

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - *CAMPUS* GOVERNADOR
VALADARES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA VIDA
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Enzo Bianchi Cosme

**Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na Transferência Bilateral
de Aprendizagem**

Governador Valadares

2023

Enzo Bianchi Cosme

Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na Transferência Bilateral de Aprendizagem

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora - *Campus* Governador Valadares, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Educação Física.

Orientador: Profa. Dra. Lidiane Aparecida Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Tércio Apolinário-Souza

Governador Valadares

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Cosme, Enzo Bianchi.

Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na Transferência Bilateral de Aprendizagem / Enzo Bianchi Cosme. -- 2023.

35 f. : il.

Orientadora: Lidiane Aparecida Fernandes

Coorientador: Tércio Apolinário- Souza

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Instituto de Ciências da Vida - ICV, 2023.

1. Transferência Bilateral de Aprendizagem. 2. Comunicação Inter-Hemisférica. 3. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua. 4. Neurociências. I. Fernandes, Lidiane Aparecida, orient. II. Souza, Tércio Apolinário-, coorient. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Enzo Bianchi Cosme

Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na Transferência Bilateral de Aprendizagem

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora - *Campus* Governador Valadares, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Educação Física.

Aprovada em 21 de junho de 2023

BANCA EXAMINADORA

Dra. Lidiane Aparecida Fernandes – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Lucas Savassi Figueiredo
Universidade Federal De Juiz de Fora

Dr. Luís Fernando Deresz
Universidade Federal de Juiz de Fora



Documento assinado eletronicamente por **Lidiane Aparecida Fernandes, Professor(a)**, em 04/07/2023, às 19:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lucas Savassi Figueiredo, Professor(a)**, em 04/07/2023, às 21:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luis Fernando Deresz, Professor(a)**, em 05/07/2023, às 11:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1352348** e o código CRC **8271BC8D**.

Dedico este trabalho aos meus pais, Valkimar e Regina, por sempre me apoiarem ao longo de toda a minha vida e ao longo de toda a minha jornada como estudante. Agradeço ao meu irmão, Breno, e à minha cunhada, Ana, que também sempre estiveram comigo em todos os momentos necessários. Dedico à minha namorada, Lara, que me apoiou nos momentos de elaboração deste trabalho e sempre acreditou que eu seria capaz de entregar o meu melhor. Dedico também a todos os meus demais familiares que sempre acreditaram em mim e que mesmo morando em outro estado sempre torceram pelo meu sucesso. Por fim, dedico a todos os professores do curso de Educação Física da UFJF/GV que eu tive a oportunidade de trabalhar junto em diferentes etapas da minha formação e aos meus colegas de curso que estiveram comigo nesse processo.

Por fim, dedico à Professora Lidiane Fernandes e ao Professor Tércio Apolinário, por me auxiliarem ao longo de toda essa jornada e terem contribuído para que eu me tornasse um estudante melhor a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sempre ter me dado forças para continuar ao longo desta etapa, mesmo diante de todos os momentos de dificuldades, incertezas e inseguranças, com muita fé no Criador fui capaz de me reerguer e restabelecer todas as forças necessárias para sempre seguir em frente. Graças ao Senhor Jesus Cristo, aprendi a ter fé perante todos os momentos de dificuldade e confiar que tudo seria solucionado. “E tudo que pedirem em oração, se crerem, vocês receberão”. (Mateus 21:22).

Agradeço aos meus pais, Valkimar e Regina, por sempre se esforçarem ao máximo para me ajudarem a concluir mais essa etapa da minha formação acadêmica. Serei eternamente grato a vocês por tudo que fizeram e continuam fazendo por mim, amo vocês. Agradeço também ao meu irmão, Breno, por sempre me apoiar em todos os momentos da minha trajetória acadêmica e por todos os ensinamentos passados ao longo de todos esses anos. Agradeço também à minha cunhada, Ana, que junto com o meu irmão sempre me apoiou e acreditou no meu potencial.

Agradeço à minha namorada, Lara, por sempre me apoiar ao longo do período de construção deste trabalho e por estar comigo em todos os momentos necessários e difíceis.

Agradeço também a todos os meus demais familiares, padrinhos, primos, primas, tios, tias por sempre torcerem por mim ao longo de toda a minha formação. Além disso, agradeço a todos os professores que eu trabalhei ao longo de todos esses anos e aos meus amigos do curso de Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora - *Campus* Governador Valadares, por sempre me apoiarem ao longo de todo esse processo.

Aos meus orientadores, os meus maiores agradecimentos. Obrigado Professora Lidiane por todos os ensinamentos fornecidos ao longo de todos esses anos e obrigado pela confiança depositada em mim durante essa etapa de minha formação. Também agradeço ao Professor Tércio pelos ensinamentos passados e pela confiança depositada em mim durante esta etapa. Vocês dois além de serem meus orientadores, se tornaram grandes amigos que levarei para a vida inteira. Além disso, agradeço ao grupo Neuro “Neurociências do Movimento” da UFMG, de forma especial ao Professor Guilherme Lage pelo apoio fornecido à elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os voluntários e colegas de curso que contribuíram para a realização deste trabalho!

RESUMO

A transferência bilateral de aprendizagem (TBA), se refere à capacidade de aprender uma nova habilidade de forma mais fácil com um membro após essa habilidade ter sido aprendida pelo membro oposto. Uma das proposições aponta que a TBA ocorre devido à comunicação inter-hemisférica existente entre os dois hemisférios cerebrais, o que garante a transferência de aprendizagem de um membro para o outro. Por meio da utilização da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é possível alterar a comunicação inter-hemisférica. Diante disso, o presente estudo possui como objetivo investigar os efeitos da ETCC na TBA em indivíduos destros. Participaram do estudo 48 voluntários, destros, com idade entre 18 e 40 anos, que foram divididos em três grupos de 16 voluntários cada: Grupo MD-ETCC que recebeu a ETCC e realizou a fase de aquisição com a mão direita. Grupo ME-ETCC que recebeu a ETCC e realizou a fase de aquisição com a mão esquerda. Por fim, o grupo PL foi contrabalançado entre as duas condições anteriores em relação à mão que realizou a fase de aquisição e não recebeu ETCC. Foi aplicada a tarefa Serial Reaction Time Task, que consiste no pressionamento mais rápido e preciso possível da sequência de teclas: “D, A, F, S” em um teclado padrão. O experimento foi composto por três fases: pré-teste, fase de aquisição e pós-teste. No pré-teste, a sequência foi realizada com as mãos direita (MD) e esquerda (ME) e foram executadas 16 tentativas com cada mão. Antes da fase de aquisição, os grupos com denominação ETCC receberam a ETCC durante 20 minutos, enquanto o grupo PL (placebo) recebeu a estimulação apenas nos 36 segundos iniciais. Na fase de aquisição foram realizadas 96 tentativas apenas com uma das mãos. Aproximadamente 24 horas após a fase de aquisição, foi conduzido o pós-teste em que os voluntários realizaram novamente 16 tentativas com cada mão. As variáveis analisadas foram: tempo total e índice de transferência bilateral de aprendizagem. Em relação à variável tempo total, no pós-teste MD, a MD do grupo MD-ETCC diferiu significativamente da MD do grupo PL. No pós-teste ME, a ME do grupo ME-ETCC diferiu significativamente da ME do grupo PL. Não houve um grupo que apresentou um maior índice de TBA. Levantou-se a hipótese de que os grupos que recebessem a ETCC apresentariam um maior índice de TBA do que o grupo PL. Portanto, a hipótese levantada não foi confirmada, pois os grupos que receberam a ETCC não apresentaram maiores índices de TBA em relação ao grupo PL. Porém, a ETCC parece ter influenciado na melhora do desempenho motor relacionado à variável tempo total, tendo em vista, que os grupos, os quais receberam a ETCC apresentaram um melhor desempenho. Por fim, conclui-se que os efeitos da ETCC na TBA e no desempenho motor ainda necessitam de

novas investigações para serem compreendidos. Diferentes protocolos e tarefas de uso da ETCC podem contribuir para uma maior investigação dos seus efeitos na TBA.

