Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

Influência de uma sessão única de estimulação transcraniana por corrente contínua nos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico de mulheres

Influence of a single session of transcranial direct current stimulation on brainstem auditory evoked potentials of women

Influencia de una única sesión de estimulación transcraneal con corriente directa sobre los potenciales de evocación auditiva del tronco encefálico de mujeres

Ana Carolina de Sá Mendes[1], Any Camile Trindade de Assis[1], Lauren Tasquetto Toniolo[1], Laura Binsfeld Hames[1], Christine Grellmann Schumacher[1], Dayane Domeneghini Didoné[1].

RESUMO

Objetivo: Verificar o efeito imediato da aplicação cortical de uma sessão de Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) *online* e *offline* na funcionalidade de regiões do nervo auditivo até tronco encefálico, por meio dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) em mulheres. **Método:** Estudo prospectivo, transversal e quantitativo do qual participaram 18 mulheres divididas em dois grupos: G1, composto por oito participantes submetidas somente à ETCC (modo *offline)*, e G2, composto por dez participantes, submetidas à ETCC associada a uma atividade auditiva de ordenação temporal para estímulos de diferentes frequências (aplicação *online*). **Resultados:** Na comparação dos resultados pré e pós-intervenção entre os grupos verificou-se diferenças estatisticamente significantes (p<0,05) nas seguintes variáveis: latência e amplitude da onda I pós-intervenção, amplitude da onda III (pré e pós) e latência da onda V pré-intervenção. O G1 apresentou menores latências e maiores amplitudes após a intervenção. A comparação intragrupos não indicou diferenças significativas (p>0,05). **Conclusão:** Uma sessão única de ETCC offline produziu maiores efeitos na velocidade de condução e recrutamento neural nas estruturas avaliadas pelos PEATE em mulheres. Os resultados são preliminares, mas destaca-se que a técnica é promissora para produzir efeitos nas vias auditivas.

Palavras-chaves: Estimulação transcraniana por corrente contínua, ETCC, Potenciais evocados auditivos de tronco encefálico, Audição, Eletrofisiologia.

ABSTRACT

Objective: To verify the immediate effect of the cortical application of an online and offline transcranial direct current stimulation (tDCS) session on the functionality of the VIII cranial nerve and brainstem, through Brainstem Auditory Evoked Potentials (BAEP) on women. **Method:** Prospective, cross-sectional and quantitative study in which 18 women participated, divided into two groups: G1, composed of eight participants submitted only to tDCS (offline mode), and G2, composed of ten participants, submitted to tDCS associated with an auditory activity of temporal ordering for stimuli of different frequencies (online application). **Results:** When comparing the pre and post-intervention results between the groups, statistically significant differences (p<0.05) were found in the following variables: latency and amplitude of wave I post-intervention, amplitude of wave III (pre and post) and latency of wave V pre-intervention. G1 presented lower

[1] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS.

SUBMETIDO EM: 6/2025 | **ACEITO EM: 7/2025** | **PUBLICADO EM: 9/2025**

latencies and higher amplitudes after the intervention. The intra-group comparison did not indicate significant differences (p>0.05). **Conclusion:** A single offline tDCS session produced greater effects on conduction velocity and neural recruitment in the structures evaluated by BAEP on women. The results are preliminary, but it is worth highlighting that the technique is promising to produce effects on the auditory pathways.

Keywords: Transcranial direct current stimulation, TDCS, Brainstem auditory evoked potentials, Hearing, Electrophysiology.

