

ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA (ETCC) E ASSIMETRIAS MANUAIS: O EFEITO DA ESTIMULAÇÃO NA DESTREZA MANUAL

TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION AND MANUAL ASYMMETRIES: THE EFFECT OF THE STIMULATION ON THE MANUAL DEXTERITY

Mayndra Giusti Salvador¹, Herbert Ugrinowitsch¹, Marco Aurélio Romano-Silva¹, Débora Marques de Miranda¹, Tércio Apolinário-Souza¹ e Guilherme Menezes Lage¹

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil.

RESUMO

O objetivo foi avaliar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) sobre o córtex motor primário (M1) nas assimetrias de desempenho manual em uma tarefa de destreza manual. A amostra foi composta por 28 voluntários, destros, do sexo masculino e sem comprometimento neurológico. A tarefa (Grooved Pegboard) consistiu em encaixar 25 pinos em 25 receptáculos, o mais rápido possível. A tarefa foi executada no pré-teste com ambas as mãos para definição do nível de assimetria manual. Uma semana após o pré-teste foi aplicado a ETCC ou placebo, em seguida os sujeitos foram avaliados no pós-teste. Os resultados revelaram que os efeitos da ETCC no M1 não foram capazes de diminuir as assimetrias manuais em uma tarefa de destreza manual em sujeitos destros. Entretanto, somente o grupo ETCC melhorou o desempenho do pré-teste para o pós-teste ($p < 0,05$) em ambas as mãos. A estimulação do M1 direito pode ter gerado benefícios no M1 contralateral.

Palavras-chave: Destreza motora. Estimulação elétrica. Lateralidade funcional.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of transcranial direct-current stimulation (tDCS) on the primary motor cortex (M1) in the manual performance asymmetries in a manual dexterity tasks. The sample consisted of 28 volunteers, right-handed, men and without neurological impairment. The task (Grooved Pegboard) consisted of inserting 25 pins in 25 receptacles, as soon as possible. The task was executed in the pretest with both hands to define the level of manual asymmetry. tDCS or Sham were applied a week after the pretest, then the subjects were evaluated in the post-test. The results revealed that the effects of tDCS in M1 did not reduce asymmetries in a manual dexterity task. However, only the tDCS group improved the performance from pretest to the posttest ($p < 0.05$) in both hands. Stimulation of the right M1 may have generated benefits in the contralateral M1.

Keywords: Motor dexterity. Electrical stimulation. Functional laterality.

Introdução

A Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) consiste em uma técnica de modulação cortical não invasiva e indolor, que, através da aplicação de corrente contínua de baixa intensidade sobre o escalpo, é capaz de modular a excitabilidade cortical¹⁻³. Embora os mecanismos de plasticidade neural relacionados à ETCC ainda não estejam totalmente esclarecidos, destaca-se como principal mecanismo a mudança da excitabilidade das células corticais estimuladas, sendo que a estimulação via ânodo (eletrodo positivo) leva a uma hiperpolarização dos dendritos, uma despolarização do corpo da célula (soma) e a estimulação via cátodo (eletrodo negativo) a uma despolarização dos dendritos e uma hiperpolarização do corpo celular (soma)³⁻⁵.

Na literatura tem sido encontrado benefícios da ETCC na diminuição do desejo de consumo de álcool⁶, cigarros⁷, em doenças psiquiátricas⁸, em pacientes com acidente vascular cerebral⁹ e com Parkinson¹⁰ e na melhora do controle motor^{11,12}. Em relação ao controle

motor, a estimulação do córtex motor primário (M1) está associado a essa melhora^{2,12,13}. Sendo que a mudança na excitabilidade do M1 aumenta a excitabilidade corticoespinal fazendo que fortaleça as conexões sinápticas, facilitando a transmissão sináptica^{14,15}.