Palavras-chave: Transferência Bilateral de Aprendizagem, Comunicação Inter-Hemisférica, Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua, Neurociências.

ABSTRACT

Bilateral transfer of learning (TBA) refers to the ability to learn a new skill more easily with one limb after that skill has been learned by the opposite limb. One of the propositions points out that TBA occurs due to the existing inter-hemispheric communication between the two cerebral hemispheres, which guarantees the transfer of learning from one member to the other. Through the use of transcranial direct current stimulation (tDCS) it is possible to alter the interhemispheric communication. Therefore, the present study aims to investigate the effects of tDCS on TBA in right-handed individuals. The study included 48 right-handed volunteers, aged between 18 and 40 years, who were divided into three groups of 16 volunteers each: MD-tDCS group that received tDCS and performed the acquisition phase with the right hand. ME-tDCS group that received tDCS and performed the acquisition phase with the left hand. Finally, the PL group was counterbalanced between the two previous conditions in relation to the hand that performed the acquisition phase and did not receive tDCS. The Serial Reaction Time Task was applied, which consists of pressing the fastest and most accurate possible sequence of keys: “D, A, F, S” on a standard keyboard. The experiment consisted of three phases: pre-test, acquisition phase and post-test. In the pre-test, the sequence was performed with the right (MD) and left (ME) hands and 16 trials were performed with each hand. Before the acquisition phase, the tDCS denominated groups received tDCS for 20 minutes, while the PL group (placebo) received the stimulation only in the initial 36 seconds. In the acquisition phase, 96 attempts were made with only one hand. Approximately 24 hours after the acquisition phase, the post-test was conducted in which the volunteers again performed 16 attempts with each hand. The analyzed variables were: total time and bilateral learning transfer rate. Regarding the total time variable, in the MD post-test, the DM of the MD-tDCS group differed significantly from the MD of the PL group. In the ME post-test, the ME of the ME-tDCS group differed significantly from the ME of the PL group. There was no group that had a higher TBA index. It was hypothesized that the groups receiving tDCS would have a higher rate of TBA than the PL group. Therefore, the hypothesis raised was not confirmed, as the groups that received tDCS did not show higher TBA rates in relation to the PL group. However, tDCS seems to have influenced the improvement in motor performance related to the total time variable, considering that the groups that received tDCS showed better performance. Finally, it is concluded that the effects of tDCS on TBA and motor performance still require further investigations to be understood. Different tDCS protocols and tasks may contribute to further investigation of its effects on TBA.

Keywords: Bilateral Learning Transfer, Interhemispheric Communication, Transcranial Direct Current Stimulation, Neurosciences.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 OBJETIVO..... | 14 |
| 2.1 GERAL..... | 14 |
| 3 HIPÓTESE..... | 15 |
| 4 METODOLOGIA..... | 16 |
| 4.1 AMOSTRA..... | 16 |
| 4.2 INSTRUMENTOS E TAREFA MOTORA..... | 16 |
| 4.3 DELINEAMENTOS E PROCEDIMENTOS..... | 17 |
| 4.4 ANÁLISE DE DADOS..... | 20 |
| 5 RESULTADOS..... | 22 |
| 5.1 TEMPO TOTAL..... | 22 |
| 5.2 TRANSFERÊNCIA BILATERAL DE APRENDIZAGEM..... | 24 |
| 6 DISCUSSÃO..... | 26 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 29 |
| REFERÊNCIAS..... | 30 |

1 INTRODUÇÃO

A transferência bilateral de aprendizagem (TBA) se refere à capacidade do indivíduo de aprender uma nova habilidade motora de uma forma mais fácil com a mão ou pé após essa habilidade ter sido aprendida pela mão ou pé opostos (MAGILL, 2001). A TBA foi estudada primeiramente por Cook (1933), citado por Haaland & Hoff (2003), no qual o autor se referiu como “educação cruzada”. Cook observou que a transferência ocorre em relação aos quatro membros, sendo determinada, a princípio, pela qualidade de execução do membro treinado. Ademais, Cook sugeriu que a transferência é maior do grupo muscular que praticou a tarefa para o grupo muscular que não praticou a tarefa. Em adição, o autor também aponta que a TBA ocorre de forma assimétrica, ou seja, o grupamento muscular treinado transfere mais aprendizagem para o grupamento não treinado, do que o não treinado transfere para o membro treinado (VASCONCELOS, 2006).

Em relação à forma como a TBA ocorre, ela pode ser simétrica, ou seja, a quantidade de informações transferidas de um membro para o outro é igual, independente do membro que realiza a prática. Pode também ocorrer de forma assimétrica, isto é, a quantidade de informações transferidas entre os membros é diferente entre eles. De acordo com Wrisberg (1993), a transferência bilateral ocorre de maneira assimétrica entre os membros. Em condições de prática, em que a preferência manual não é restringida, existe uma tendência em utilizar primeiro o membro preferido do que o membro não preferido. Esse tipo de comportamento pode estar relacionado ao sentimento de maior segurança do praticante em executar primeiramente com o membro preferido (FAQUIN, 2012). Entretanto, existem controvérsias quanto à direção da transferência, com alguns estudos sugerindo que a transferência ocorre de forma simétrica entre os membros (SCHULZE et al., 2002; TEIXEIRA, 2000; 2006; van MIER; PETERSEN, 2006).

O fenômeno da TBA pode ser explicado por meio de duas proposições, sendo elas a aprendizagem de elementos cognitivos e a aprendizagem diante dos mecanismos de controle motor. A proposição da aprendizagem dos elementos cognitivos aponta que o que é transferido são as informações consideradas importantes como o que se pretende atingir no desempenho da habilidade motora (TEIXEIRA, 2006). A vertente cognitiva considera que as informações relacionadas com “o que fazer” na tarefa são transferidas (THORNDIKE, 1914). Já a explicação baseada nos mecanismos de controle motor, é composta por duas vertentes, uma incorpora os programas motores generalizados, em que por meio de um desenvolvimento de um programa motor generalizado somente para um dos membros, já se torna possível

atingir um nível de desempenho suficiente com o outro membro. Enquanto isso, a outra vertente aponta que a comunicação inter-hemisférica ocorre por meio de uma ação mediada pelo corpo caloso e através dessa troca de informação inter-hemisférica, é possível transferir informações importantes sobre a tarefa a ser realizada com o membro que não realizou a prática (VASCONCELOS, 2006).

