Functional Test to assess function, dexterity, and movement efficiency, and the Grasping Subtest of Peabody Developmental Motor Scales, which is also known as the Peabody Developmental Motor Scales 2 or PDMS-2, for the two-hand evaluation. In the literature, the PDMS-2 is used less than the Upper Extremity Functional Test. However, the authors do not state whether one of the two scales is more applicable than the other.

Lin et al.²⁵ also used the PDMS-2 and the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP) for the assessment of range of motion and the Pediatric Motor Activity Log (PMAL) to quantify functional capacity, along with the Caregiver Functional Use Survey for the evaluation of caregivers. Improvements in unilateral and bilateral skills were demonstrated by the PMAL, but not the BOTMP. However, positive results were also demonstrated with use of the PDMS-2. The study reports the use of scales that allows the evaluation of functional capacity in children with CP but does not suggest that any particular scale is more favorable in clinical practice due to its greater applicability or the greater reliability of its results.

Redman et al.²⁶ analyzed the use of the Pediatric Quality of Life (PedsQL) scale. Although the authors demonstrated the applicability of this scale for individuals with CP, the PedsQL is not sufficiently sensitive for the detection of small but clinically important changes and has no subscales for the evaluation of upper limb function.

Few studies have addressed the use of assessment measures for upper limb function in individuals with CP. The studies analyzed in the present systematic review used different measures, and no consensus has been reached on the most appropriate scale or which has ideal clinical applicability in this population. Therefore, further studies on this issue are needed to allow the evaluation of upper limb function

in individuals with CP by using well-defined methods that provide reliable information.

ACKNOWLEDGEMENT

We gratefully acknowledge the financial support from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Higher Education Personnel Training Coordination (CAPES) and Foundation of the State of São Paulo - FAPESP (Process: 2013/13767-8).

REFERENCES

- 1) Rowlands P, Pasotti N, Levine A, et al.: A report: the definition and classification of cerebral palsy. April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl*, 2003, 109: 3-14. [Medline]
- 2) Yamamoto RI, Motra TL, Campos TP, et al.: Análise do desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral de acordo com nível de comprometimento motor. *Rev Bras Fisioter*, 2008, 12: 390-393. [CrossRef]
- 3) Manoel RI, Oliveira JA: Motor developmental status and task constraint in cerebral palsy. *J Hum Mov Stud*, 2008, 30: 359-378.
- 4) Oliveira MC: Análise Do Desempenho Funcional De Crianças Portadoras De Paralisia Cerebral. [Dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2003.
- 5) Elvass AK, Benschik SM, Sæther R, et al.: Effectiveness of resistance training in combination with botulinum toxin-A on hand and arm use in children with cerebral palsy: a pre-post intervention study. *BMC Pediatr*, 2012, 12: 90. [Medline] [CrossRef]
- 6) Uveland P: Hemiplegic cerebral palsy: Aetiology and outcome. *Acta Paediatr Scand Suppl*, 1988, 345: 1-100. [Medline] [CrossRef]
- 7) Yeo DW, Cattaui M, Fonseca ST, et al.: Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2006, 48: 726-733. [Medline] [CrossRef]
- 8) Han SH, Kim KY: The effect of vibratory stimulation on tissue compliance and muscle activity in elbow flexor spasticity. *J Phys Ther Sci*, 2012, 8: 751-754. [CrossRef]
- 9) Fonseca LA, Gomes LA, Polato E, et al.: Use a portable device for measuring spasticity in individuals with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci*, 2013, 3: 271-275. [CrossRef]
- 10) Boyd RN, Morris ML, Graham HK: Management of upper limb dysfunction in children with cerebral palsy: a systematic review. *Eur J Neurol*, 2004, 8: 150-166. [Medline] [CrossRef]
- 11) Steinhilber R: Using the MACS to facilitate communication about manual abilities of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2006, 48: 948-948. [Medline] [CrossRef]
- 12) Pagano E, Andronzi E, Rossi R, et al.: Evolution of upper limb function in children with congenital hemiplegia. *Neurol Sci*, 2001, 22: 371-375. [Medline] [CrossRef]
- 13) Rosen DJ, Grossman FW, Filler MC: A dynamic approach to the thumb-in-palm deformity in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am*, 1981, 63: 214-225. [Medline]
- 14) Feldman AR, Hakey SM, Coryell J: Construct and construct validity of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory. *Phys Ther*, 1990, 70: 602-608. [Medline]
- 15) Johnson LM, Randall MG, Radlough TB, et al.: Development of a clinical assessment of quality of movement for unilateral upper-limb function. *Dev Med Child Neurol*, 1994, 36: 903-913. [Medline] [CrossRef]
- 16) McMeekin ML, Raine GO, Gordon AR, et al.: The pediatric outcomes data collection instrument detects improvements for children with ambulatory cerebral palsy after orthopedic intervention. *J Pediatr Orthop*, 2003, 23: 1-4. [Medline] [CrossRef]
- 17) Escarot-Santolucito L, Robinson M, Kottary A, et al.: The Anxious Hand Assessment: inter-rater reliability, validity, and responsiveness to change. *Dev Med Child Neurol*, 2003, 45: 250-264. [Medline] [CrossRef]
- 18) Arnold C, Penta M, Rouders A, et al.: ARLHAND-Child: a measure of manual ability in children with cerebral palsy. *Neurology*, 2004, 63: 1847-1852. [Medline] [CrossRef]
- 19) Davids JR, Paine LC, Wagner LV, et al.: Validation of the Shoenen Hospital for Children Upper Extremity Evaluation (SHUE) for children with hemiplegic cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am*, 2006, 88: 326-333.

- [Medline] [CrossRef]
- 20) Gong BS, Chang CY, Park MJ, et al: Functional outcomes after upper extremity surgery for cerebral palsy: comparison of high and low manual ability classification system levels. *J Hand Surg Am*, 2010, 35: 277-283. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.01.011. [Medline] [CrossRef]
 - 21) Ye J, Kang H, Jiang J: Effects of modified constraint-induced movement therapy on hand dexterity, grip strength and activities of daily living of children with cerebral palsy: a randomized control trial. *J Phys Ther Sci*, 2013, 26: 1029-1031. [CrossRef]
 - 22) Krizan LA, Smith RB, Williams R, et al: Upper extremity spasticity in children with cerebral palsy: a randomized, double-blind, placebo-controlled study of the short-term outcomes of treatment with botulinum A toxin. *J Hand Surg Am*, 2011, 36: 635-641. [Medline] [CrossRef]
 - 23) Padrieli R, Rosa-Ribeiro M, Thomas AC, et al: GEPCT Study Group: Unimanual and bimanual intensive training in children with hemiplegic cerebral palsy and persistence in time of hand function improvement: 6-month follow-up results of a multiple clinical trial. *J Child Neurol*, 2013, 28: 151-170. [Medline] [CrossRef]
 - 24) Xu K, Wang J, Mei J, et al: Efficacy of constraint-induced movement therapy and electrical stimulation on hand function of children with hemiplegic cerebral palsy: a controlled clinical trial. *Disabil Rehabil*, 2012, 34: 137-146. [Medline] [CrossRef]
 - 25) Liu KC, Wang YN, Wu CY, et al: Effects of home-based constraint-induced therapy versus dose-matched control intervention on functional outcomes and caregiver well-being in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, 2011, 35: 1481-1491. [Medline] [CrossRef]
 - 26) Radwan TA, Finn JC, Rousseau AP, et al: Effect of upper limb botulinum toxin-A therapy on health-related quality of life in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatric Child Health*, 2008, 44: 499-504. [Medline] [CrossRef]

6.2. Apêndice 2 – ARTIGO SUBMETIDO

15/10/2015

iG Mail :: Journal of Motor Behavior - Manuscript ID 35-15-151-RA



Assunto: Journal of Motor Behavior - Manuscript ID 35-15-151-RA
De: <rl45@psu.edu>
Remetente: <onbehalf@rl45+psu.edu@manuscriptcentral.com>
Para: <cj_bele.santos@ig.com.br>
Data: 15/10/2015 11:20

15-Oct-2015

Dear Mrs. Santos:

Your manuscript entitled "Transcranial direct-current stimulation effects on muscle activity in children with Cerebral Palsy: a control

Your manuscript ID is 35-15-151-RA.