Quando se avalia os efeitos da ETCC no controle motor das assimetrias manuais, na literatura tem sido encontrado uma diminuição das assimetrias quando aplicado a ETCC no M1^{13,16}. Uma das causas da diminuição das assimetrias é a modificação da destreza manual de um ou de ambos os membros¹⁷. Por exemplo, Vines et al.¹⁸ investigaram os efeitos da ETCC sobre o desempenho de uma tarefa de quatro toques sequenciais com os dedos (somente o polegar não era requerido) em diferentes condições de estimulação. Os participantes deveriam executar a maior quantidade de vezes a sequência de toques em 30 segundos. Três tentativas de 30 segundos foram realizadas com cada mão antes da ETCC (pré-teste) e depois da ETCC (pós-teste) para avaliação da aprendizagem da tarefa. A medida de desempenho analisada foi o percentual de mudanças nos erros de sequência de toques do pré para o pós-teste. A inibição do hemisfério dominante nos destros (hemisfério esquerdo) teve impacto em ambas as mãos, diminuindo a destreza da mão dominante e melhorando a destreza da mão não dominante. Já a inibição do hemisfério não dominante (hemisfério direito) afetou apenas o desempenho contralateral, piorando a destreza da mão não dominante. Boggio et al.¹⁹ investigaram, em destros, os efeitos da estimulação com ETCC sobre o M1 dominante e não dominante no desempenho do Teste de Função Manual Jebsen Taylor. O teste de Jebsen Taylor é composto por sete subtestes realizados com as mãos dominante e não dominante, sendo avaliado o desempenho na escrita, manipulação de cartas, manipulação de pequenos objetos, uso de talheres, manipulação de pequenos discos e alcance e agarre de latas leves e pesadas. É avaliado o tempo total para executar todos os subtestes, assim como o tempo total de cada subteste. Inicialmente, cada participante teve 10 tentativas de prática do teste com ambas as mãos com o objetivo de estabilizar o desempenho. Após esse período de prática, os participantes foram alocados aleatoriamente para o grupo estimulado e o grupo placebo. Os resultados demonstraram que a aplicação da ETCC em apenas um hemisfério pode melhorar a destreza de ambas as mãos. Contudo, a mão contralateral ao hemisfério estimulado se beneficia mais da ETCC comparado à ipsilateral (mesmo lado).

Recentemente, Christova et al.²⁰ investigaram se diferentes formas de estimulação associadas à prática motora de uma tarefa de destreza manual, o Grooved Pegboard Test, altera a excitabilidade corticoespinal e se essa alteração está associada à aprendizagem motora da mão não dominante. Três grupos praticaram 16 tentativas do teste com a mão esquerda e foram testados 14 dias depois para avaliar os efeitos duradouros da prática associada à estimulação. Cada grupo de prática recebeu uma forma de estimulação sobre o M1 não dominante: (1) ETCC placebo antes e durante a prática, (2) ETCC placebo antes da prática e ETCC anódica durante a prática e (3) ETCC catódica antes da prática e ETCC anódica durante a prática. Os resultados mostraram que o treinamento *per se* não altera a excitabilidade corticoespinal e que enquanto a ETCC anódica durante a prática aumenta a excitabilidade corticoespinal, a ETCC catódica antes da prática reduz a excitabilidade. O desempenho mostrou que a ETCC durante a prática leva a melhor desempenho na destreza manual comparada a ETCC placebo. Essa diferença foi observada ao final do período de prática e 14 dias no teste de aprendizagem. Esses estudos avaliados¹⁸⁻²⁰ deram oportunidade de prática ao participante. A prática motora das tarefas avaliadas nos experimentos pode ser um fator de confundimento, não permitindo assim a inferência dos efeitos da ETCC isolados dos efeitos da prática motora.

Assim, o presente estudo buscou investigar se somente a estimulação cortical é capaz de reduzir a assimetria de desempenho manual em uma tarefa de destreza manual. É possível que o aumento da excitabilidade corticoespinal via a estimulação do M1 direito, sem os

benefícios da prática, possa ter um efeito no desempenho da mão não dominante em uma tarefa de destreza manual, diminuindo assim a assimetria manual, sendo essa a nossa hipótese de estudo.