RESUMEN

Objetivo: Verificar el efecto inmediato de la aplicación cortical de una sesión de estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) online y offline sobre la funcionalidad del VIII par craneal y del tronco encefálico, a través de Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Encéfalo (PEAC) en mujeres. **Método:** Estudio prospectivo, transversal y cuantitativo en el que participaron 18 mujeres, divididas en dos grupos: G1, compuesto por ocho participantes sometidas únicamente a tDCS (modalidad offline), y G2, compuesto por diez participantes, sometidas a tDCS asociada a una actividad auditiva de ordenamiento temporal para estímulos de diferentes frecuencias (aplicación online). **Resultados:** Al comparar los resultados pre y post intervención entre los grupos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) en las siguientes variables: latencia y amplitud de la onda I post intervención, amplitud de la onda III (pre y post) y latencia de la onda V pre intervención. G1 presentó latencias más bajas y amplitudes más altas luego de la intervención. La comparación intragrupo no indicó diferencias significativas (p>0,05). **Conclusión:** Una única sesión de tDCS fuera de línea produjo mayores efectos sobre la velocidad de conducción y el reclutamiento neuronal en las estructuras evaluadas mediante BAEP en mujeres. Los resultados son preliminares, pero cabe destacar que la técnica es prometedora para producir efectos en las vías auditivas.

Palabras clave: Estimulación transcraneal de corriente directa, TDCS, Potenciales evocados auditivos del tronco encefálico, Audición, Electrofisiología.

INTRODUÇÃO

A plasticidade refere-se à capacidade do Sistema Nervoso de se modular e adaptar, ao decorrer da vida a nível estrutural e funcional por meio de reorganizações na rede neural e conexões sinápticas decorrentes de estímulos intrínsecos e extrínsecos, experiências e aprendizagens (CHAVES JM, 2023). Técnicas de modulação da atividade neural como a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), consistem na aplicação de um estímulo elétrico de baixa intensidade (de 1-2 mA) por meio de dois eletrodos posicionados em regiões da cabeça para modular a atividade cortical (ZANINOTTO AL, et al., 2019).

A ETCC tem por mecanismo de ação a alteração dos potenciais de repouso das membranas dos neurônios e possui capacidade de fortalecer ou enfraquecer a transmissão sináptica entre as células nervosas (HEIMRATH K, et al., 2020; RAMOS NCC, et al., 2022; BARBOSA PMM, et al., 2023; VIOTTI RA, et al., 2023). A técnica pode ser aplicada nas modalidades *online* e *offline*. A primeira caracteriza-se pela aplicação do estímulo elétrico junto a uma atividade relacionada a qual área se deseja estimular, sendo estas: motora, cognitiva ou auditiva. Já na modalidade *offline*, utiliza-se apenas a estimulação elétrica (BESSON P, et al., 2019).

Diversos estudos com a ETCC têm evidenciado mudanças em nível central em diferentes áreas, responsáveis por habilidades motoras, da fala e da linguagem, auditiva e no sistema límbico (GUIMARÃES AN, et al., 2023; MATAR SJ, et al., 2022; PARK SB, et al., 2022; LABREE B et al., 2022; JOG MA, et al., 2023), tornando-a uma técnica promissora e complementar às terapias existentes.

No sistema auditivo a técnica pode modular a atividade neural ao longo da via auditiva (BORODA E, et al., 2020) Mudanças em nível de córtex auditivo são visualizadas por meio de avaliações eletrofisiológicas com o uso dos potenciais evocados auditivos de longa latência, já que o córtex cerebral é a área com maiores evidências de atividade neuroplástica em todo o encéfalo (GANGEMI A, et al., 2024; HAJIMOHAMMADI A e HEIDARI F, 2024).

Os Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico refletem a atividade neural das vias auditivas desde o VIII par craniano até o tronco cerebral, e podem predizer sobre a velocidade de processamento e recrutamento neural por meio da latência e amplitude dos potenciais. É um método não-invasivo que consiste na obtenção de sete ondas, sendo as ondas I, III e V as mais robustas e fidedignas para avaliação (HAJIMOHAMMADI A e HEIDARI F, 2024), importante instrumento para o monitoramento das vias auditivas (KRISHNAMURTI S, et al., 2013; HAJIMOHAMMADI A e HEIDARI F, 2024).

O sistema auditivo central possui vias auditivas aferentes e eferentes. As vias auditivas ascendentes recebem sinais da cóclea, por meio do nervo coclear e de estruturas do tronco encefálico. As fibras eferentes transmitem informações de regiões auditivas mais superiores para estruturas mais inferiores do sistema auditivo (CHANDRA NK, et al., 2024). Estimulações auditivas em nível de córtex auditivo podem impactar positivamente na atividade do tronco encefálico devido às projeções descendentes. Dessa forma, abre-se precedentes para a seguinte questão de pesquisa: A aplicação de uma sessão de estimulação transcraniana por corrente contínua em região de córtex auditivo poderia modificar imediatamente a funcionalidade das estruturas auditivas do VIII par craniano e do tronco encefálico devido às projeções neurais descendentes?