Please mention your manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in

After checking your submission for completeness, I will send it to an Executive Editor who will be responsible for its review. Review

If your article is a revision of a manuscript submitted previously whose revision date has expired, please advise me of that via e-mail

You can view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/jmb>

Thank you for submitting your manuscript to the Journal of Motor Behavior.

Sincerely,
Robert Sainbury
Journal of Motor Behavior
rs12@psu.edu

Transcranial direct-current stimulation effects on muscle activity in children with Cerebral Palsy: a controlled trial

Journal:	<i>Journal of Motor Behavior</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Research article
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Santos, Cibele; Universidade Nove de Julho, Laboratório de Análise de Movimento Humano Moura, Renata; Universidade Nove de Julho, Laboratório de Análise de Movimento Humano Lazzari, Roberta; Universidade Nove de Julho, Laboratório de Análise de Movimento Humano Dumont, Arislander; Universidade Nove de Julho, Laboratório de Análise de Movimento Humano Palma, Jamile; Universidade Nove de Julho, Laboratório de Análise de Movimento Humano Grecco, Luanda; Universidade Nove de Julho, Laboratório de Análise de Movimento Humano Cimolin, Veronica; Politecnico Di Milano, Department of Electronics, Information and Bioengineering Oliveira, Claudia; Universidade Nove de Julho, Laboratório de Análise de Movimento Humano
Keywords:	cerebral palsy, electrical stimulation, upper limbs, electromyography

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Transcranial direct-current stimulation effects on muscle activity in children with Cerebral Palsy: a controlled trial

Cibele Almeida Santos¹, Renata Calhes Franco de Moura², Roberta Delasta Lazzari³, Arislender Jonhatan Lopes Dumont⁴, Jamile Benite Palma⁵, Luanda Collange Grecco⁶, Veronica Cimolin⁷, Claudia Santos Oliveira^{8*}

¹Masters student in Rehabilitation Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, Brazil. E-mail: ci_bele.santos@ig.com.br

²Doctoral Student in Rehabilitation Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, Brazil. E-mail: franco.renata@terra.com.br

³Master in Rehabilitation Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, Brazil. E-mail: robertalazzari@gmail.com

⁴Masters student in Rehabilitation Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, Brazil. E-mail: arislenderlg@gmail.com

⁵Masters student in Rehabilitation Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, Brazil. E-mail: jamielpalma@yahoo.com.br

⁶Doctoral Student in Rehabilitation Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, Brazil. E-mail: luandacollange@hotmail.com

⁷Department of Electronics, Information and Engineering, Politecnico di Milano, Milan, Italy. E-mail: veronica.cimolin@polimi.it

⁸Master's Program teacher and PhD in Rehabilitation Sciences, University Nove de Julho, São Paulo, Brazil. E-mail: csantos@uninove.br

*Corresponding author

Cláudia Santos Oliveira

Mailing Address: Rua Itapicuru, 380. Apto: 111

Perdizes, CEP: 05006-000, São Paulo, Brazil.

Email: csantos@uninove.br

*This manuscript was translated and reviewed by a professional science translator/editor to improve readability.
Nora Skivda, Ph.D. (nora.skivda@gmail.com)*

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

ABSTRACT

This study analyzed the effect of transcranial direct-current stimulation (tDCS) associated with functional training of the paretic upper limb on children with cerebral palsy (CP) of the hemiparesis spastic type. Study participants were CP children who were divided into an experimental group with the functional training of the paretic upper limb with anodic tDCS, and a control group receiving the same training with SHAM tDCS. EMG was used as a method of evaluating the synergy of muscle activity in the biceps and brachial triceps; RMS values were considered. The observed decreased RMS values on the paretic side ($p < 0.05$) resulted in improved synergy in the evaluated muscles of children with CP, which consequently led to more accurate and adjusted movements.

Keywords: Cerebral palsy, electrical stimulation, upper limbs, electromyography.

INTRODUCTION

It is known that motor impairment is the main alteration in children with Cerebral Palsy (CP), which causes a number of changes resulting from encephalopathy with consequent alterations in body biomechanics (Vasconcelos et al, 2009; Manoel & Oliveira, 2000). CP of the hemiparesis spastic type corresponds to 15.3% to 40% of CP cases and is characterized by unilateral motor disability, contralateral to the brain injury (Hoare et al, 2010; Jessen et al., 1990). Associated with the frame of muscle spasticity, children with hemiparesis showed loss of the upper motor neuronal excitement that is typically related to poor selective motor control and muscle weakness. These losses result in significant functional disability (Hoare et al., 2010; Eliasson et al., 2005; Vaz et al., 2006). Moreover, the reduction in motor cortical excitability is associated with delayed motor development in children (Pitcher et al., 2012). It has been demonstrated through neurophysiological analysis that alterations in cortical excitability are global in children with CP, even when the lesion is unilateral (Nevalainen et al., 2012). The decrease in the somatosensory cortex activation may provide a neurological basis for the poor tactile, proprioceptive, and kinesthetic awareness observed in children with CP (Kurz & Wilson, 2011). The intervention can be

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

individualized according to the neurological substrate available for recovery, thereby maximizing the rehabilitation effectiveness (Kesar et al., 2012).

In order to achieve new therapeutic practices, the electrical transcranial direct-current stimulation has been shown to be a promising resource for the treatment of children with CP (Muceli et al., 2010). Cortical modulation is dependent on the polarity of the applied current. Thus, tDCS allows two types of stimulation: the anodic current that increases cortical excitability favoring availability of the neuronal membrane; and the cathodic current, where the stimulation produces an inhibitory effect from the hyperpolarization of the neuronal membrane (Aurichayapat et al., 2011; Thibaut et al., 2013). In the rehabilitation process, neuromodulation techniques aim to promote an increase of local synaptic efficacy by changing the pattern of maladaptive plasticity that emerges after a cortical lesion. Studies involving the use of tDCS in the primary motor cortex of adults with stroke sequelae demonstrated improved function of upper limbs: with active movement of wrist and fingers and pincer movement (Hummel & Cohen, 2006; Madhavan et al. 2011). These results encourage the use of tDCS on the motor and premotor regions of limbs to improve motor control in patients with neurological lesions (Kashi et al., 2012).

A recent study showed that there are several functional evaluating possibilities of upper limbs in CP: EMG, which is an accurate method; and functional scales, which are less precise methods. However, there is no standard or most appropriate method for the evaluation of upper limbs in children with CP (Santos et al., 2015). EMG has been used to investigate possible deficiencies and muscle activation intensity (Chester et al., 2010). Specifically, it is a convenient index of muscular excitation and allows the description of muscle patterns (Bouisset 2008). It has been the most widely used instrument for the study of muscle activation during exercise, especially on muscle contraction intensity (Monfort-Pañego et al., 2009). Variations in EMG signals in children might mean immaturity of afferent and efferent systems, and central nervous system (CNS), considering that the older the child, the better is the accuracy of temporal characteristics of muscle activation (Hadders-Algra et al. 1996). The variation in activation patterns can be attributed to biomechanical factors and CNS maturation (Hadders-Algra et al., 1998). Regarding the upper limbs, several studies have presented

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

evidence that the combinations of a small number of muscle synergies can rebuild complex characteristics of muscle activation patterns recorded during movement (Cheung et al., 2009; Muceli et al., 2010).