Métodos

Participantes

A amostra foi composta por 28 indivíduos do sexo masculino, universitários (idade média= $23\pm 2,16$). Foram incluídos na amostra os participantes destros que apresentaram índice de preferência acima de 80 pontos para a mão direita na análise do Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo²¹. Foram utilizados como critérios de exclusão a autodeclaração de histórico de comprometimento neurológico e a ingestão de medicamentos que são susceptíveis a alterar a excitabilidade cortical. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade onde foi desenvolvida, sob protocolo nº 24116513.2.000.5149.

Instrumentos e tarefa motora

Para a determinação do índice de lateralidade, foi empregado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo²¹. O equipamento utilizado para realizar a ETCC foi o HDC Kit (Magstim Company Limited, Whitland, Wales, UK). Foi utilizado um aplicativo de celular como cronômetro de mão para controle do tempo de execução da tarefa de destreza manual. O instrumento utilizado para realizar o teste de destreza manual foi o Grooved Pegboard Test (Lafayette Instrument Company, modelo nº 32025). O Grooved Pegboard é composto por uma superfície com 25 orifícios, cada um possuindo uma reentrância posicionada em diferentes direções, e uma superfície côncava onde são colocados os pinos. Os pinos também possuem uma reentrância, que deve coincidir espacialmente com a do orifício para que haja encaixe²². A meta da tarefa consiste em encaixar 25 pinos em um receptáculo nos seus devidos buracos, um de cada vez, o mais rápido possível, em uma ordem prescrita. Quando executada a tarefa com a mão direita a ordem prescrita é de cima para baixo, da direita para a esquerda (Figura 1a). Quando executada com a mão esquerda a ordem é de cima para baixo, da esquerda para direita (Figura 1b).

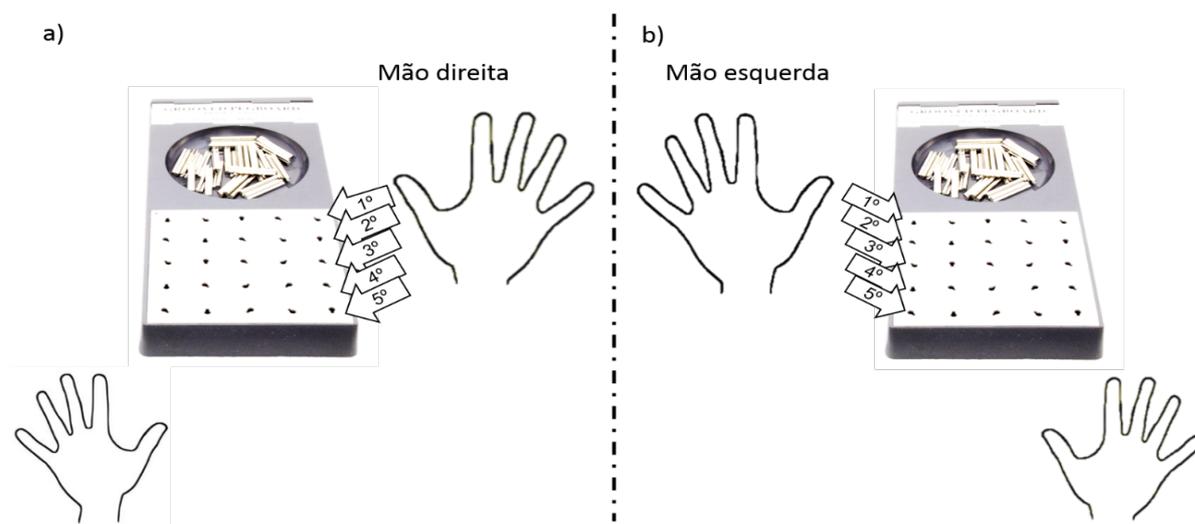
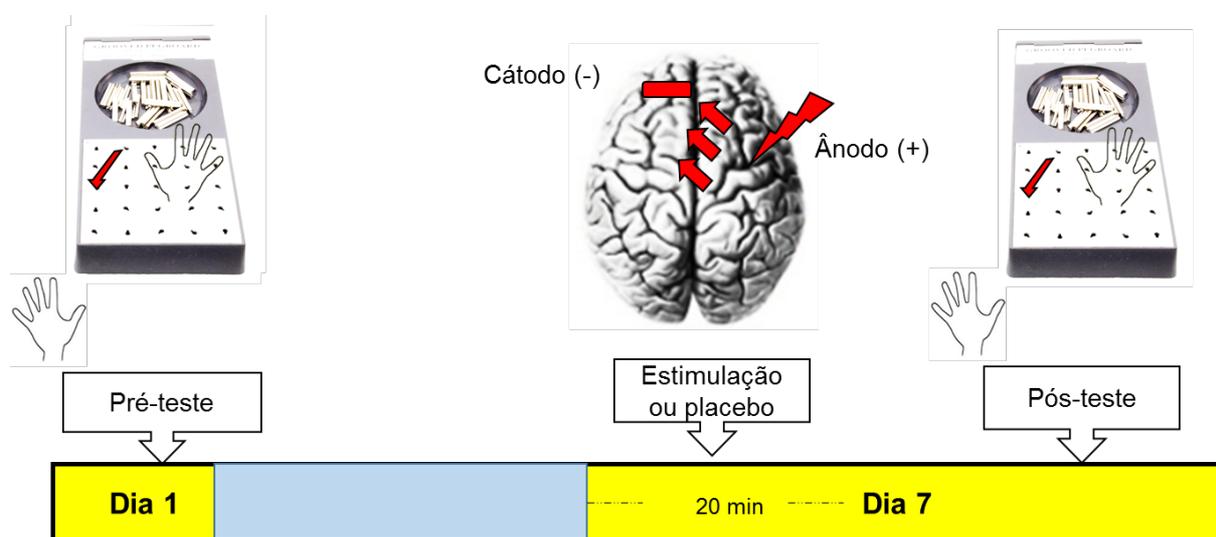