Considerando o exposto, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito imediato da aplicação cortical de uma sessão de ETCC *online* e *offline* na funcionalidade do VIII par craniano e do tronco encefálico por meio do registro dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) em mulheres adultas. Ressalta-se que não foram encontrados estudos envolvendo o estudo dos PEATE e aplicação da ETCC.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo prospectivo, transversal e quantitativo. A pesquisa foi desenvolvida no período de agosto a dezembro de 2023. A amostra foi composta somente por pacientes do sexo feminino, pois, embora, o critério de exclusão não restringisse o sexo dos participantes, durante o período de coleta de dados não foi possível recrutar participantes do sexo masculino. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da instituição citada, sob o número CAAE 64696022.1.0000.5346 e parecer número 5.746.241. Nesta pesquisa, foram incluídos os sujeitos que concordaram com a participação na mesma e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todos os participantes foram orientados sobre os riscos e benefícios do estudo.

Foram estabelecidos os critérios de elegibilidade descritos a seguir:

- Índivíduos do sexo feminino;
- Faixa etária de 18 a 25 anos;
- Com limiares auditivos até 19 dBNA, nas frequências de 250Hz a 8000Hz bilateralmente (OMS, 2020);
- Curva timpanométrica do tipo A bilateralmente (BSA, 2024);
- Presença de reflexos acústicos estapedianos contralaterais bilateralmente (BSA, 2024);
- Mínimo de 12 anos de escolaridade.

Foram excluídas as participantes com queixa de zumbido, alterações de orelha média, doenças neurológicas/cognitivas, histórico de doenças otológicas, histórico de convulsões nos últimos 6 meses, gestantes e sujeitos com implantes metálicos na região da cabeça.

No total, foram avaliados 19 participantes do sexo feminino, porém uma foi excluída pois não concluiu a aplicação da ETCC. As participantes foram submetidas aos seguintes procedimentos de seleção de amostra:

Procedimentos de seleção da amostra

Inicialmente as participantes responderam à anamnese audiológica a fim de identificar possíveis queixas auditivas que pudessem comprometer a composição amostral. Foi realizada uma inspeção do meato acústico externo antes das avaliações, a fim de verificar a presença de componentes condutivos que poderiam impossibilitar a realização dos procedimentos.

A audiometria tonal liminar foi realizada em cabine acústica, utilizando a técnica descendente-ascendente nas frequências de 250 Hz a 8.000 Hz, bilateralmente, com o audiômetro AD229e da marca *Interacoustics*. Para pesquisa dos limiares de via-aérea de ambas as orelhas foi utilizado fones supra-aurais TDH-39 da marca *Telephonics*. Os limiares auditivos menores que 20dBNA foram considerados dentro dos padrões de normalidade, segundo a classificação da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2020).

A logoaudiometria foi realizada com mesma cabine acústica e fones supra-aurais utilizados na audiometria. Foram realizados os testes de Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF) e Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF). O LRF foi realizado com valor inicial de 30 dB acima da média tritonal (500Hz, 1000Hz, 2.000Hz) em cada orelha, utilizando a técnica descendente-ascendente. Foram apresentadas palavras trissilábicas, as quais deveriam ser repetidas pelo paciente. A partir do primeiro erro, aumentou-se 5dB à intensidade em que se obteve o erro e foram apresentadas mais quatro palavras ao paciente. Destas, o indivíduo deveria acertar pelo menos 50% para que pudesse ser considerado o valor final do LRF. Os resultados obtidos deveriam ser compatíveis com 10 dB a mais ou a menos quando comparados à média tritonal em cada orelha.