Dentre as teorias que buscam explicar a comunicação inter-hemisférica há uma proposição de que algumas das fibras do corpo caloso inibem a atividade entre os hemisférios cerebrais (DUQUE et al., 2007). Essa proposição mostra que o corpo caloso subsidia o desenvolvimento da assimetria hemisférica ao fornecer um caminho no qual um hemisfério pode inibir o outro e dominar uma determinada função (HELLIGE, 1993). A ativação de um hemisfério tende a causar uma diminuição da ativação do outro hemisfério e essa assimetria de ativação é mediada pelo corpo caloso (KINSBOURNE, 1975). Além disso, estudos focados no papel excitatório do corpo caloso foram sugeridos por Sperry em 1961 e desenvolvido por Berlucchi em 1981 e 1983. De acordo com Galaburda e Geschwind (1984) foi descrito que o corpo caloso reforça a integração do processamento cerebral entre os dois hemisférios cerebrais e ativa o hemisfério cerebral que não foi estimulado (YAZGAN et al., 1995). Essas diferenças de ativação hemisférica podem ser responsáveis pelas diferentes características de TBA (simétrica e assimétrica).

Técnicas de modulação cortical não invasivas podem provocar alterações na excitabilidade dos hemisférios cerebrais e revelar possíveis relações causais entre as regiões e funções do cérebro (FERNANDES et al., 2017; 2022). A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica de modulação cortical não-invasiva, indolor, bem estabelecida para a investigação do desempenho, terapêutica e na reabilitação motora (ANTAL et al., 2011). Esse tipo de técnica gera uma aplicação de corrente elétrica de baixa intensidade no cérebro. Diante disso, a estimulação anódica aumenta a amplitude do potencial motor evocado (MEP), enquanto a estimulação catódica diminui o MEP (NITSCHKE; PAULUS, 2000). Considerando que as diferenças de ativação cortical podem ser um mecanismo subjacente à TBA, ao utilizar a modulação cortical é possível obter diferentes resultados e direções da TBA. Ou seja, aumentando a excitabilidade cortical da área motora é esperado que resulte em maiores índices de TBA quando comparado à condição sem estimulação. Além disso, ao excitar o córtex motor primário direito (C4), em destros, pode ser especulado o aumento dos índices de TBA da mão não preferida (mão esquerda), para a mão preferida. Adicionalmente, ao excitar o córtex motor primário esquerdo (C3), espera-se que a direção da TBA ocorra na direção da mão preferida (mão direita) para a não preferida.

Através da ETCC é possível aumentar a comunicação inter-hemisférica a partir da configuração dos eletrodos (FERNANDES et al., 2022). Para os destros, ao posicionarmos o eletrodo anodo no hemisfério cerebral esquerdo e o eletrodo catodo no hemisfério direito, ocorre o aumento da comunicação entre os hemisférios cerebrais a partir do aumento da excitabilidade do hemisfério esquerdo, resultando na melhoria do desempenho da mão direita. Da mesma forma, com o eletrodo anodo posicionado no hemisfério direito e o catodo no hemisfério esquerdo é possível aumentar o desempenho da mão esquerda (FERNANDES et al. 2022). Diante disso, por meio da ETCC é possível que a TBA seja potencializada, contribuindo assim para uma maior transferência de aprendizagem do membro que praticou a tarefa para o membro que não praticou. Porém, isso necessita de ser melhor explorado, tendo em vista que a literatura ainda carece de investigações mais abrangentes entre os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua no aumento da capacidade de transferência bilateral de aprendizagem de um membro para o outro.

Em síntese, o presente estudo busca investigar os efeitos da ETCC em indivíduos destros na TBA. As investigações presentes na pesquisa permitem compreender como técnicas de modulação cortical não-invasivas como a ETCC são capazes de promover a melhora do desempenho das mãos e potencializar a capacidade de transferência de aprendizagem entre os membros. Especula-se que, diante desse estudo, os indivíduos que receberão a estimulação transcraniana apresentarão um maior índice de transferência bilateral de aprendizagem entre os membros do que os indivíduos que não receberão a estimulação.

2 OBJETIVO

2.1 Geral

O presente estudo possui como objetivo geral analisar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua na transferência bilateral de aprendizagem em indivíduos destros.

3 HIPÓTESE

- Os indivíduos que receberão a estimulação transcraniana por corrente contínua apresentarão maior índice de transferência bilateral de aprendizagem do que os indivíduos que não receberão a estimulação.

4 METODOLOGIA

4.1 Amostra

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, respeitando todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde para pesquisas com seres humanos, com o CAAE 58723222.1.1001.5149.

Participaram deste estudo 48 voluntários, universitários, inexperientes na tarefa motora, destros (Média do índice de lateralidade de acordo com Índice de Dominância Lateral de Edimburgo = $100 \pm 8,93$ preferência pela utilização da mão direita), de ambos os sexos, com idade entre 18 e 40 anos (Idade média = $23 \pm 4,55$ anos). Todos participaram após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão para a participação na pesquisa:

- Indivíduo que se autodeclarou destro e apresentou índice de preferência lateral acima de 80 pontos para a mão direita (destro) no Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971).
- Indivíduo que não exercia a função de digitador e/ou músico profissional.
- Indivíduo que relatou não apresentar nenhum comprometimento neurológico.
- Indivíduo que não estivesse utilizando implantes de metal no crânio ou marca-passos cardíacos.
- Indivíduo que não apresentou nenhum histórico recente de epilepsia.
- Indivíduo que não apresentou queixas recorrentes de dores de cabeça.
- Indivíduo que não estivesse fazendo a ingestão de medicamentos que são susceptíveis a alterar a excitabilidade do cérebro (NITSCHKE et al., 2008).
- Indivíduos que não sofreram nenhuma lesão nos membros superiores ao longo dos últimos 12 meses.

4.2 Instrumentos e tarefa motora

Para determinar a lateralidade dos participantes foi utilizado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971), composto por dez questões relacionadas à preferência de execução de tarefas manuais. Para a aplicação da modulação cortical, foi utilizado o equipamento de estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) (Microestim tDCS NKL, Brasil). Foram utilizados dois eletrodos, cada um possuindo uma área de superfície de 35 cm^2 , a intensidade empregada foi de 2 mA (densidade de

corrente de 0,08 mA/cm²; carga total de 0,096 C/cm²). Os eletrodos catodo e anodo foram posicionados sobre as regiões do córtex motor primário esquerdo (C3) e direito (C4), respectivamente.

Foi utilizada a tarefa motora sequencial denominada Serial Reaction Time Task (FERNANDES et al. 2022). Para a execução da tarefa foi utilizado um computador portátil (notebook), um software customizado para controlar a tarefa experimental no software Labview (National Instruments, Texas, EUA) (acesso gratuito: https://github.com/edftercio/Serial_reaction_time_task). Esse software possui a função de medir o desempenho dos participantes na tarefa. Os voluntários foram orientados a se sentar em uma cadeira de forma confortável em frente ao computador e posicionar os dedos mínimo, anelar, médio e indicador, respectivamente nas teclas “A”, “S”, “D”, “F” do teclado do computador portátil.