Figura 1. Tarefa de avaliação da destreza manual Grooved Pegboard e a ordem prescrita de execução com a mão direita e com a mão esquerda.

Fonte: Os autores.

Procedimentos

A coleta de dados foi realizada individualmente. Todos os participantes receberam demonstrações e instruções verbais padronizadas sobre o experimento e em seguida realizaram uma parte da tarefa, o preenchimento das duas primeiras fileiras de reentrâncias com ambas as mãos como forma de ambientação à tarefa. Posteriormente, foi aplicado o pré-teste que consistiu na avaliação motora de ambas as mãos. Os 28 voluntários foram divididos em dois grupos de 14 participantes, um grupo iniciou o pré-teste com a mão direita e o outro grupo com a mão esquerda. Uma semana após o pré-teste foi aplicado a ETCC ou placebo (forma simulada da ETCC). Imediatamente após a aplicação da ETCC ou placebo, os sujeitos foram avaliados no pós-teste. Todos os voluntários iniciaram o pós-teste com a mesma mão que iniciaram o pré-teste (Figura 2).



↖ = Direção da corrente indo do ânodo para o cátodo.

Figura 2. Linha do tempo e procedimentos adotados ao longo do estudo. As setas vermelhas que partem da posição do ânodo para cátodo indicam a direção da corrente.

Fonte: Os autores.

A ETCC foi aplicada via eletrodos protegidos por esponjas embebidas em solução salina composta por concentração entre 40 a 150nM de NaCl diluídos em água deionizada, para eliminar o contato direto do eletrodo com a pele e assim minimizar possíveis reações desagradáveis. No início da estimulação, foi esperado que a maioria dos sujeitos percebesse uma ligeira sensação de comichão, que, em seguida, desapareceu na maioria dos casos²³. Para estimular o M1 contralateral à mão não dominante, o eletrodo ânodo (positivo) foi colocado sobre a região C4 (padrão internacional 10/20 para análise de sinais eletroencefalográficos). O outro eletrodo, cátodo, foi colocado sobre a área supraorbital contralateral. Uma corrente constante de 1mA foi aplicada por 20 minutos, esse parâmetro de estimulação é seguro de acordo com estudos anteriores²³. Para a estimulação placebo os eletrodos foram colocados na mesma configuração. Entretanto, nessa condição o estímulo foi retirado de forma gradativa pelo HDC Kit após 30 segundos, tempo suficiente para o voluntário não mais perceber a presença da corrente. Os sujeitos do grupo simulado passaram pelas mesmas condições do procedimento de estimulação.