O IPRF foi realizado na intensidade de 40 dBNS acima da média tritonal, considerando o limiar de conforto acústico do indivíduo. Foi apresentada uma lista contendo 25 palavras monossilábicas em cada orelha, sendo considerado critério de normalidade o índice de 92 a 100% em cada orelha (JERGER J, et al., 1968).

A imitanciometria foi realizada utilizando o equipamento imitanciômetro modelo AT 235, da marca *Interacoustics*, com tom-sonda de 226 HZ. A timpanometria foi realizada em ambas as orelhas para verificar a mobilidade do sistema tímpano-ossicular, no qual as curvas timpanométricas foram classificadas conforme a literatura (JERGER J, et al., 1972). Os reflexos acústicos estapedianos contralaterais foram pesquisados nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 4.000Hz, bilateralmente. Foram considerados os limiares de menor intensidade em que os reflexos foram desencadeados (JERGER S e JERGER J, 1989).

A audiometria tonal liminar, logoaudiometria e imitanciometria foram realizados para garantir que apenas sujeitos com audição normal, integridade do sistema tímpano-ossicular e do arco reflexo fossem incluídos no estudo.

Procedimento de pesquisa

Após, as participantes foram submetidas ao Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE). Utilizou-se o equipamento *SmartEP* da marca *Intelligent Hearing Systems (IHS)*. Anteriormente à realização do exame, alguns pontos específicos (fronte e lóbulos das orelhas) foram limpos com pasta abrasiva da marca NUPREP. Os eletrodos ativos foram posicionados nos lóbulos direito e esquerdo (A2 e A1), o eletrodo ativo em Fz e o terra na fronte (Fpz) e a impedância foi mantida em entre 1-3 *kohms.* Considerou-se os seguintes parâmetros: estímulo clique, apresentado de forma monoaural por meio de fones de inserção ER-3A, na intensidade de 80 dBnNA, polaridade rarefeita, janela de análise de 12ms, filtros passa-alto e passa-baixo de 100-3000Hz e velocidade de 27,7 estímulos por segundo.

Para verificar a reprodutibilidade das ondas, os traçados foram replicados. A avaliação eletrofisiológica foi aplicada antes e imediatamente após a aplicação da ETCC. Foram analisadas as latências absolutas das ondas I, III e V, bem como os intervalos dos interpicos I-III, III-V e I-V e a diferença interaural da onda V. Foram incluídos na pesquisa somente as participantes com a via auditiva bilateralmente íntegra, seguindo os valores de Webster R (2016) para 80 dBNA.

Após as avaliações descritas, as participantes foram divididas de forma randomizada em dois grupos: grupo 1 (G1): composto por 8 participantes submetidas somente à ETCC (modo *offline)* e grupo 2 (G2): composto por 10 participantes submetidas à ETCC juntamente a uma atividade auditiva de ordenação temporal para estímulos de diferentes frequências (aplicação *online*). A diferença entre os grupos deve-se a desistência de uma das participantes e da dificuldade em encontrar participantes em um curto período de tempo. As participantes incluídas na pesquisa foram randomizadas de acordo com a hierarquia de participação na pesquisa, a primeira foi alocada no G1, a segunda no G2 e as demais seguindo este padrão.

Procedimentos de intervenção

A aplicação da ETCC *online* e *offline* foi realizada em uma única sessão. Para ETCC utilizou-se o equipamento *MicroEstim Foco tDCS Fix 8*. Anteriormente à colocação dos eletrodos, realizou-se a limpeza da pele visando a impedância adequada entre os eletrodos e a superfície de contato. A impedância dos eletrodos foi mantida entre 5 KΩ e 20 KΩ. A ETCC foi aplicada com dois eletrodos do tamanho 5x7 embebidos em solução salina a 0,9%, com voltagem de 2mA (MOOSAVI A, et al., 2022), por 20 minutos (GANGEMI A, et al., 2024).

O eletrodo anódico foi fixado em T5 (região temporal) esquerda e o catódico em Fpz (região frontal), de acordo com o Sistema Internacional 10-20 da Eletroencefalografia (JASPER, 1958; KLEM et al., 1999). Para localizar os pontos a serem fixados os eletrodos, primeiramente foram identificados e medidos com fita métrica os seguintes pontos: distância nasion- inion (x cm), distância tragus direito-esquerdo (x cm) e perímetro cefálico (x cm). Os eletrodos foram fixados a partir desses pontos identificados. Bandagens elásticas foram utilizadas para manter os eletrodos fixados durante a estimulação.