Considering the few available studies evaluating EMG in children with CP, particularly when subjected to intervention with tDCS, this study analyzed the effect of transcranial direct-current stimulation of the primary motor cortex, associated with functional training of the paretic upper limb, in children with cerebral palsy of the hemiparesis spastic type, levels I to III, according to the Manual Ability Classification System - MACS, on synergy of muscle activity of agonist and antagonist muscles in elbow flexion movements electromyography.

METHODS

This was a clinical, prospective, analytical, controlled, randomized, and double-blind study. The study was approved by the Ethics Committee in Research of the University Nove de Julho, São Paulo, Brazil, under protocol number 525 935 and registered in the Brazilian Registry of Clinical Trials (REBEC): RBR-6v4y3k. All children's parents or guardians agreed to their participation by signing a Voluntary Informed Consent Form before the study start.

Participants

The population consisted of children diagnosed with spastic hemiparesis CP. Children were recruited in the Uninove clinics for physiotherapy, São Paulo, Brazil. Inclusion criteria were: a) diagnosis of CP of the hemiparesis spastic type; b) functionally classified as level I, II, or III according to the MACS; c) aged from 6 to 15 years; d) presenting understanding and cooperation consistent with the achievement of proposed activities; e) guardians agree to their participation in the study by signing the Voluntary Informed Consent Form. The exclusion criteria were: a) children who had undergone surgical procedures or neurolytic blocks in the last 12 months before the start of training sessions; b) those presenting structured orthopedic deformities with surgical indications; c) suffering from epilepsy; d) had metal implants in the brain or hearing aids.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

The sample size was calculated based on a pilot study conducted previously, and on the effect found through the root mean square of the EMG signal (RMS) in the bilateral biceps brachii (BB) and triceps brachii (TB) muscles. Thus, the sample size was calculated as twelve children in each group, totaling 24 participants considering the RMS average and standard deviation of the TB paralyzed hemisphere of 0.04 ± 0.011 mV in the experimental group, 80% power, bidirectional alpha of 0.05, and an increase of 20% to account for possible dropouts.

Experimental protocol

The children were allocated through a randomization method in blocks divided into two groups: treated group (TG) – with functional training of the upper limb associated with anodic tDCS in the primary motor cortex; control group (CG) – with functional training of the upper limb associated with SHAM tDCS in the primary motor cortex (Chart 1).

Chart 1: Study flowchart according to CONSORT.

Caption: tDCS - Electrical transcranial direct-current stimulation.

Intervention

The intervention was performed during ten days, over two consecutive weeks, five days a week, with each session lasting 20 minutes. The functional training of the paretic upper limb was performed with the contention of the non-paretic limb with a comfortable neoprene sleeve (Hoare et al. 2010). Children were placed sitting in a chair with a height that allowed 90° flexion of hips and knees, and feet properly on the floor. A height adjustable table was positioned in front of the patient. The child's position allowed the release of the paretic upper limb to free movements of reaching and grasping and enabled the visual tracking of movements. The therapist was properly positioned in front of the child and directed the movements and tasks. Three motor strategies were trained: reaching, holding, and moving objects.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

The transcranial direct-current stimulation was performed during the intervention sessions. Transcranial stimulation was applied with a tDCS Transcranial Stimulation apparatus (Trans Cranial Technologies, USA), through two 25-35 cm² surface sponge electrodes (non-metallic) wetted with saline solution. The stimulation followed the mounting proposed by Fregni et al. 2012 (Figure 1) with the anode electrode placed on C3 (10-20 international system of electroencephalogram - EEG) (Jasper, 1958), corresponding to the motor cortex; and the cathode positioned in the supra-orbital contralateral region to the anode. Due to the hemiparesis frame, the anode was positioned in the primary motor cortex of the hemisphere, contralateral to the motor impairment. In the SHAM stimulation, the electrode placement procedures were performed, and the stimulator was turned on for 30 seconds. Thus, children in the control group felt an initial sensation but received no stimulation in the remaining time. This procedure is a valid form of control in studies with transcranial direct current stimulation, ensuring blindness in the children.

Figure 1. Scheme established for the mounting of tDCS.

A 1mA current was applied to the primary motor cortex during 20 minutes in each training session. The apparatus used for electrical stimulation has a button that allows the operator to control the current intensity. The stimulation was raised up to 1 mA and gradually reduced over the period of ten seconds.

Evaluation

The evaluation process was conducted in a single day within a maximum period of one hour and thirty minutes per day. The evaluator was blind with respect to the objectives of the study and was not among the professionals responsible for the intervention protocols.

During task performance, electromyography (EMG) was employed using an 8-channels surface EMG system (FREEEMG, BTS, Italy) to record muscle activities in the bilateral biceps brachii and triceps brachii. For the recording of surface EMG, pairs of bipolar Ag/AgCl surface electrodes, with a diameter of 10 mm and an inter-electrode

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

spacing of 22 mm, were placed bilaterally on clean and shaven skin, overlying the biceps brachii and triceps brachii. The recommendations in *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM) for surface EMG were followed for placing electrodes (Hermens et al., 1999). EMG signals were pre-amplified and band-pass filtered (20-450 Hz) at a sampling rate of 1000 Hz. The root mean square (RMS) of the signal was calculated for each movement distinguishing between the phase of elbow extension (phase going towards target) and elbow flexion (phase returning towards the starting point). From the kinematic data, the six repetitions of the movement were considered separately (in yellow) (Figure 2). We considered the extension (in red) and flexion (in green) phases for each repetition (Figure 3). The RMS and its mean value was computed from the EMG signal in the two phases for the two upper limbs muscles.

Figure 2. Upper limb movement cycle.

Figure 3. Description of the movement cycle, phase going towards the target in red, and phase returning towards the starting point in green.

Statistical analysis

Data were initially analyzed for adherence to the Gauss curve using the Kolmogorov-Smirnov test. Non-parametric statistical analysis was conducted. We computed MEDIAN and IQR for each parameter for the two groups considering the paretic and non-paretic upper limb separately. A comparison between the TREATED and PLACEBO GROUPS and in PRE session was conducted (Mann-Whitney U test). The two groups presented the same starting condition in terms of EMG signals. The comparison between the Pre-post one session-post 10 sessions post 1 month (Friedman ANOVA for repeated measurements) in the TREATED and CONTROL GROUP for the paretic and non-paretic group was performed. P values < 0.05 were considered significant. The data were organized and tabulated using the SPSS program (Statistical Package for Social Sciences) v.19.0.

RESULTS

The comparison between the TREATED and SHAM GROUP in the PRE session (Mann-Whitney U test) showed no significant differences in both, paretic and non-paretic limb.

TREATED GROUP: Paretic Side: Statistical BB differences (extension and flexion) were observed between the PRE and POST ACUTE post one session, and POST 10 sessions post 1 month. Statistical TB differences (extension) were observed between the PRE and POST 1 MONTH. There were some reductions in TB (extension) between the PRE and POST ACUTE SESSIONS, and in TB (flexion) between the PRE and POST ACUTE SESSIONS and POST 10 sessions post 1 month, however, they were not statistically significant (Figure 4); a "trend" towards reduction was observed in all muscles. **Non-Paretic Side:** No statistical differences were observed (Figure 5).

Figure 4. Data expressed as median and IQR; * $p < 0.05$.

Figure 5. Data expressed as median and IQR.

SHAM GROUP: Paretic Side: No statistical differences were observed. There were some reductions for BB in extension and flexion (in red), but they were not statistically different (FIGURE 6); a trend towards reduction was observed in particular for BB. **Non-Paretic Side:** No statistical differences were observed (Figure 7).

Figure 6. Data expressed as median and IQR.

Figure 7. Data expressed as median and IQR.