Tratamento e análise estatística

A medida de desempenho motor utilizada para a tarefa de destreza manual foi o tempo de movimento. Essa medida corresponde ao intervalo de tempo compreendido entre o comando de início fornecido ao voluntário e a inserção do último pino. As análises descritivas foram realizadas em termos de média, desvio padrão e mediana.

Para as análises inferenciais foram utilizadas uma série de procedimentos. Inicialmente foi conduzido o teste de *Shapiro-Wilks* para análise da normalidade dos dados ($p > 0,05$). O teste de *Shapiro-Wilks* indicou que os dados não atendiam os pressupostos de normalidade ($p < 0,05$). Foi feita uma transformação logarítmica (Log10), porém os dados não foram normalizados. Assim foram adotados os seguintes procedimentos estatísticos não paramétricos para análises intragrupos (ETCC e placebo): a) aplicação do teste para medidas pareadas de *Wilcoxon* e b) correção de *Bonferroni*, com ajuste do nível e significância calculado pela seguinte fórmula:

$$0,05 / 4 \text{ comparações.}$$

As quatro comparações intragrupos foram: (1) pré-teste mão direita versus pré-teste mão esquerda; (2) pós-teste mão direita versus pós-teste mão esquerda; (3) pré-teste mão direita versus pós-teste mão direita; (4) pré-teste mão esquerda versus pós-teste mão esquerda. Sendo assim o nível de significância adotado para as múltiplas comparações foi de $p < 0,01$.

Resultados

A análise descritiva dos dois grupos (ETCC e placebo) nos dois momentos de análise (pré e pós-teste) com as duas mãos (direita e esquerda) está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Média, desvio padrão e mediana dos grupos experimentais nos dois momentos de análise com as duas mãos.

Análise	Tempo tarefa de destreza manual (minutos)							
	Grupo ETCC				Grupo Placebo			
	Pré-teste		Pós-teste		Pré-teste		Pós-teste	
	MD	ME	MD	ME	MD	ME	MD	ME
Média	0,76	0,99	0,66	0,86	0,82	1,01	0,72	0,95
Desvio padrão	0,28	0,26	0,25	0,28	0,26	0,20	0,24	0,26
Mediana	0,56	1,04	0,54	1	1,02	1,07	0,57	1,06

Fonte: Os autores.

Análises inferenciais do grupo ETCC

As múltiplas comparações com o teste de *Wilcoxon* mostraram assimetria significativa na comparação pré-teste mão direita X mão esquerda ($p < 0,01$) e na comparação pós-teste mão direita X pós-teste mão esquerda ($p < 0,01$) (Tabela 2). Nas duas comparações a mão direita apresentou melhor desempenho do que a mão esquerda (Tabela 1). Também foi encontrada diferença significativa em relação ao momento do teste, tendo os pré-testes com a mão direita e esquerda apresentado pior desempenho do que os pós-testes com a mão direita e esquerda, respectivamente ($p < 0,01$).

Tabela 2. Resultados das múltiplas comparações no grupo ETCC.

Pré-teste mão direita X pré-teste mão esquerda		Pós-teste mão direita X pós-teste mão esquerda		Pré-teste mão direita X pós-teste mão direita		Pré-teste mão esquerda X pós-teste mão esquerda	
Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
3,05	0,002	3,07	0,002	2,55	0,01	2,49	0,01

Fonte: Os autores.