Para o G1, foi aplicado somente a ETCC (*modo offline*), durante 20 minutos, sem atividades envolvidas, em que as participantes foram instruídas a aguardar até que a aplicação terminasse.

No G2, submetido a aplicação *online*, a ETCC foi aplicada juntamente a uma atividade auditiva, no qual consistiu em uma tarefa de discriminação e ordenação temporal para estimulos de frequências diferentes, durante 20 minutos, ao longo da aplicação da ETCC. Cada sequência contou com três estímulos, em que as participantes deste grupo foram instruídas a prestar atenção nos mesmos e identificar verbalmente a sequência dos estímulos apresentados. Foram utilizados fones de ouvido da marca Victory, modelo VT- A05 e os estímulos foram apresentados por meio de um *notebook.* A intensidade foi ajustada de modo que fosse acusticamente confortável para as participantes.

Foram analisadas as latências das ondas I, III e V, dos intervalos interpicos I-III, III-V e I-V, a amplitude das ondas I, III e V e a amplitude I-V. A latência foi considerada no pico de maior amplitude das ondas e a amplitude entre o pico de maior amplitude e maior deflexão para cada onda. Todas as análises foram realizadas pré e pós-intervenção para cada grupo.

Os dados foram digitados em planilha eletrônica *Excel* e as análises estatísticas foram realizadas no SPSS v.22. Inicialmente as variáveis de latência e amplitude em cada grupo foram verificadas quanto à normalidade por meio do teste shapiro-wilk. Após, as variáveis entre orelha direita e orelha esquerda em cada grupo foram comparadas entre si por meio do teste U de Mann-Whitney. Considerando o agrupamento das variáveis entre orelha direita e esquerda e novo teste de normalidade dos dados, as médias dos resultados foram comparadas entre os grupos (Teste T de amostras independentes) e intragrupos (Teste T pareado). Considerou-se nível de significância de 5% para todas as análises.

RESULTADOS

As variáveis de latência e amplitude da orelha direita e da orelha esquerda foram analisadas entre os grupos, não sendo constatadas diferenças estatisticamente significantes ($p>0,05$). Dessa forma, os dados da orelha direita e da orelha esquerda foram agrupados em cada grupo.

Na comparação dos resultados pré e pós-intervenção entre os grupos, verificou-se diferença estatisticamente significante para as seguintes variáveis: latência e amplitude da onda I pós-intervenção, amplitude da onda III pré e pós-intervenção e latência da onda V pré intervenção (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Comparação da latência e amplitude dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico nos momentos pré e pós-intervenção entre os grupos.