The RMS analysis of EMG signals in BB (biceps brachii) and TB (triceps brachii) during the reaching movement showed that the main effects occurred in the treated group, particularly on the paretic side. Significant alterations were present in BB (extension and flexion) between the pre and post one session, and POST 10 sessions

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 post 1 month for the paretic side in the treated group. Significant changes occurred
4 between the PRE and POST 1 MONTH in TB (only extension); no changes were
5 observed in the non-paretic side. No significant changes occurred, but some trends
6 were observed towards reduction of RMS values on the paretic side in the placebo
7 group; no changes were observed in the non-paretic side.
8
9
10
11
12

13 DISCUSSION

14
15 This study analyzed the effect of tDCS associated with functional training of the
16 upper limb in children with CP of the hemiparesis spastic type on the activity synergy
17 of elbow BB and TB muscles through EMG. The results showed a significant TG
18 difference when compared to CG on the paretic side, suggesting reduced spasticity in
19 the paretic limb in TG, which favored better control of the flexion and extension
20 motion of the elbow. In addition, the decreased muscle activity required to perform
21 the motion of reaching with precision was observed while there was a trend towards
22 decreased muscle activity and improved motion control in GC; however, with no
23 significant difference. There was no significant difference in the non-paretic side
24 between the experimental and control groups.
25
26
27
28
29
30
31

32
33 The results also showed that the proposed intervention interfered with the
34 activity of BB and TB muscles, improving the spasticity control during movement and
35 consequently muscle synergy. Ohn SH et al. conducted a study with stroke and found
36 distinct patterns of movement caused by the synergy and spasticity of the affected
37 upper limb using EMG, corroborating the findings of this study (Ohn SH et al., 2013).
38 It was also observed that the BB muscle showed a superior result compared to those in
39 the TB muscle, both in the paretic and non-paretic side, suggesting that, indirectly,
40 spasticity decreased in these muscles, allowing smaller muscle activation for the
41 execution of the same movement in a more precise form in the four evaluated
42 moments. Lee & Chun studied stroke patients using a cathodic current in 15 tDCS
43 sessions associated with upper limb training in virtual reality and observed positive
44 results in relation to movements in the paretic limb through some functional
45 evaluating scales: FMS, Fugl-Meyer Scale; K-MBI, Korean-Modified Barthel Index; MFT,
46 Manual Function Test; MMT, manual muscle test (Lee & Chun, 2014).
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56

57 It is known in the literature that motor training in the learning process has
58 proven effectiveness. According to Monteiro et al., fewer unnecessary movements and
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

energy optimization occur with practice, reducing the time to complete tasks and enhancing the fluency and harmony of movements in sequence (Monteiro CBM et al., 2010). Thus, when repetition is sufficiently performed, the transition from poorly coordinated movements to highly precise movements occurs, where complex neuromuscular synergies are activated with minimal involvement of attention. This process is known as learning (Teixeira LA, 2004). Therefore, we can recognize that the learning process offered by motor training (reaching) associated with tDCS was fundamental on the alterations observed in the pattern of activity in BB and TB muscles in the studied CP population.

The association of motor training with anodic tDCS over the primary motor cortex showed a better and quicker response in terms of treatment over motor control in the trained paretic limb, resulting in more precise movements. It is known that anodic tDCS over the primary motor cortex interfere with some parameters related to gait and balance in children with CP when combined with motor training. Grecco et al. report positive results regarding tDCS associated with gait training on a treadmill through kinematics assessment and functional scales (gait speed and cadence) (Grecco et al., 2014). Another study of the same type of intervention in CP individuals presented important results on anterior-posterior and medial-lateral oscillation through stabilometry (Duarte et al., 2014). A recent study presents the association of tDCS with functional training in virtual reality in a single session, with the evaluation of the static balance through stabilometry; the study reports significant results with respect to oscillation speed of the center of pressure over anterior-posterior and medial-lateral axes (Lazzari et al., 2015).

Similarly to other studies that showed favorable results in gait and balance improvement in children with CP using combined tDCS techniques and motor training, our study also verified that the association of these techniques shows positive effects on muscle activity and synergy in the upper limb of individuals with CP.

CONCLUSION

Based on our findings, it is suggested that tDCS associated with functional training of the paretic upper limb in individuals with CP show effect on muscular

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

activity by interfering with muscle control and consequently favoring the improvement of muscle synergy that leads to more accurate and adjusted movements.

Acknowledgments This study was funded by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Compliance with ethical standards

Conflict of interest Cibele Santos, Renata Moura, Roberta Lazzari, Arislander Dumont, Jamille Palma, Luanda Grecco, Veronica Cimolin and Claudia Santos Oliveira have no conflict of interest to disclose.

Human rights and informed consent All procedures were in compliance with the ethical standards of the responsible committee on human experimentation. A Voluntary Informed Consent Form was signed by all parents or guardians of the study participants before the study start.

REFERENCES

- Aurichayapat P, Aurichayapat N. Basic knowledge of transcranial direct current stimulation. *J Med Assoc Thai* 2011; 94(4): 518-27.
- Bouisset S. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Clin Neurophysiol* 2008; 38: 345–362.
- Chester R, Smith TO, Hooper L, et al. The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: a systematic review of electromyographic studies. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2010. 11:45.
- Cheung VCK, Piron L, Agostini M, et al. Stability of muscle synergies for voluntary actions after cortical stroke in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 106: 19563–19568, 2009.
- Duarte NA, Grecco LA, 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 Aug 29;9(8):e105777. doi: 10.1371/journal.pone.0105777.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- Eliasson AC, Krumlind-Sundhikn L, Shaw K, et al. Effects of constraint-induced movement therapy in young children with hemiplegic cerebral palsy: an adapted model. *Dev. Med. Child. Neurology*. 2005; 47(4): 266-275.
- 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.
- Grecco LA, Duarte NA, Zanon N, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effect of a single session of transcranial direct current stimulation on balance and spatiotemporal gait variables in children with cerebral palsy: A randomized sham-controlled study. *Braz J Phys Ther*. 2014; 18(5): 419-27.
- Hadders-Algra M, Brogrem E, Forssberg H. Development of Posture Control – Differences between Ventral and Dorsal Muscles? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 1998; 22: 501-506.
- Hadders-Algra M, Brogrem E, Forssberg H. Ontogeny of Postural Adjustments During Sitting in Infancy: Variation, Selection and Modulation. *Journal of Physiology*. 1996; 493: 273-288.
- Hermens H, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, Dissolhorst C, Hagg G. European recommendations for surface Electromyograph. *Res Dev*; 1999 (CD-rom).
- Hoare BJ, Imms C, Rawicki HB, Carey L. Modified constraint-induced movement therapy or bimanual occupational therapy following injection of Botulinum toxin-A to improve bimanual performance in young children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized controlled trial methods paper. *BMC Neurology* 2010; 10:58.
- Hummel FC, Cohen LG. Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke? *Lancet Neurol*. 2006; 5(8): 708-12.
- Jasper HH. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroenceph Clin Neurophysiol*. 1958; 10: 370-375.
- Jessen C, Mackie P, Javis S. Epidemiology of cerebral palsy. *Archives of Disease in Childhood Fetal and Neonatal Edition* 1990, 80(2):158.
- 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: 2493-2505.
- 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.
- Kurz MJ, Wilson TW. Neuromagnetic activity in the somatosensory cortices of children with cerebral palsy. *Neuroscience Letters*. 2011; 490: 1-5.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Lazzari RD, Politti F, Santos CA, Dumont AJ, Rezende FL, Grecco LA, Braun Ferreira LA, Oliveira CS. Effect of a single session of transcranial direct-current stimulation combined with virtual reality training on the balance of children with cerebral palsy: a randomized, controlled, double-blind trial. *J Phys Ther Sci*. 2015; 27(3):763-8. doi: 10.1589/jpts.27.763.

Lee SJ, Chun MH. Combination transcranial direct current stimulation and virtual reality therapy for upper extremity training in patients with subacute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014; 95(3): 431-8. doi: 10.1016/j.apmr.2013.10.027

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.

Manoel EJ, Oliveira JA. Motor developmental status and task constraint in overarm throwing. *J Hum Mov Stud*. 2000; 39: 359-78.