Análises inferenciais do grupo Placebo

As múltiplas comparações com o teste de Wilcoxon mostraram assimetria significativa na comparação pré-teste mão direita X mão esquerda ($p < 0,01$) e na comparação pós-teste mão direita X pós-teste mão esquerda ($p < 0,01$) (Tabela 3). Nas duas comparações a mão direita apresentou melhor desempenho do que a mão esquerda (Tabela 1). Entretanto, não foi encontrada diferença significativa em relação ao momento (Tabela 3), tendo os pré-testes com a mão direita e esquerda apresentado o mesmo desempenho do que os pós-testes com a mão direita e esquerda, respectivamente ($p > 0,05$).

Tabela 3. Resultados das múltiplas comparações no grupo placebo.

Pré-teste mão direita X pré-teste mão esquerda		Pós-teste mão direita X pós-teste mão esquerda		Pré-teste mão direita X pós-teste mão direita		Pré-teste mão esquerda X pós-teste mão esquerda	
Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
2,69	0,006	3,176	0,001	0,75	0,45	0,38	0,70

Fonte: Os autores.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da ETCC nas assimetrias de desempenho manual em uma tarefa de destreza manual. A hipótese de que a ETCC aplicada ao M1 direito, sem prática adicional, seria suficiente para diminuir a assimetria de desempenho não foi confirmada. A assimetria manual encontrada no pré-teste no grupo ETCC também foi encontrada no pós-teste. Assim, é possível afirmar que a ETCC no M1 não foi capaz de diminuir as assimetrias manuais em uma tarefa de destreza manual em sujeitos destros.

É frequente a observação de assimetria de desempenho na tarefa do Grooved Pegboard em diferentes populações e condições experimentais^{24,25}. Nossos resultados indicaram que independente da condição experimental, a assimetria foi mantida com menor tempo de movimento para a mão direita. Esse achado era esperado para o grupo placebo levando em consideração que todos os participantes eram destros. A não diminuição da assimetria no grupo ETCC não contraria os achados prévios da literatura, tendo em vista que os estudos que observaram diminuição da assimetria em tarefas manuais associaram a ETCC à prática motora, promovendo aprendizagem motora na mão não dominante^{17,19}. Por outro lado, os estudos que observaram melhoras no desempenho motor por meio da aplicação da ETCC sem a prática, não avaliaram o desempenho do membro contralateral no período pré e pós-aplicação da ETCC^{16,26}.

A aplicação da ETCC somada à prática promove prolongada mudança na excitabilidade cortical, fortalecendo as conexões sinápticas por meio do mecanismo de potenciação de longo prazo^{14,15}. A ETCC aplicada por 10 minutos, não apenas influencia a excitabilidade cerebral durante a sua aplicação, mas pode induzir alterações persistentes na excitabilidade que podem durar cerca de 1 hora no M1²⁷. Essas modificações na excitabilidade cerebral associadas à prática motora podem favorecer a aquisição de uma habilidade por meio de mecanismos de formação de memória¹². É possível que para tarefas manuais complexas como as requeridas no teste de função manual Jebsen-Taylor, assim como para a tarefa aplicada no presente estudo, somente a alteração na excitabilidade corticoespinal não seja suficiente para a diminuição da diferença de desempenho entre as mãos dominante e não dominante. A mudança na qualidade do controle motor dependeria também da prática com a mão não dominante. Essa é uma hipótese que necessita ser investigada em um futuro estudo.