A tarefa consistia em uma adaptação de Lee e Fisher (2018), que corresponde à realização do pressionamento das teclas A, S, D, F, de uma forma mais rápida e precisa possível, assim como utilizado no estudo de Fernandes et al. (2022). Antes da sequência ser apresentada, um estímulo visual aparecia no centro da tela do computador escrito “Prepara!”. Após um intervalo aleatório entre 1 a 3 segundos, o estímulo desaparecia e a sequência que o voluntário deveria realizar (D, A, F, S) aparecia na tela. Assim que a sequência fosse apresentada, o voluntário deveria iniciar o movimento de pressionamento das teclas na sequência correta apresentada. Após o voluntário pressionar a primeira tecla, a sequência desaparecia. Sendo assim, era necessário que o participante memorizasse a sequência para que pudesse pressionar todas as teclas corretamente. Caso o voluntário pressionasse alguma tecla errada, um sinal visual escrito “Incorreto!” aparecia na tela por até 30 milissegundos. No final de cada tentativa aparecia um sinal visual na tela escrito “Concluído!”, indicando que a tentativa foi finalizada. Cada tentativa tinha uma duração máxima de 12 segundos e esse tempo começava a contar a partir do primeiro toque na tecla. Após o primeiro toque ser efetuado, o voluntário tinha até 12 segundos para concluir a tentativa. O voluntário foi incentivado a sempre buscar executar as tentativas o mais rápido e preciso possível. Caso os 12 segundos fossem ultrapassados, a tentativa seria finalizada.

4.3 Delineamentos e procedimentos

A coleta de dados foi realizada nas dependências da Universidade Federal de Juiz de Fora - Campus Governador Valadares (UFJF-GV). Primeiramente, os voluntários assinaram o

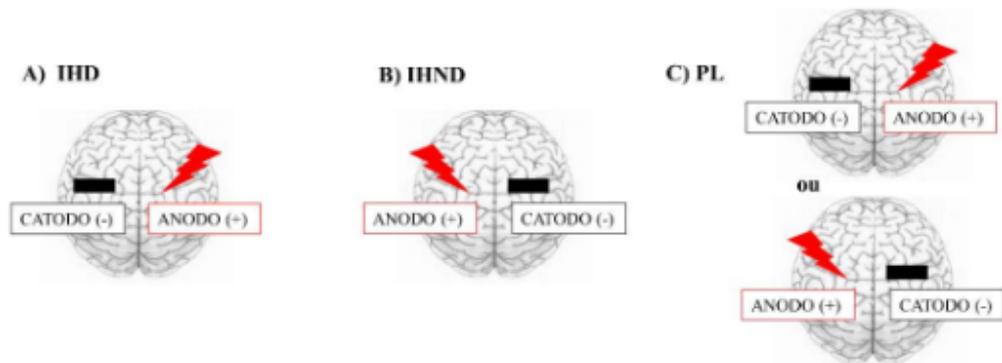
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Em seguida, responderam o questionário relacionado aos critérios de inclusão da pesquisa. O participante que atendeu a todos os critérios de inclusão, na sequência, respondeu ao Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) para a determinação da preferência lateral. Foram fornecidas instruções detalhadas da tarefa para cada voluntário. A coleta dos dados foi realizada em dois dias consecutivos, no primeiro dia foi realizado o pré-teste e a fase de aquisição e no segundo dia o pós-teste.

Os voluntários foram divididos em três grupos, de acordo com a mão que realizaram a fase de aquisição e a condição de estimulação. Cada grupo foi composto por 16 voluntários. Os grupos foram denominados como MD-ETCC para os participantes que realizaram a fase de aquisição com a mão direita (MD), já os participantes que realizaram a fase de aquisição com a mão esquerda (ME), foram denominados como ME-ETCC. Por fim, o grupo que não recebeu estimulação foi denominado grupo PL, contrabalançado entre as duas condições anteriores.

Antes de iniciar a fase de aquisição, o equipamento de aplicação da ETCC foi preparado. Os eletrodos foram posicionados nas regiões C3 e C4 (FERNANDES, 2020). Em seguida, a estimulação foi aplicada por um período de 20 minutos com o participante estando sentado confortavelmente em uma cadeira. A ETCC foi aplicada por meio de dois eletrodos de silicone cobertos por uma esponja para eletrodos (área de superfície de 35 cm², sendo 7cm x 5cm, para cada um dos eletrodos). As esponjas foram embebidas em uma solução salina 0,9% cloreto de sódio. A utilização da solução salina e das esponjas servem para evitar a transmissão de calor para o couro cabeludo (NITSCHKE et al., 2008). Nas condições experimentais as configurações de posicionamento da ETCC foram da seguinte forma:

- Anodo na região C3 e catodo na C4, para o grupo que realizou a fase de aquisição com a mão direita, MD-ETCC. Essa configuração de posicionamento da ETCC visa aumentar a comunicação inter-hemisférica e potencializar o desempenho da mão direita (MD).
- Anodo na região C4 e catodo na região C3, para o grupo que realizou a fase de aquisição com a mão esquerda, ME-ETCC. Essa configuração de posicionamento da ETCC visa aumentar a comunicação inter-hemisférica e potencializar o desempenho da mão esquerda (ME).
- A condição PL (Placebo) foi contrabalanceada entre as duas condições anteriores, grupos MD-ETCC e ME-ETCC.

Figura 1 - Posicionamento dos eletrodos para a aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua.



Fonte: Fernandes (2020).

Legenda: 1 - IHD condição de inibição do hemisfério dominante; 2 - IHND condição de inibição do hemisfério não dominante e 3 - PL condição placebo.

Os grupos foram divididos da seguinte forma: Grupo MD-ETCC foi composto por 16 voluntários que iniciavam o pré-teste e o pós-teste com a mão esquerda e realizavam a fase de aquisição com a mão direita. O grupo ME-ETCC foi composto por 16 voluntários que iniciavam o pré-teste e o pós-teste com a mão direita e realizavam a fase de aquisição com a mão esquerda. Já o grupo PL foi composto também por 16 voluntários contrabalançado entre as duas condições anteriores.

Na condição PL a ETCC foi retirada de forma gradativa até alcançar 36 segundos (NITSCHKE et al., 2008). A utilização da ETCC possui como característica provocar um leve formigamento na cabeça nos 36 segundos iniciais. Por meio dessas duas condições experimentais, alinhadas ao grupo controle PL (Placebo) foi possível observar a modulação do desempenho na transferência bilateral de aprendizagem (TBA) (FERNANDES, 2016; 2020; VINES; NAIR; SCHLAUG, 2008; PARMA et al., 2020).

Antes do início do pré-teste, os voluntários realizaram a fase de ambientação, na qual realizaram duas tentativas com cada mão. Os grupos que realizaram a fase de aquisição com a mão esquerda (ME) realizaram inicialmente duas tentativas com a mão direita (MD) e na sequência realizaram mais duas tentativas com a mão esquerda (ME). Já os grupos que realizaram a fase de aquisição com a MD iniciaram as duas tentativas de ambientação com a ME e na sequência executaram mais duas tentativas com a MD. A fase de ambientação tem

como objetivo garantir que o participante compreendeu a tarefa a ser realizada. As tentativas da fase de ambientação não foram contabilizadas. Após a fase de ambientação deu-se início ao pré-teste, no qual os participantes dos grupos MD-ETCC realizaram inicialmente 16 tentativas com a mão esquerda e na sequência 16 tentativas com a mão direita. Após a finalização do pré-teste, o grupo MD-ETCC recebeu a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) durante 20 minutos, enquanto os integrantes do grupo PL que realizaram a fase de aquisição com a MD receberam a estimulação por volta dos 36 segundos iniciais e permaneceram o restante do tempo sem receber a estimulação. Em seguida, os voluntários dos grupos MD-ETCC e os voluntários do grupo PL realizaram a fase de aquisição, que consistiu na execução de 96 tentativas apenas com a MD.