Monfort-Pañego M, Vera-García FJ, Sánchez-Zuriaga D, et al. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *J Manip Physiol Ther*. 2009; 32:232-244.

Monteiro CBM, Jakabi CM, Palma GCS, Torriani C, Meira Junior CM. Aprendizagem motora em crianças com Paralisia Cerebral. *Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano* 2010; v. 20, p. 250-262.

Muceli S, Boye AT, d'Avella A, et al. Identifying representative synergy matrices for describing muscular activation patterns during multidirectional reaching in the horizontal plane. *J Neurophysiol* 103: 1532-1542, 2010.

Nevalainen P, Pihko E, Maenpää 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.

Ohn SH, Yoo WK, Kim DY, Ahn S, Jung B, Choi I, et al. Medição de sinergia e espasticidade durante o movimento funcional do membro superior hemiplégico pós-Stoke. *J Electromyogr Kinesiol*. 2013; 23 (2): 501-7. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.10.001.

Pitcher JB, Schneider LA, Burns NR, Drysdale JL, Higgins RD, Ridding MC, Nettelbeck TJ, Haslan RR, Robinson JS. Reduced corticomotor excitability and motor skills development in children born preterm. *J Physiol* 2012; 590: S827-44.

Santos CA, Franco de Moura RC, Lazzari RD, Dumont AJ, Braun LA, Oliveira CS. Upper limb function evaluation scales for individuals with cerebral palsy: a systematic review. *J Phys Ther Sci*. 2015 May;27(5):1617-20. Doi: 10.1589/jpts.27.1617

Teixeira LA. Aprendizagem de habilidades motoras na ginástica artística. In: Nunomura M, Nista-Piccolo VL. *Compreendendo a ginástica artística*. São Paulo: Phorte; 2004.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

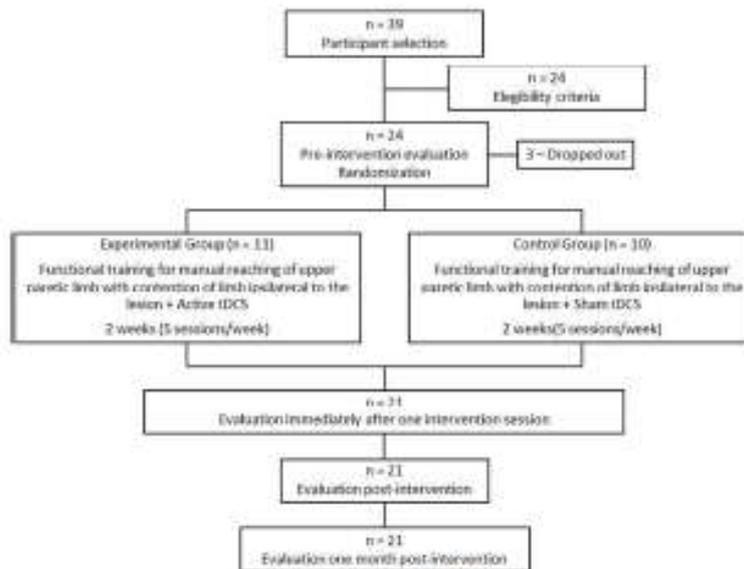
Thibaut A, Chatelle C, Gosserires O, LAurey S, Bruno MA. Transcranial direct current stimulation: A new too for neurostimulation. *Ver Neurol.* 2013; 69(2): 108-20.

Tirosh O, Sangeux M, Wong M, Thomason P, Graham HK. Walking speed effects on the lower limb electromyographic variability of healthy children aged 7-16 years. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013; 23(6): 1451-9. doi: 10.1016/j.jelekin.2013.06.002.

Vasconcelos RLM, Moura TL, Campos TF, et al. Avaliação do desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral de acordo com níveis do comprometimento motor. *Rev bras. Fisioter.* 2009; 13: 390-7.

Vaz DV, Cotta Mancini M, Fonseca ST, et al. Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurology* 2006; 48(9):728-33.

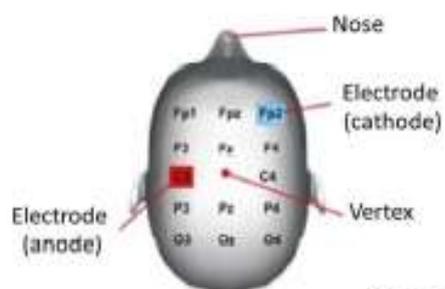
For Peer Review

Chart 1: Study flowchart according to CONSORT.

Caption: tDCS - Electrical transcranial direct-current stimulation.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Figure 1. Scheme established for the mounting of tDCS.



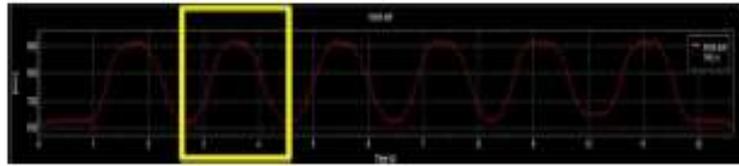
Source: Fregni et al. 2012

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Peer Review

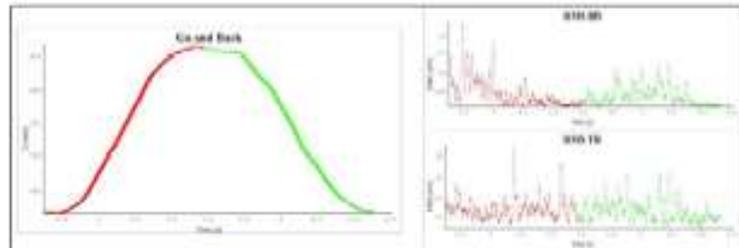
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Figure 2. Upper limb movement cycle.



For Peer Review

Figure 3. Description of the movement cycle, phase going towards the target in red, and phase returning towards the starting point in green.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Figure 4. Data expressed as median and IQR; * $p < 0.05$.

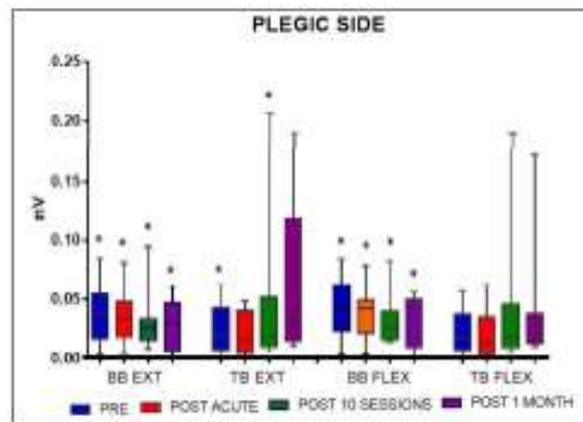


Figure 5. Data expressed as median and IQR.

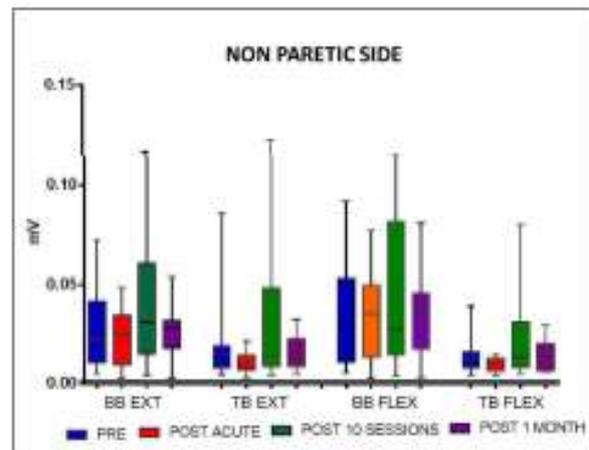


Figure 6. Data expressed as median and IQR.