Um outro caminho explicativo para a não diminuição da assimetria manual passa pela análise de um resultado bastante interessante e inesperado. Os resultados do presente estudo indicam que a ETCC no M1 direito levou a alterações no desempenho de ambas as mãos. As comparações entre os momentos pré e pós-teste, em ambas as mãos, mostraram uma melhoria no desempenho no pós-teste, somente para o grupo ETCC. Poderia se argumentar que houve um efeito de aprendizagem, entretanto, o grupo placebo não apresentou melhoras entre os momentos para nenhuma das mãos. De alguma forma, a estimulação do M1 direito impactou não somente na melhoria do desempenho da mão esquerda, mas também no desempenho da mão direita. É possível que o nível de assimetria mantido possa ser fruto do benefício da cooperação inter-hemisférica. Em destros, é observada a facilitação inter-hemisférica quando o hemisfério direito está ativo, quando o hemisfério esquerdo está ativo observa-se o efeito da inibição inter-hemisférica²⁸. É possível que a estimulação do M1 direito tenha gerado benefícios no M1 contralateral, fator esse que levaria a melhoria do desempenho em ambas as mãos, mantendo assim os níveis de assimetria. Uma possível aplicação prática desses resultados está associada à processos de reabilitação que exijam alterações plásticas nas funções hemisféricas. Após um acidente vascular cerebral (AVC), o retorno espontâneo da função motora está associada com o retorno da atividade no M1²⁹. A função manual de um paciente que tenha sofrido um AVC em região subcortical, depende predominantemente da atividade do M1 do hemisfério lesionado³⁰. Como os resultados de nosso estudo indicam que a estimulação do M1 direito pode ter gerado benefícios no M1 contralateral, a ETCC poderia ter um papel adjuvante no retorno espontâneo das atividades do M1 direito. Entretanto, essa hipótese necessita de futuras investigações em relação aos efeitos duradouros que a ETCC sobre o M1 não dominante tem sobre o M1 dominante.

Como limitações, o presente estudo não avaliou o nível excitabilidade corticoespinal para aferir sobre os efeitos da ETCC no M1 não dominante e dominante. Essa análise permitiria uma análise mais direta dos efeitos da estimulação de um hemisfério sobre o outro. Apesar do Grooved Pegboard Test ser um teste amplamente utilizado para análise da destreza manual, uma bateria com um maior número de tarefas manuais poderia ter representado de forma mais ampla o conceito de destreza manual. Recomendam-se novos estudos que busquem avançar sobre tais limitações.

Conclusões

Os resultados do presente estudo permitem concluir que para uma tarefa seriada de destreza manual, com demanda visoespacial, o efeito da ETCC não diminui as assimetrias

entre os membros. Entretanto, a estimulação do M1 direito parece de alguma forma favorecer a função do M1 contralateral.

Referências

1. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol* 2000;527 (3):633-639.
2. Nitsche MA, Schauenburg A, Lang N, Liebetanz D, Exner C, Paulus W, et al. Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human. *J Cogn Neurosci* 2003;15(4):619-626.
3. Rosenkranz K, Nitsche MA, Tergau F, Paulus W. Diminution of training-induced transient motor cortex plasticity by weak transcranial direct current stimulation in the human. *Neurosci Lett* 2000;296(1):61-3.
4. Liebetanz D, Nitsche MA, Tergau F, Paulus W. Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability. *Brain* 2002;125(Pt 10):2238-47.
5. Nitsche MA, Fricke K, Henschke U, Schlitterlau A, Liebetanz D, Lang N, et al. Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *J Physiol* 2003;553(1):293-301.
6. Boggio PS, Sultani N, Fecteau S, Merabet L, Mecca T, Pascual-Leone A, et al. Prefrontal cortex modulation using transcranial DC stimulation reduces alcohol craving: a double-blind, sham-controlled study. *Drug Alcohol Depend* 2008;92(1-3):55-60.
7. Fregni F, Liguori P, Fecteau S, Nitsche MA, Pascual-Leone A, Boggio PS. Cortical stimulation of the prefrontal cortex with transcranial direct current stimulation reduces cue-provoked smoking craving: a randomized, sham-controlled study. *J Clin Psychiatry* 2008;69(1):32-40.
8. Boggio PS, Rigonatti SP, Ribeiro RB, Myczkowski ML, Nitsche MA, Pascual-Leone A, Fregni F. A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression. *Int J Neuropsychopharmacol* 2008;11(2):249-254.
9. Hummel F, Celnik P, Giraux P, Floel A, Wu WH, Gerloff C, et al. Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke. *Brain* 2005;128(3):490-499.
10. Boggio PS, Ferrucci R, Rigonatti SP, Covre P, Nitsche M, Pascual-Leone A, et al. Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 2006;249(1):31-38.
11. Hsu TY, Tseng LY, Yu JX, Kuo WJ, Hung DL, Tzeng OJ, et al. Modulating inhibitory control with direct current stimulation of the superior medial frontal cortex. *Neuroimage* 2011;56(4):2249-2257.
12. Reis J, Schambra HM, Cohen LG, Buch ER, Fritsch B, Zarahn E, Celnik PA, et al. Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation. *Proc Natl Acad Sci* 2009;106(5):1590-1595.
13. Vines BW, Nair DG, Schlaug G. Contralateral and ipsilateral motor effects after transcranial direct current stimulation. *Neuroreport* 2006;17(6):671-674.
14. Cantarero G, Lloyd A, Celnik P. Reversal of long-term potentiation-like plasticity processes after motor learning disrupts skill retention. *J Neurosci* 2013;33(31):12862-12869.
15. Schambra HM, Abe M, Luckenbaugh DA, Reis J, Krakauer JW, Cohen LG. Probing for hemispheric specialization for motor skill learning: a transcranial direct current stimulation study. *J Neurophysiol* 2011;106(2):652-661.
16. Cogiamanian F, Marceglia S, Ardolino G, Barbieri S, Priori A. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. *Eur J Neurosci* 2007;26(1):242-249.
17. Williams JA, Pascual-Leone A, Fregni F. Interhemispheric modulation induced by cortical stimulation and motor training. *Phys Ther* 2010;90(3):398-410.
18. Vimes BW, Nair D, Schlaug G. Modulating activity in the motor cortex affects performance for the two hands differently depending upon which hemisphere is stimulated. *Eur J Neurosci* 2008;28(8):1667-1673.