Enquanto isso, os participantes dos grupos ME-ETCC e PL que realizaram a fase de aquisição com a ME também realizaram 16 tentativas no pré-teste, entretanto esses grupos executaram primeiramente 16 tentativas com a mão direita e em seguida 16 tentativas com a mão esquerda. Na sequência, o grupo ME-ETCC recebeu a ETCC durante 20 minutos e os integrantes do grupo PL que realizaram a fase de aquisição com a ME receberam a estimulação somente nos 36 segundos iniciais e passaram o restante do tempo sem receber a estimulação. Em seguida, os participantes dos grupos ME-ETCC e PL iniciaram a fase de aquisição e executaram 96 tentativas apenas com a ME. Aproximadamente 24 horas após a fase de aquisição, todos os participantes retornaram ao laboratório para realizar o pós-teste. No pós-teste foi realizada a mesma tarefa com ambas as mãos, assim como no pré-teste. No pós-teste, os grupos MD-ETCC e PL que realizaram a fase de aquisição com a mão direita executaram primeiro 16 tentativas com a ME e na sequência mais 16 tentativas com a MD. Enquanto isso, os grupos ME-ETCC e PL que realizaram a fase de aquisição com a mão esquerda executaram primeiramente 16 tentativas com a mão direita e em seguida mais 16 tentativas com a mão esquerda. O pós-teste teve como objetivo avaliar a capacidade de transferência de aprendizagem dos participantes em relação à fase de aquisição. Sendo assim, a partir do desempenho observado no pós-teste infere-se os níveis de aprendizagem motora e de TBA.

4.4 Análise de dados

Para verificar os índices de transferência bilateral de aprendizagem foi realizada uma análise comportamental dos indivíduos em relação ao desempenho apresentado na tarefa motora de ambas as mãos. Diante disso, foram avaliadas 2 variáveis dependentes: o tempo

total (TT) e índice de transferência bilateral de aprendizagem (ITBA). A variável TT compreende o intervalo de tempo entre a apresentação do estímulo e o pressionamento da última tecla correta (LEE; FISHER, 2018; APOLINÁRIO et al., 2021). Já a variável dependente índice de TBA se refere ao cálculo: $ITBA = [(pré\text{-}teste - pós\text{-}teste) \times 100] / pós\text{-}teste$ (FERNANDES, 2021). Quanto maior o índice de TBA, maior será o grau de transferência bilateral de aprendizagem.

Para a análise dos dados foi realizado o teste de normalidade com o valor adotado $p > 95\%$. Também foi realizada uma análise estatística descritiva caracterizada pela média e o desvio padrão das variáveis dependentes: tempo total e índice de transferência bilateral de aprendizagem. Já para a análise inferencial foi utilizada uma Anova one-way (3 grupos x 1 bloco de 16 tentativas) para as fases de pré-teste e pós-teste. Para as análises post-hoc foi utilizado o teste de Tukey, com o valor de significância adotado sendo de $p \leq 0,05$. Foi feita uma redução dos dados por meio de duas formas, intra-participantes e entre os participantes. A redução intra-participantes foi realizada através da média e do desvio padrão do grupo no qual o participante estava inserido. Os resultados foram organizados em blocos de 16 tentativas na fase de aquisição. No pré-teste e no pós-teste os resultados foram organizados em apenas um bloco de 16 tentativas. Para a análise descritiva e inferencial, todos os três grupos foram analisados de forma conjunta. Os resultados foram analisados em termos de média e desvio padrão das variáveis dependentes tempo total (TT) e índice de transferência bilateral de aprendizagem (ITBA) no pré-teste e no pós-teste. Para a análise de variabilidade foi utilizado o cálculo do desvio padrão das médias das medidas das variáveis tempo total (TT) e índice de transferência bilateral de aprendizagem (ITBA).

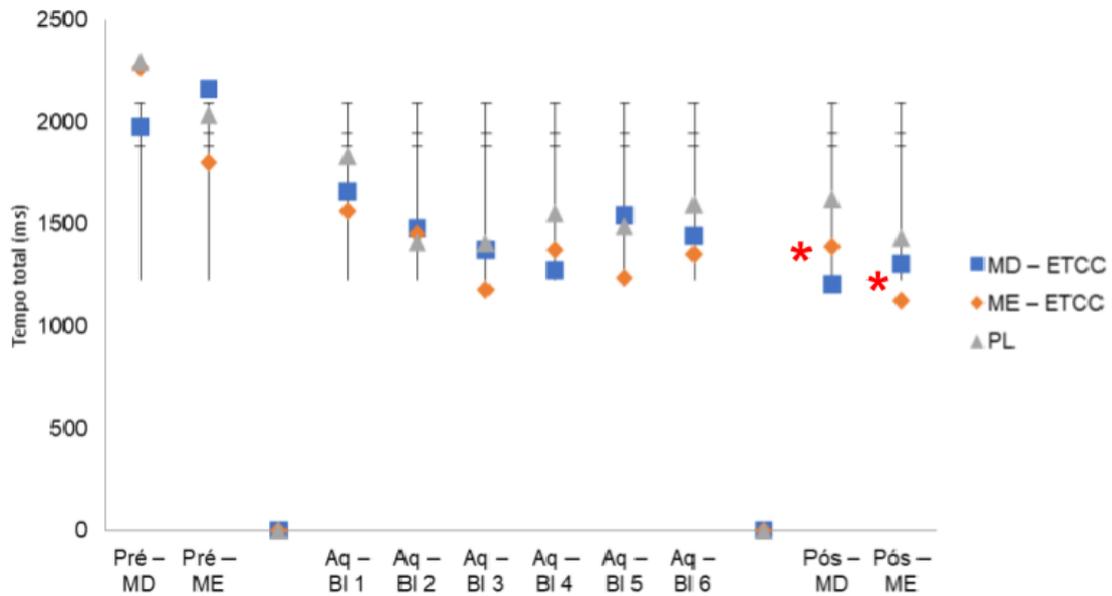
5 RESULTADOS

5.1 Tempo Total

Para análise inferencial dos dados relacionados à variável dependente tempo total, foi utilizada uma Anova one-way (3 grupos x 1 bloco de 16 tentativas) para as fases de pré-teste e pós-teste. A Anova one-way não detectou diferenças significativas entre os grupos no pré-teste [$F(2,45) = 0,56$; $p = 0,57$]. Já na análise do pós-teste foram detectadas diferenças significativas entre os grupos [$F(2,45) = 4,33$; $p = 0,01$]. O teste post-hoc de Tukey indicou que a MD do grupo MD-ETCC não difere significativamente da MD do grupo ME-ETCC ($p = 0,40$), mas comparado à MD do grupo PL apresentou diferenças significativas ($p = 0,01$), sendo que a MD do grupo MD-ETCC apresentou um menor tempo total em relação à do grupo PL. Por fim, a MD do grupo ME-ETCC não apresentou diferenças significativas em relação ao grupo PL ($p = 0,23$).