Variável/Momento	GRUPO	N	Média	DP	Mín	Máx	p Valor
LI Pré	G1	8	1,491	0,230	1,24	1,99	0,342
	G2	10	1,583	0,167	1,37	1,77	
LI Pós	G1	8	1,340	0,000	1,34	1,34	**<0,001**
	G2	10	1,518	0,105	1,41	1,75	
AI Pré	G1	8	0,394	0,118	0,2	0,55	0,057
	G2	10	0, 277	0,122	0,035	0,45	
AI Pós	G1	8	0,395	0,143	0,19	0,58	**0,049**
	G2	10	0,268	0,110	0,08	0,465	
LIII Pré	G1	8	3,570	0,273	3,11	3,84	0,875
	G2	10	3,547	0,323	2,92	3,94	
LIII Pós	G1	8	3,571	0,284	3,05	3,86	0,621
	G2	10	3,630	0,210	3,03	3,94	
AIII Pré	G1	8	0,309	0,063	0,24	0,41	**0,040**
	G2	10	0,237	0,071	0,1	0,33	
AIII Pós	G1	8	0,338	0,090	0,24	0,49	**0,031**
	G2	10	0,235	0,093	0,09	0,36	
LV Pré	G1	8	5,262	0,122	5,04	5,4	**0,031**
	G2	10	5,473	0,225	5,19	5,81	
LV Pós	G1	8	5,287	0,138	5,04	5,5	0,096
	G2	10	5,473	0,268	5,04	5,88	
AV Pré	G1	8	0,491	0,113	0,3	0,68	0,516
	G2	10	0,454	0,121	0,24	0,62	
AV Pós	G1	8	0,513	0,139	0,29	0,67	0,309
	G2	10	0,454	0,174	0,12	0,69	
LIII-I Pré	G1	8	2,062	0,405	1,12	2,39	0,576
	G2	10	1,963	0,332	1,33	2,41	
LIII-I Pós	G1	8	2,131	0,198	1,77	2,35	0,885
	G2	10	2,116	0,232	1,77	2,45	
L V-III Pré	G1	8	1, 696	0,176	1,5	2,01	0,149
	G2	10	1,923	0,390	1,52	2,7	
L V-III Poś	G1	8	1,728	0,176	1,57	2,12	0,433
	G2	10	1,838	0,348	1,41	2,46	
L V-I Pré	G1	8	3,760	0,266	3,14	3,99	0,315
	G2	10	3,887	0,251	3,54	4,35	
L V-I Pós	G1	8	3,856	0,244	3,61	4,01	0,333
	G2	10	3,956	0,258	3,61	4,37	
A V-I Pré	G1	8	1,522	0,732	0,72	2,57	0,346
	G2	10	2,503	2,765	0,96	10,23	
A V-I Pós	G1	8	1,555	0,857	0,66	2,99	0,324
	G2	10	2,051	1,141	0,97	4,81	

Legenda: DP = desvio padrão; min = mínimo; max = máximo; L = latência; A = amplitude; *teste de Wilcoxon. **Fonte:** Mendes ACS, et al., 2025.

Na **Tabela 2**, é possível observar os valores de latência e amplitude dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico pré e pós-intervenção no G1.

Tabela 2 - Comparação da latência e amplitude dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico nos momentos pré e pós-intervenção no G1.

Variável / Momento	N	Média	DP	Mín	Máx	p Valor
L I Pré	8	1,491	0,230	1,24	1,99	0,106
L I Pós	8	1,340	0,000	1,34	1,34	
A I Pré	8	0,394	0,118	0,2	0,55	0,979
A I Pós	8	0,3950	0,143	0,19	0,58	
LIII Pré	8	3,570	0,273	3,11	3,84	0,959
LIII Pós	8	3,571	0,284	3,05	3,86	
A III Pré	8	0,3093	0,063	0,24	0,41	0,247
A III Pós	8	0,3388	0,090	0,24	0,49	
L V Pré	8	5,2625	0,122	5,04	5,4	0,120
L V Pós	8	5,2875	0,138	5,04	5,5	
A V Pré	8	0,4912	0,113	0,3	0,68	0,470
A V Pós	8	0,5138	0,139	0,29	0,67	
L III-I Pré	8	2,0625	0,405	1,12	2,39	0,458
L III-I Pós	8	2,1313	0,198	1,77	2,35	
L V-III Pré	8	1, 6963	0,176	1,5	2,01	0,382
L V-III Pós	8	1,728	0,176	1,57	2,12	
L V-I Pré	8	3,760	0,266	3,14	3,99	0,361
L V-I Pós	8	3,8562	0,124	3,61	4,01	
A V-I Pré	8	1,5225	0,732	0,72	2,57	0,841
A V-I Pós	8	1,5550	0,857	0,66	2,99	

Legenda: DP = desvio padrão; min = mínimo; max = máximo; L = latência; A = amplitude; *teste de Wilcoxon. **Fonte:** Mendes ACS, et al., 2025.

Na **Tabela 3**, é possível observar os valores de latência e amplitude dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico pré e pós-intervenção no G2.

Tabela 3 - Comparação da latência e amplitude dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico nos momentos pré e pós-intervenção no G2.