19. Boggio OS, Castro LO, Savagim EA, Braitte R, Cruz VC, Rocha RR, Rigonatti SP, et al. Enhancement of non-dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulation. *Neurosci Lett* 2006;404(1-2):232-236.
20. Christova M, Rafolt D, Gallasch E. Cumulative effects of anodal and priming cathodal tDCS on pegboard test performance and motor cortical excitability. *Behav Brain Res* 2015; 287:27-33.
21. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 1971;9(1):97-113.
22. Araujo UO, Meira-JR CM, Neiva JFO, Umeki MY. Independência efetora e prática moderada com a mão esquerda em destrímanos. *Rev. Port. Cien. Desp* 2008;8(2): 251-258.
23. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimul* 2008;1(3):206-23.
24. Bryden PJ, Roy EA. A new method of administering the Grooved Pegboard Test: performance as a function of handedness and sex. *Brain Cogn* 2005;58(3):258-268.
25. Bryden PJ, Roy EA, Rohr LE, Egilo S. Task demands affect manual asymmetries in pegboard performance. *Laterality* 2007;12(4):364-377.
26. Parikh PJ, Cole KJ. Effects of transcranial direct current stimulation on the control of finger force during dexterous manipulation in healthy older adults. *PLoS One* 2015;10(4):01-10.
27. Priori A. Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability. *Clin Neurophysiol* 2003;114(4):589-595.
28. Reid CS, Serrien DJ. Primary motor cortex and ipsilateral control: A TMS study. *Neuroscience* 2014;270:20-6.
29. Cirstea CM, Brooks WM, Craciunas SC, Popescu EA, Choi IY, Lee P, et al. Primary Motor Cortex in Stroke: a functional MRI-guided proton MR spectroscopic study. *Stroke* 2011;42(4):1004-1009.
30. Ward NS, Brown MM, Thompson AJ, Frackowiak RS. Neural correlates of outcome after stroke: a cross-sectional fMRI study. *Brain* 2003;126(6):1430-1448.

Agradecimentos: Esse estudo teve apoio da chamada “Apoio a Projetos de Pesquisa/MCTI/CNPQ/Universal 14/2014”, processo número 460232/2014-2.

Recebido em 21/01/16.

Revisado em 13/02/17.

Aceito em 13/03/16.

Endereço para correspondência: Mayndra Giusti Salvador. Rua Rio Ganges 1040, Bairro Novo Riacho, Contagem, MG, CEP: 32280-38. E-mail: mayndra92@yahoo.com.br