Os dados do pré-teste e pós-teste ME foram analisados através de uma Anova one-way (3 grupos). No pré-teste a Anova one-way não detectou diferenças significativas entre os grupos [$F(2,45) = 1,03$; $p = 0,36$]. Já no pós-teste, a Anova one-way detectou diferenças significativas entre os grupos [$F(2,45) = 3,16$; $p = 0,05$]. O teste post-hoc de Tukey indicou que a ME do grupo ME-ETCC não difere de forma significativa da ME do grupo MD-ETCC ($p = 0,31$). Além do mais, a ME do grupo MD-ETCC não apresentou diferenças significativas quando comparada à do PL ($p = 0,55$). Entretanto, a ME do grupo ME-ETCC apresentou diferenças significativas em relação à do grupo PL ($p = 0,04$), de tal forma que a ME do grupo ME-ETCC apresentou um menor tempo total em relação à do grupo PL.

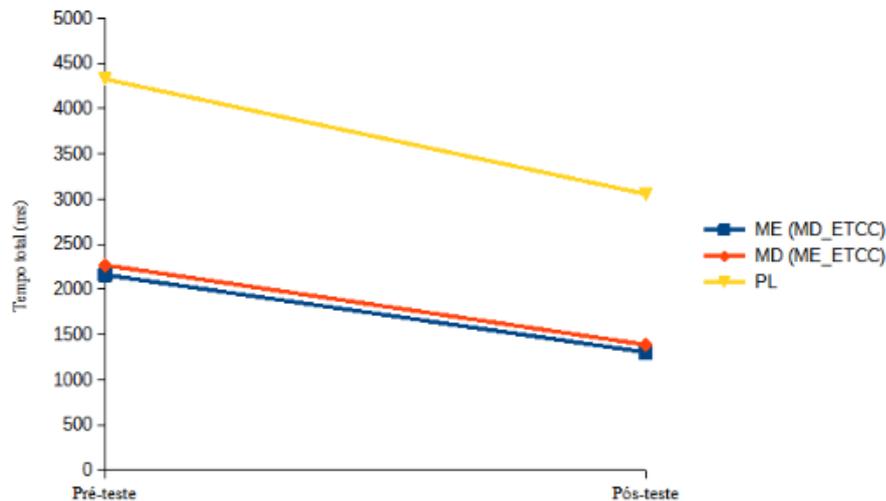
Gráfico 1 - Média e desvio padrão da variável tempo total (TT) ao longo das fases de pré-teste, fase de aquisição e pós-teste.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Legenda - Eixo y: ms = milissegundos; Eixo x: Pré-MD = Pré-teste mão direita; Pré-ME = Pré-teste mão esquerda; Aq - BI 1 = Aquisição Bloco 1; Aq - BI 2 = Aquisição Bloco 2; Aq - BI 3 = Aquisição Bloco 3; Aq - BI 4 = Aquisição Bloco 4; Aq - BI 5 = Aquisição Bloco 5; Aq - BI 6 = Aquisição Bloco 6; Pós-MD = Pós-teste mão direita; Pós-ME = Pós-teste mão esquerda; MD-ETCC = Grupo Mão direita ETCC; ME-ETCC = Grupo Mão esquerda ETCC; PL = Grupo Placebo.

Gráfico 2 - Média da variável tempo total nas fases de pré-teste e pós-teste para as mãos que não realizaram a fase de aquisição.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Legenda - Eixo y: Tempo Total (ms); Eixo x: Pré-teste ME (MD-ETCC) = Pré-teste da ME que não realizou a fase de aquisição no grupo MD-ETCC; Pré-teste MD (ME-ETCC) = Pré-teste da MD que não realizou a fase de aquisição no grupo ME-ETCC; Pré-teste PL = Pré-teste das mãos que não realizaram a fase de aquisição do grupo PL; Pós-teste ME (MD-ETCC) = Pós-teste da ME que não realizou a fase de aquisição no grupo MD-ETCC; Pós-teste MD (ME-ETCC) = Pós-teste da MD que não realizou a fase de aquisição no grupo ME-ETCC; Pós-teste PL = Pós-teste das mãos que não realizaram a fase de aquisição do grupo PL.

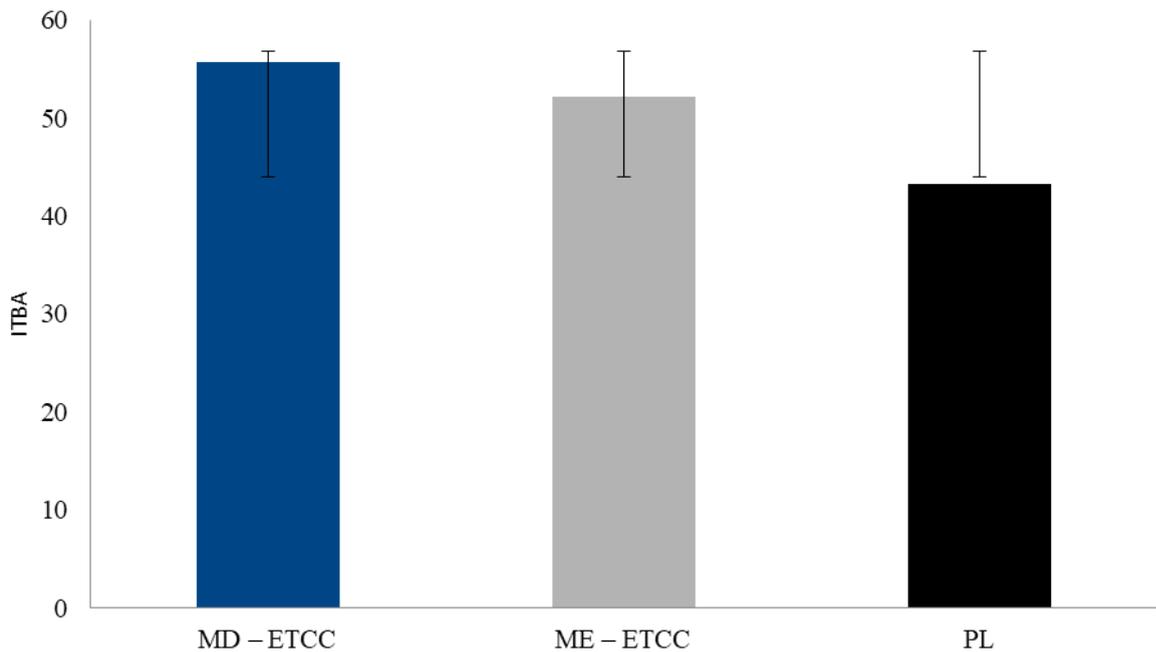
5.2 Transferência Bilateral de Aprendizagem

Foi realizada a análise do índice de transferência bilateral de aprendizagem entre os grupos, com o objetivo de verificar o quanto os participantes de cada grupo transferiram aprendizagem de uma mão para a outra. Diante disso, o grupo MD-ETCC apresentou os seguintes resultados em relação à TBA (Média $55,76 \pm 40,33$). O grupo ME-ETCC apresentou os seguintes índices de TBA (Média $52,19 \pm 50,29$). Por fim, o grupo PL apresentou os seguintes valores (Média $43,31 \pm 391,18$). Os dados da transferência bilateral de aprendizagem foram analisados por meio de uma Anova one-way (3 grupos x 16 tentativas). Em relação aos índices de transferência bilateral de aprendizagem, a Anova one-way não detectou diferenças significativas entre os grupos [$F(2,45) = 0,271$; $p = 0,764$],

ou seja, não houve um grupo que apresentou um maior índice de transferência bilateral de aprendizagem em relação aos outros.