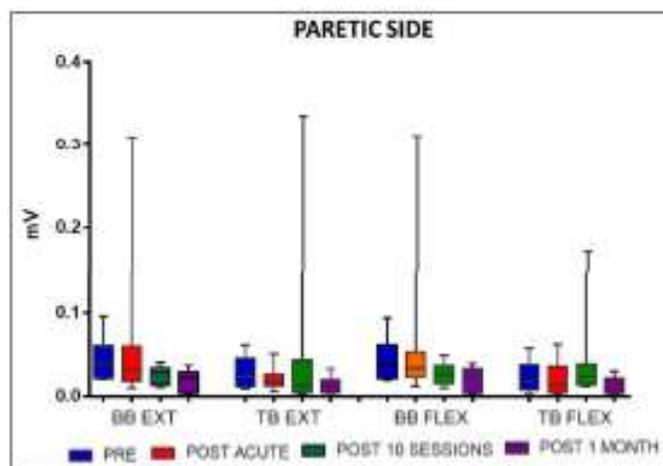
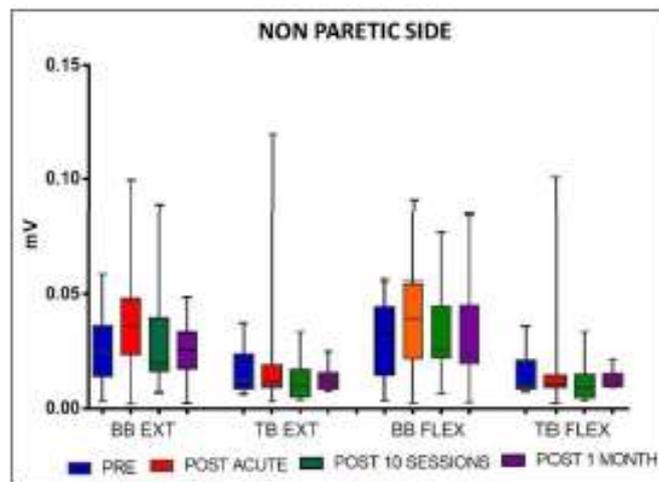


Figure 7. Data expressed as median and IQR.



7. ANEXOS

7.1. ANEXO 1



UNIVERSIDADE NOVE DE
JULHO - UNINOVE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA ASSOCIADA AO TREINO FUNCIONAL DE MEMBRO SUPERIOR PARA CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL HEMIPARÉTICAS ESPÁSTICAS: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO ALEATORIZADO E DUPLO CEGO.

Pesquisador: Renata Calhes Franco

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 19266213.4.0000.5511

Instituição Proponente: ASSOCIACAO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO

Patrocinador Principal: ASSOCIACAO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 525.935

Data da Relatoria: 10/02/2014

Apresentação do Projeto:

ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA ASSOCIADA AO TREINO FUNCIONAL DE MEMBRO SUPERIOR PARA CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL HEMIPARÉTICAS ESPÁSTICAS: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO ALEATORIZADO E DUPLO CEGO

Objetivo da Pesquisa:

Realizar uma análise comparativa dos efeitos do treino funcional de membro superior parético, com e sem a associação da estimulação transcraniana por corrente contínua do córtex motor primário sobre funcionalidade de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica, níveis I a III do Sistema de Classificação da Habilidade Manual (Manual Ability Classification System - MACS)

Objetivo secundário: Realizar uma análise comparativa dos efeitos do treino funcional de membro superior parético, com e sem a associação da Estimulação Transcraniana com Corrente Contínua (tDCS) do córtex motor primário sobre funcionalidade de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica, níveis I a III do Sistema de Classificação da Habilidade Manual (Manual Ability Classification System - MACS).

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249

Bairro: LIBERDADE

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3385-9197

CEP: 01.504-001

E-mail: comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 525.935

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os procedimentos adotados no estudo são não-invasivos portanto os voluntários não serão submetidos a risco. A estimulação transcraniana será realizada por uma fisioterapeuta com experiência na técnica. A estimulação transcraniana é indolor e com baixa potência, não gerando riscos ao voluntário. O estudo será supervisionado por um médico neurologista especializado em estimulação cerebral não invasiva.

Benefícios: A literatura nacional e internacional mostra que 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. Um grande benefício da utilização da técnica de Estimulação Transcraniana com Corrente Contínua (tDCS) é a possibilidade do uso associado com terapias físicas. Além

disso, a maioria dos estudos envolvendo o uso da tDCS no córtex motor primário 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 movimentação ativa de cotovelo e na função motora. No entanto, existe um número extremamente restrito de estudos que analisaram os efeitos da estimulação transcraniana em crianças com PC. Deste modo, no sentido de inserir elementos sobre o tema na literatura, o estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa dos efeitos do treino funcional de membro superior parético, com ou sem a associação da estimulação transcraniana por corrente contínua do córtex motor primário sobre funcionalidade de crianças com paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica, níveis I a III do Sistema de Classificação da Habilidade Manual (Manual Ability Classification System - MACS). Para isso, foi elaborado um protocolo com a participação de dois grupos (Grupo 1: treino da funcionalidade do membro superior parético com estimulação

transcraniana placebo; Grupo 2: treino da funcionalidade do membro parético com estimulação transcraniana ativa). As avaliações serão constituídas de análise tridimensional do movimento e eletromiográfica do membro superior parético (sistema SMART-D 140® - BTS Engineering e EMG FREEEMG® - BTS Engineering), da função motora grossa, da qualidade do movimento do membro superior (QUEST); da mobilidade funcional e do desempenho funcional (PEDI), do nível de espasticidade do cotovelo, mensurada por dispositivo portátil e pela escala de Ashworth e Tardie. Os treinos serão realizados durante duas semanas consecutivas, com cinco sessões de treino por semana (30 minutos). A estimulação transcraniana será realizada no córtex motor primário durante as sessões de treino,

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249
Bairro: LIBERDADE
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefona: (11)3385-9197

CEP: 01.504-001

E-mail: comiteetica@uninove.br



UNIVERSIDADE NOVE DE
JULHO - UNINOVE



Continuação do Parecer: 025.935

com uma intensidade de 1 mA.

Adequado

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é bastante relevante e apresenta objetivos compatíveis com a metodologia proposta. O tema abordado, também é bastante relevante no que diz respeito, à prática clínica do fisioterapeuta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados de forma adequada.

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O presente projeto de pesquisa se encontra adequado em todos os aspectos analisados.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

SAO PAULO, 10 de Fevereiro de 2014

Assinador por:
Stella Regina Zamuner
(Coordenador)

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249

Bairro: LIBERDADE

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3385-9197

CEP: 01.504-001

E-mail: comlidesetica@uninove.br

7.2. ANEXO 2

22/06/2015

Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos



[Recursos e central](#)
[Ajuda](#)

[PT](#) | [ES](#) | [EN](#)

[NOTÍCIAS](#) | [SOBRE](#) | [AJUDA](#) | [CONTATO](#)

[SOLICITAR ACESSO](#)

[HOME](#) / [DESCRIÇÃO DO ESTUDO](#) /

RBR-6v4y3k
Estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino funcional de membro superior para crianças com paralisia cerebral hemiparética espástica: ensaio clínico controlado aleatorizado e duplo cego

Data de registro: 30 de Maio de 2014 às 14:24
 Last Update: 11 de Fev. de 2015 às 11:50

Tipo do estudo:
 Intervenções

Título científico:

Estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino funcional de membro superior para crianças com paralisia cerebral hemiparética espástica: ensaio clínico controlado aleatorizado e duplo cego PT-BR	Transcranial direct current stimulation associated with upper limb functional training for children with spastic hemiparetic cerebral palsy: randomized controlled double-blind clinical trial EN
--	--

Identificação do ensaio

Número do UTK: U1111-1157-0498

Título público:

Estimulação elétrica transcraniana em crianças com paralisia cerebral PT-BR	Transcranial current stimulation for children with cerebral palsy EN
--	---

Acronímio científico:

Acronímio público:

Identificadores secundários:

CAAE: 1936621.2400020511
 Órgão emissor: Plataforma Brasil (PB)

125935
 Órgão emissor: Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Nove de Julho (UNHON)

Patrocinadores

Patrocinador primário: Associação Educacional Nove de Julho

Patrocinadores secundários:

Instituição: Associação Educacional Nove de Julho

<http://www.ensaiosclinicos.gov.br/rg/RBR-6v4y3k/>

16

22/09/2015

Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos

Fontes de apoio financeiro ou material:

Instituição: FAPESP - Função de Amparo à pesquisa do estado de São Paulo

Condições de saúde

Condições de saúde ou problemas:

PT-BR Paralisia cerebral hemiplégica espástica	EN Spastic hemiparesis cerebral palsy
---	--

Descritores gerais para as condições de saúde:

PT-BR G99-G99: VI - Doenças do sistema nervoso	EN G99-G99: VI - Diseases of the nervous system
---	--

Descritores específicos para as condições de saúde:

PT-BR C19.229.143.146.254: Paralisia Cerebral	ES C19.229.143.146.254: Parálisis Cerebral	EN C19.229.146.146.254: Cerebral Palsy
PT-BR G99.2: Paralisia cerebral hemiplégica espástica	ES G99.2: Hemiplegia Infantil	EN G99.2: Infantile hemiplegia

Intervenções**Categorias das Intervenções**

Other

Intervenções:

PT-BR Grupo Intervenção (IG)- 17 crianças receberam estimulação transcraniana por corrente contínua ativa, associado ao treinamento funcional de alcance manual. Grupo controle (GC)- 17 crianças receberam estimulação transcraniana placebo, associado ao treinamento funcional de alcance manual. O treinamento, para ambos os grupos, será de atividades funcionais de alcance manual do membro superior próximo, por meio de brinquedos pedagógicos, sendo realizado num período de 20 minutos/dia, 5 vezes por semana por 2 semanas consecutivas. A estimulação transcraniana será realizada no córtex motor primário durante as sessões de treino, com uma intensidade de 1mA.	EN Intervention Group (IG)- 17 children will receive active stimulation transcranial direct current, associated with functional training of upper limb. Control Group (CG)- 17 children will receive placebo transcranial stimulation, associated with functional training of upper limb. The training for both groups, will consist of functional activities for proximal upper limb using educational toys performed over a period of 20 minutes / day, 5 times a week for 2 consecutive weeks. Transcranial stimulation will be held in the primary motor cortex during training sessions, with an intensity of 1 mA.
---	--

22/09/2015

Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos



Descritores para as intervenções:

PT-BR
E02.942: Terapia por Estimulação Elétrica

ES
E02.942: Terapia por Estimulación Eléctrica

Recrutamento

Situação de recrutamento: Recruiting

País de recrutamento

Brasil

Data prevista do primeiro recrutamento: 2014-07-10

Data prevista do último recrutamento: 2015-11-10

Tamanho da amostra alvo:	Gênero para Inclusão:	Idade mínima para Inclusão:	Idade máxima para Inclusão:
34		6 Y	18 Y

Critérios de Inclusão:

PT-BR
Os critérios de inclusão serão crianças com paralisia cerebral hemiparesia espástica advindas das clínicas escola de fisioterapia da UNINOVE das quais possuem diagnóstico de paralisia cerebral do tipo hemiparesia espástica; classificação funcional de membros superiores como nível I, II ou III pelo MACS tenham idade entre 6 e 16 anos de idade; possuem grau de compreensão e colaboração compatíveis com a realização das atividades propostas; se responsáveis legais pelas crianças, concordem com a sua participação no estudo por meio de assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido já aprovado pelo COEP da UNINOVE

EN
The criteria for inclusion will be children with spastic hemiparetic cerebral palsy come from school of physiotherapy clinics of UNINOVE which have diagnosis of spastic hemiparetic cerebral palsy functional classification of upper limbs as levels I, II or III for MACS, have age between 6 and 16 years old have degree of understanding and cooperation that are compatible with the achievement of the proposed activities, the legal guardians for the children, agree with your participation in the study through the signing of the informed consent already approved by the COEP UNINOVE

Critérios de exclusão:

PT-BR
Serão excluídas crianças que tenham sido submetidas a procedimentos cirúrgicos ou a bloqueios neuroblóicos no membro superior parético nos últimos 12 meses antes do início das sessões de treinamento; apresentem deformidades ortopédicas estruturadas com indicações cirúrgicas; portadores de epilepsia, que

EN
Will be excluded children who have performed surgery or neuroblóica blocks procedures in the upper limb paretic, in the last 12 months before the beginning of the training sessions; have structured deformities with Orthopedic Surgical Indications; have epilepsy; have metal implant in the brain or hearing aids.

22/09/2015

Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos

possuem implante metálico no encéfalo ou apênxio auditivo.

Tipo do estudo**Desenho do estudo:**

<p>PT-BR</p> <p>Ensaio clínico terapêutico, paralelo, dois braços, duplo cego, randomizado.</p>	<p>EN</p> <p>Therapeutic clinical trial, parallel, two-arm, double-blind, randomized study.</p>
---	---

Programa de acesso expandido	Enfoque do estudo	Desenho da Intervenção	Número de braços	Tipo de mascaramento	Tipo de alocação	Fase do estudo
Tua	Treatment	Parallel	2	Double-blind	Randomized controlled	III

Desfechos**Desfechos primários:**

<p>PT-BR</p> <p>Melhora funcional da habilidade manual, mensurada pelo teste de qualidade das habilidades de membros superiores (QUEST) após 10 sessões de estimulação transcraniana por corrente contínua no córtex motor primário de crianças com paralisia cerebral hemiparética esquerda.</p>	<p>EN</p> <p>Functional improvement of manual dexterity, as measured by the quality test of the skills of upper limbs (QUEST) after 10 sessions of transcranial direct current stimulation in the primary motor cortex of children with apsidic hemiparetic cerebral palsy.</p>
---	---

Desfechos secundários:

<p>PT-BR</p> <p>Não são esperados desfechos secundários.</p>	<p>EN</p> <p>Secondary outcomes are not expected.</p>
--	---

Contatos**Contatos para questões técnicas**

<p>Nome completo: Claudia Santos Oliveira</p> <p>Endereço: Rua Itapicuru 300 apto111</p> <p>Cidade: São Paulo / Brasil</p> <p>CEP: 05066-000</p> <p>Fone: +55(11)38601681</p> <p>E-mail: csantos@unhove.br</p> <p>Afiliação: Associação Educacional nove de Julho (UNHOVE)</p>	<p>Nome completo: Renata Caldas Franco de Moura</p> <p>Endereço: Rua Walsumbé 210 apto 21</p> <p>Cidade: São Paulo / Brasil</p> <p>CEP: 02130-070</p> <p>Fone: +55(11)26312581</p> <p>E-mail: franco.renata@ptema.com.br</p> <p>Afiliação: Associação Educacional nove de Julho (UNHOVE)</p>
--	--

Contatos para questões científicas

<p>Nome completo: Claudia Santos Oliveira</p> <p>Endereço: Rua Itapicuru 300 apto111</p> <p>Cidade: São Paulo / Brasil</p> <p>CEP: 05066-000</p>	<p>Nome completo: Renata Caldas Franco de Moura</p> <p>Endereço: Rua Walsumbé 210 apto 21</p> <p>Cidade: São Paulo / Brasil</p> <p>CEP: 02130-070</p>
--	---

22/09/2015

Registro Brasileiro de Empresas Clínicas

Fone: +55(11)38811481	Fone: +55(11)36312581
E-mail: csantos@unhove.br	E-mail: franco.renata@unhove.com.br
Afiliação: Associação Educacional nov-de Julho (UNHOVE)	Afiliação: Associação Educacional nov-de Julho (UNHOVE)