Variável / Momento	N	Média	DP	Mín	Máx	p Valor
L I Pré	10	1,583	0,167	1,37	1,77	0,244
L I Pós	10	1,518	0,105	1,41	1,75	
A I Pré	10	0,277	0,122	0,035	0,45	0,728
A I Pós	10	0,268	0,110	0,08	0,465	
LIII Pré	10	3,547	0,323	2,92	3,94	0,174
LIII Pós	10	3,630	0,210	3,03	3,94	
A III Pré	10	0,237	0,071	0,1	0,33	0,953
A III Pós	10	0,235	0,093	0,09	0,36	
L V Pré	10	5,473	0,225	5,19	5,81	1,000
L V Pós	10	5,473	0,268	5,04	5,88	
A V Pré	10	0,454	0,121	0,24	0,62	0,524
A V Pós	10	0,434	0,174	0,12	0,69	
L III-I Pré	10	1,963	0,332	1,33	2,41	0,058
L III-I Pós	10	2,116	0,232	1,77	2,45	
L V-III Pré	10	1,923	0,390	1,52	2,7	0,139
L V-III Pós	10	1,838	0,348	1,41	2,46	
L V-I Pré	10	3,887	0,251	3,54	4,35	0,265
L V-I Pós	10	3,956	0,258	3,61	4,37	
A V-I Pré	10	2,503	2,765	0,96	10,23	0,448
A V-I Pós	10	2,051	1,141	0,97	4,81	

Legenda: DP = desvio padrão; min = mínimo; max = máximo; L = latência; A = amplitude; *teste de Wilcoxon. **Fonte:** Mendes ACS, et al., 2025.

DISCUSSÃO

A ETCC é uma técnica promissora para modificar as sinapses em estruturas de tronco encefálico. Não há relatos na literatura científica de estudos que tenham abordado o tema, considerando a disposição do eletrodo anódico em nível cortical e possível influência nas regiões subcorticais, o que destaca os achados deste estudo.

Os resultados das comparações entre os grupos evidenciaram mudanças na latência e amplitude da onda I e da amplitude da onda III no momento pós-intervenção, sendo a latência menor e amplitude maior para o grupo que recebeu apenas a estimulação de ETCC. A onda I do PEATE está relacionada ao funcionamento do VIII par craniano, especificamente da região distal do nervo, enquanto o sítio gerador da onda III é o núcleo coclear (MATAS CG, et al., 2022).

A latência reflete a velocidade de processamento neural e amplitude, o recrutamento de neurônios (POTGURSKI DS, et al., 2023). Acredita-se que as mudanças positivas na onda I e III do PEATE com a aplicação da ETCC possam ser justificadas, pois os axônios centrais, oriundos do córtex, unem-se no ângulo pontocerebelar e as porções cocleares do VIII par, relacionadas à onda I do PEATE (GRISOLD W, et al., 2023), formam sinapses nos núcleos cocleares ventral e dorsal, os quais estão relacionados com a onda III do PEATE (MATAS CG, et al., 2022). Essa fisiologia permite inferir sobre o sistema eferente coclear, o qual pode estar relacionado com as mudanças observadas.

O sistema eferente medial é composto por um conjunto de fibras olivares em direção à cóclea, e abrange fibras mediais (sistema olivococlear medial) e laterais. As fibras laterais são não mielinizadas e não cruzadas, terminando nas células ciliadas internas. Já as fibras mediais são mielinizadas, na sua maioria cruzadas, e fazem conexão com as células ciliadas externas. Experimentos em animais evidenciaram que estimulações elétricas do sistema olivococlear medial provocaram redução nas respostas da cóclea e do nervo auditivo. Assim, este mecanismo sugere que o sistema olivococlear medial tem potencial para modular a atividade coclear tanto de forma excitatória quanto inibitória, destacando o controle central na atividade auditiva periférica (DURANTE AS e DHAR S, 2022).

Estudos envolvendo a aplicação da ETCC em nível cortical, destacaram as mudanças na latência e amplitude do potencial auditivo-cognitivo P300, sendo que este é gerado em regiões auditivas centrais, após a aplicação de algumas sessões de ETCC isolada (GU J, et al., 2022; GANGEMI A, et al., 2024). Assim, os resultados preliminares da presente pesquisa, abrem precedentes para a reflexão estabelecida com a hipótese inicial deste estudo, ou seja, que estimulações em nível cortical podem ter impacto em regiões subcorticais.