Apesar de não encontrar diferenças significantes entre os grupos, através da análise descritiva é possível observar que o ITBA do grupo MD-ETCC (Média $55,76 \pm 40,33$) é maior que o ITBA do grupo ME-ETCC (Média $52,19 \pm 50,29$), e que ambos são maiores ITBA do que o grupo PL (Média $43,31 \pm 39,18$) (GRÁFICO 3).

Gráfico 3 - Média e desvio padrão da variável ITBA avaliada após o final dos pós-testes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Legenda - Eixo y: ITBA = Índice de Transferência Bilateral de Aprendizagem; Eixo x: MD-ETCC = Índice de Transferência Bilateral de Aprendizagem relacionado ao grupo MD-ETCC; ME-ETCC = Índice de Transferência Bilateral de Aprendizagem relacionado ao grupo ME-ETCC; PL = Índice de Transferência Bilateral de Aprendizagem relacionado ao grupo PL.

6 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) na transferência bilateral de aprendizagem. Levantou-se a hipótese de que a ETCC provocaria um aumento no índice de transferência bilateral de aprendizagem (ITBA) nos grupos que receberam a estimulação em relação ao grupo placebo. A hipótese do estudo foi refutada, pois os resultados mostraram que a estimulação (ETCC) não refletiu em maiores ITBA quando comparado ao grupo placebo. Sendo assim, não é possível inferirmos que a ETCC é capaz de influenciar em maiores índices de transferência bilateral de aprendizagem, visto que os grupos que receberam a estimulação transcraniana por corrente contínua não apresentaram um maior ITBA quando comparado ao grupo placebo que não recebeu a estimulação. A transferência bilateral de aprendizagem pode ser inferida com base no desempenho da mão que não praticou a tarefa durante a fase de aquisição. Por exemplo, no grupo MD-ETCC, os índices de transferência bilateral de aprendizagem podem ser inferidos com base no desempenho da mão esquerda. Assim como, no grupo ME-ETCC, os índices de transferência bilateral de aprendizagem podem ser inferidos de acordo com o desempenho da mão direita que não praticou a fase de aquisição. O mesmo vale para os indivíduos do grupo placebo, os quais foram contrabalançados entre as duas condições anteriores.

Em vista disso, a ETCC possui uma função bem conhecida de inibição das conexões inibitórias que o hemisfério dominante exerce sobre o hemisfério não dominante (FERNANDES, 2020; FERNANDES et al., 2022). Ademais, o efeito desta inibição é o aumento da comunicação inter-hemisférica, sendo que o hemisfério direito que é o não dominante em indivíduos destros se beneficia da especialização do hemisfério esquerdo que é o hemisfério dominante (GAZZANIGA, 2000). Entretanto, com base nos resultados do estudo não é possível relacionar as informações transferidas de um membro para o outro com os efeitos modulatórios da ETCC através do mecanismo de inibição hemisférica. Tendo em vista, que os grupos que receberam a ETCC não apresentaram uma diferença significativa em relação à capacidade de TBA quando comparados ao grupo placebo que não recebeu a ETCC. Em adição, o grupo de destros MD-ETCC que realizou a fase de aquisição com a mão direita (MD) e recebeu a ETCC no hemisfério dominante (esquerdo) não apresentou um ITBA maior que o grupo de destros ME-ETCC que realizou a fase de aquisição com a mão esquerda (ME) e recebeu a ETCC no hemisfério cerebral não dominante (direito). Esse resultado mostra que parece não haver uma direção na transferência bilateral de aprendizagem.

Entre os grupos do estudo que receberam a ETCC, foi possível observar que as mãos que realizaram a fase de aquisição, receberam treinamento, não apresentaram diferenças em relação às mãos não treinadas, em relação ao desempenho motor. No grupo ME-ETCC, a estimulação anódica do hemisfério não dominante (direito), resultou na melhora do desempenho da mão esquerda. Já a estimulação catódica é capaz de modificar a excitabilidade do hemisfério dominante e por meio da comunicação inter-hemisférica, desinibir o hemisfério não dominante, o que ocasionaria uma melhora do desempenho da mão esquerda (FERNANDES, 2016). Diante disso, foi possível observar ao longo do estudo que o grupo que recebeu a estimulação anódica no hemisfério não-dominante apresentou uma melhora no desempenho motor da mão esquerda. Já o grupo que recebeu a estimulação anódica no hemisfério dominante aumentou o desempenho motor da mão direita. Apesar de não ser o foco do presente estudo, esses resultados corroboram estudos anteriores (FERNANDES et al., 2022; VINES, 2006).

Além disso, é importante destacar que quando realizamos a análise da variável tempo total das mãos que não realizaram a fase de aquisição, foi apresentado que não houve diferença significativa entre os grupos que receberam a ETCC e o grupo placebo. Dessa forma, é possível destacar que não houve um grupo do estudo que obteve um maior ITBA em relação ao outro. Ademais, é válido ressaltar que os grupos que receberam a ETCC não apresentaram um maior ITBA do que o grupo placebo, pois não houve diferença significativa entre o desempenho das mãos não treinadas e o ITBA entre os grupos. Porém, quando analisamos a variável tempo total no pós-teste MD, o grupo MD-ETCC não apresentou diferenças significativas quando comparado ao grupo ME-ETCC. Todavia, o grupo MD-ETCC apresentou diferenças significativas quando comparada ao grupo placebo. Por fim, o grupo ME-ETCC também não apresentou diferenças significativas em relação ao grupo placebo quando comparamos os dados da variável tempo total no pós-teste MD.

Por outro lado, quando analisamos a variável tempo total no pós-teste ME, foi indicado que o grupo ME-ETCC não diferiu de forma significativa quando comparado ao grupo MD-ETCC. Entretanto, quando comparados o Grupo ME-ETCC com o grupo placebo, o grupo ME-ETCC apresentou um melhor desempenho relacionado à variável tempo total. Em adição, ressalta-se que os grupos MD-ETCC e ME-ETCC apresentaram apenas um melhor desempenho em relação ao grupo placebo, quando comparados com as mãos que realizaram a fase de aquisição, sendo que as mãos que não realizaram a fase de aquisição não apresentaram diferenças significativas no que tange o desempenho da variável tempo total. Já

quando analisamos a variável tempo total no pré-teste MD e ME, os três grupos não apresentaram diferenças significativas entre eles.