Contatos para informação sobre os centros de pesquisa

Nome completo: Claudia Letizia Oliveira
 Endereço: Rua Itapicuru 300 apto111
 Cidade: São Paulo / Brasil
 CEP: 05006-000
 Fone: +55(11)38811481
 E-mail: csantos@unhove.br
 Afiliação: Associação Educacional nov-de Julho (UNHOVE)

Anexos

<http://www.estruturadocad.com.br/interior/extra/empresa/empresas/empresas-clinicas/registro-brasil/> (Parâmetro CDEP- UNHOVE -Plataforma BRASIL)

Links adicionais:

[Download no formato PDF](#)

[Download no formato XML OpenTrust](#)

7.3. ANEXO 3

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 Renata Calhes Franco, 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: Efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino funcional de membro superior de crianças com paralisia cerebral hemiparética espástica: ensaio clínico controlado aleatorizado, duplo cego.
3. Objetivo: Examinar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua associada ao treino funcional de membro superior em crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espástica.
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, no uso do treino de função manual de crianças com paralisia cerebral hemiparéticas espásticas, cuja importância clínica se faz relevante.
5. Procedimentos da Fase Experimental: Será feita a análise em N voluntários, selecionados segundo os seguintes critérios: diagnóstico de paralisia cerebral, idade entre quatro e 12 anos, estar classificado como níveis I, II ou III do Sistema de Classificação da Mobilidade Manual para crianças com paralisia cerebral (MACS). Os voluntários serão avaliados antes, logo após e um mês após o treino. A avaliação será constituída dos seguintes itens: I - Avaliação do movimento funcional do membro superior parético: A criança será orientada a sentar em uma cadeira confortável e posicionar o braço parético sobre uma mesa. Será solicitada a realização de atividades de alcance manual como pegar e soltar objetos, neste momento a criança estará sendo filmada. II - Avaliação da atividade elétrica dos

músculos flexores e extensores do cotovelo: Será solicitado que a criança realize o movimento flexão-extensão do cotovelo com eletrodos ligados a um eletromiógrafo que captará a atividade elétrica muscular. III -Avaliação da qualidade do movimento dos membros superiores pelo QUEST. A avaliação será realizada em três dias, com duração de uma hora 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 seis grupos. O grupo 1 vai realizar o treino funcional de membro superior com a estimulação transcraniana desligada (placebo). O Grupo 2 vai realizar o treino funcional de membro superior com a estimulação transcraniana ligada. 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 15 dias. A estimulação é indolor. O treino será realizado por duas semanas, cinco vezes por semana, por fisioterapeuta com experiência em treino da funcionalidade de membro superior 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.

6. Desconforto ou Risco Esperado: Os procedimentos adotados no estudo são não invasivos portanto os voluntários não serão submetidos a risco. A estimulação transcraniana será realizada por uma fisioterapeuta com experiência na técnica.
7. 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.
8. Métodos Alternativos Existentes: Não apresenta.
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 Rua Vergueiro, no 235/249, 2º subsolo, Vergueiro, São Paulo-SP.
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: Claudia Santos Oliveira (11 3665 9344) e aluna de pós graduação: Renata Calhes Franco (11 9 9686-7229).
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 2015.

Nome (por extenso)

Responsável: _____

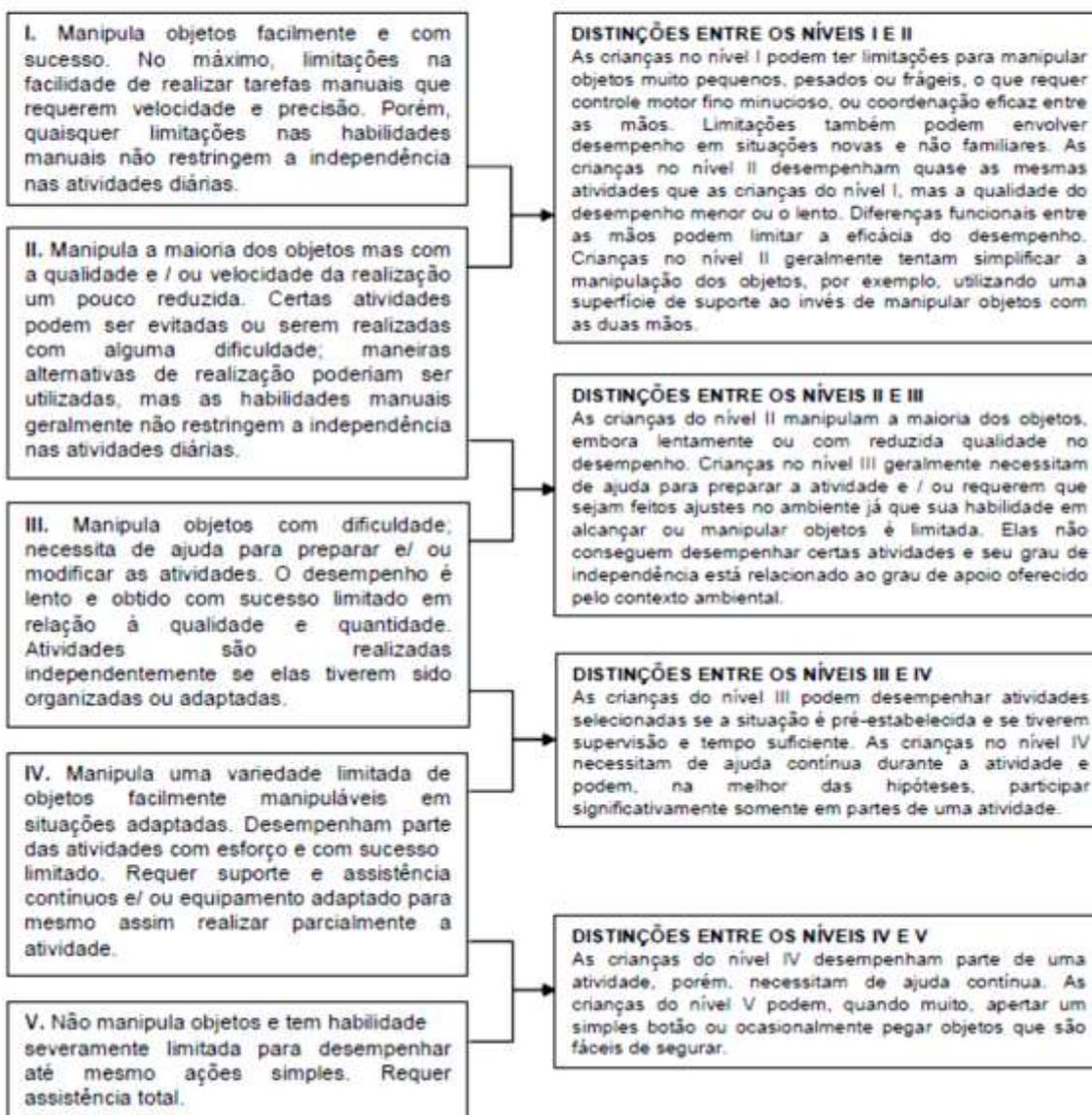
Assinatura

Responsável: _____

7.4. ANEXO 4

Manual Ability Classification System
Sistema de Classificação da Habilidade Manual para crianças com
paralisia cerebral (4-18 anos)

MACS classifica como as crianças com paralisia cerebral usam suas mãos para manipular objetos em atividades diárias.



7.5. ANEXO 5

Ficha de Identificação

Data: ___|___|___

Nome: _____

Data de nascimento: ___ | ___ | ___ Idade: _____ Sexo: () F () M

Diagnóstico Topográfico: _____

MACS: _____

Cirurgias prévias de membros: _____

Bloqueio neurolítico: _____

Órtese: _____

Queixas funcionais do membro superior parético: _____

Responsável: _____

Grau de parentesco: _____ Telefone: _____

Endereço: _____

Cidade: _____ Estado: _____