De acordo com Fernandes (2016), as alterações causadas na excitabilidade cerebral pela ETCC podem aumentar o desempenho de ambas as mãos de acordo com a especialidade de cada hemisfério cerebral. Além disso, é provável que através da ETCC, a estimulação anódica seja capaz de promover o aumento da excitabilidade do hemisfério não-dominante, o que resulta na melhora do desempenho da mão não-dominante. Diante disso, os apontamentos feitos por Fernandes (2016) possibilitam compreender a melhora do desempenho das mãos não treinadas ao final dos pós-testes. Com base nisso, é possível especular que a ETCC tenha influenciado o desempenho motor, visto que, os grupos que receberam a estimulação apresentaram melhor desempenho, ou seja, menor tempo total no pós-teste. Todavia, é importante considerar que, apesar dos grupos não se diferenciarem em relação à ITBA, descritivamente, podemos dizer que o ITBA daqueles que receberam estimulação foram maiores.

Portanto, para explorar as relações entre a estimulação cortical e a transferência de aprendizagem inter-membros são necessárias novas investigações. Por outro lado, é possível concluir que a ETCC influenciou na melhora do desempenho motor. Além disso, é possível inferir através dos resultados do presente estudo que, para a tarefa de toques sequenciais parece não haver uma direção na transferência de aprendizagem. Pode ser apontado como uma limitação do estudo o número de tentativas realizadas na tarefa motora. Apesar de seguir protocolos de coleta de dados semelhantes ao estudo de Fernandes et al. (2022), supomos que o número elevado de tentativas executadas podem ocasionar um efeito teto no desempenho entre os grupos, sendo este um limitador de análise das diferenças entre os grupos.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da ETCC na transferência bilateral de aprendizagem. Os resultados mostraram que a ETCC não provoca um aumento significativo dos índices de transferência bilateral de aprendizagem quando comparado ao grupo placebo. Por outro lado, os resultados do estudo apontam que a ETCC pode contribuir para a melhora do desempenho motor na execução de uma tarefa de toques sequenciais. Ou seja, ao utilizarmos a ETCC, os indivíduos apresentaram um menor tempo total em relação ao grupo placebo que não recebeu estimulação para executar a tarefa motora. A compreensão dos efeitos da ETCC na transferência bilateral de aprendizagem e no desempenho motor necessitam de novas investigações. Há diferentes protocolos de utilização da técnica, assim como também, a testagem em diferentes tarefas que podem contribuir para o desenvolvimento de novos estudos mais abrangentes relacionados à investigação dos efeitos da ETCC na transferência bilateral de aprendizagem, portanto, é importante considerarmos as suas implicações no movimento e no processo de aprendizagem motora.

REFERÊNCIAS

- APOLINÁRIO-SOUZA, T. et al. The effect of context variability on motor learning. **Human Movement Science**, v. 77, 2021.
- ANTAL, A. et al. Transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex during fMRI. **NeuroImage**, v. 55, p. 590–596, 2011.
- DUQUE, J. et al. Intermanual differences in movement related interhemispheric inhibition. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 19, p. 204–213, 2007.
- FAQUIN, B. S. **Efeito da atenção sobre a preferência lateral e o aprendizado em tarefas motoras**. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.
- FERNANDES, L. A. **Os efeitos da modulação hemisférica nas assimetrias manuais: Inibição Inter-hemisférica e Aumento da excitabilidade cortical**. 2016. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FERNANDES, L. A. et al. Aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua na melhoria do desempenho manual. **Revista Portuguesa em Ciências do Desporto**, v. S3.A, p. 13-24, 2017.
- FERNANDES, L. A. **Aspectos Comportamentais e Neurobiológicos relacionados às Assimetrias Manuais**. 2020. 89f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FERNANDES, L. A. **Efeitos da Modulação Cortical em Indivíduos com Lateralidade Distinta**. Tese (Pós-Doutorado em Neurociência), Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.
- FERNANDES, L. A. et al. Association Between Cross-Limb Transfer and Practice Organization. **Perceptual and Motor Skills**, vol. 0(0), p. 1 - 15, 2022.
- FERNANDES, L. A. et. al. Modulation of Motor Cortices on Manual Asymmetries. **Kinesiology**, v. 54, p. 15-24, 2022.
- GALABURDA, A. M. **Anatomical asymmetries**. In Galaburda, A.M., and Geschwind, N. (eds.), *Cerebral Dominance*, Harvard Press, Cambridge, MA. p. 11-25, 1984.
- GAZZANIGA, M. S. Cerebral specialization and interhemispheric communication. Does the corpus callosum enable the human condition? **Brain**, v. 123, p. 1293-1396, 2000.
- HAALAND, E.; HOFF, J. Non-dominant leg training improves the bilateral motor performance of soccer players. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.13, p.179-84, 2003.
- HELLIGE, J. B. **Hemispheric Asymmetry: What's Right and What's Left**, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1993.

KINSBOURNE, M. **The mechanism of hemispheric control of the lateral gradient of attention.** In Rabbit, P. M., and Dornic, S. (Eds.), *Attention and Performance*, v. 5, Academic Press, New York, 1975.

LEE, Y. Y.; FISHER, B. E. The Effect of Practice Schedule on Context-Dependent Learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 51, n. 2, p. 121–128, 2018.

MAGILL, R. A. **Motor learning: concepts and applications.** 6th. ed. New York: McGraw Hill, 2001.

NITSCHKE, M. A.; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. **The Journal of Physiology**, v. 527, p. 633–639, 2000.

NITSCHKE, M. A. et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art. **Brain Stimulation**, v.1, n. 3, p. 206-223, 2008.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, p. 97-113, 1971.

PARMA, J. O. et. al. TDCS of the Primary Motor Cortex: Learning the Absolute Dimension of a Complex Motor Task. **Journal of Motor Behavior**, v. 10, p. 1-14, 2020.

SCHULZE, K.; LUDERS, E; JANCKE, L. Intermanual transfer in a simple motor task. **Cortex**, v. 38, n. 5, p. 805-815, 2002.

SPERRY, R. W. “Cerebral Organization and Behavior”. The American Association for the Advancement of Science. **Science**, v. 133, n. 3466, p. 1749 – 1757, 1961.

TEIXEIRA, L. A.; PAROLI, R. Assimetrias Laterais em Ações Motoras: Preferência Versus Desempenho. **Motriz**, v. 6, n. 1, 1-8, 2000.

TEIXEIRA, L.A. Intermanual transfer of timing control between tasks holding different levels of motor complexity. **Laterality**, v. 11, p. 43-56, 2006.

THORNDIKE, E. L. **Educational psychology.** New York: Century, 1914.

Van MIER, H. I.; PETERSEN, S. E. Intermanual transfer effects in sequential tactuo motor learning: evidence for effector independent coding. **Neuropsychologia**, v. 44, n. 6, p. 939-949, 2006.

VASCONCELOS, O. Aprendizagem motora, transferência bilateral e preferência manual. **Revista Brasileira de Educação Física**, São Paulo, v. 20, 37-40, 2006.

VINES, B. W.; NAIR, D. G; SCHLAUG, G. Modulating activity in the motor cortex affects performance for the two hands differently depending upon which hemisphere is stimulated. **European Journal of Neuroscience**, v. 28, p. 1667-1673, 2008.

WRISBERG, C. A. **Levels of performance skill.** In: SINGER, R. N.; MURPHEY, M.; TENNANT, L. K. (Ed.). *Handbook of Research on Sport Psychology.* New York: MacMillan, 1993.

YAZGAN, M. Y. Functional significance of individual variations in callosal area. **Neuropsychology**, v. 33, n. 6, p. 769-779, 1995.