Ainda na comparação entre os grupos, os resultados evidenciaram diferenças na amplitude da onda III também no momento pré intervenção. Esperava-se homogeneidade dos dados no momento pré-intervenção, fato que destaca que a diferença da amplitude da onda III verificada no momento pós-intervenção deve ser interpretada com extrema cautela. Já em relação a latência da onda V, a diferença no momento pré intervenção não foi considerada com significado clínico, já que não houve diferença na comparação entre as intervenções no período pós.

Em relação ao eletrodo anódico posicionado em região auditiva cortical, no hemisfério esquerdo, pressupõe-se que possa ter influenciado positivamente nos resultados estatisticamente descritos acima. Autores Yamada Y e Sumiyoshi T (2021) afirmam que a estimulação transcraniana por corrente contínua modula a excitabilidade cortical de forma polar-dependente, sendo que a estimulação anodal promove a despolarização dos neurônios. Assim, referente ao sistema auditivo, o eletrodo anódico produz efeitos excitatórios quando posicionado no córtex auditivo do hemisfério esquerdo (HEIMRATH K, et al., 2016; MATSUSHITA R, et al., 2015), mesmo quando realizadas tarefas auditivas com estímulos não-verbais, fato que justifica a escolha do local de posicionamento anodal do presente estudo. Em contrapartida um estudo de MATSUSHITA R, et al. (2015), verificou o efeito do eletrodo anódico e catódico posicionados no hemisfério direito (predominante para sons não-verbais) para realização de tarefas de discriminação auditiva com estímulos não-verbais Os pesquisadores concluíram que o eletrodo anódico reduziu a aprendizagem na tarefa realizada, sugerindo que o eletrodo anódico deve ser posicionado em córtex temporal esquerdo durante as tarefas auditivas, assim como ocorreu na presente pesquisa.

A comparação intragrupos não evidenciou diferenças pré e pós aplicação ETCC *online* ou *offline,* mesmo que a avaliação tenha sido realizada em seguida à aplicação da técnica. Pesquisas, como de Wischnewski M e Schutter DJLG (2015), sobre outros tipos de estimulação transcraniana, tais como a estimulação magnética apontam que os efeitos maiores são normalmente encontrados durante os primeiros 5 a 10 minutos após a administração, com a inibição retornando linearmente à linha de base, fato que justifica a reavaliação do presente estudo ter sido realizada imediatamente após a aplicação da ETCC. Sendo assim, acredita-se que o tempo da reavaliação não tenha influenciado nos resultados e sim, o fato da sessão única de ETCC não ter sido suficiente para evidenciar mudanças estatisticamente significantes na comparação pré e pós-intervenção em cada grupo separadamente.

Esses resultados corroboram com outros estudos, tais como a pesquisa de Kunzelmann K, et al. (2018), na qual os autores aplicaram a técnica da ETCC durante uma semana e não observaram mudanças nos potenciais auditivos corticais. Ainda, o estudo de López-Caballero F, et al. (2020) utilizou a estimulação magnética transcraniana repetitiva no lado direito córtex auditivo primário e avaliou o *Frequency-following responses* (FFR) antes e após a aplicação da técnica. Os autores não evidenciaram mudanças no FFR, mesmo com um número maior de sessões aplicadas. Destaca-se que os sítios geradores do FFR também abrangem estruturas de tronco encefálico, além de estruturas auditivas mais corticais, o que pressupõe que os resultados do presente estudo corroboram com a pesquisa citada, embora os protocolos de aplicação sejam diferentes.

Destaca-se como limitações deste estudo o reduzido tamanho amostral, ausência de exames de imagens, falta de um grupo placebo e falta de um grupo submetido apenas a atividade auditiva para realizar as demais comparações de possíveis resultados. Pesquisas futuras são extremamente necessárias, visto que a técnica da ETCC é promissora para modificar a funcionalidade do Sistema Auditivo Central.

Os resultados da presente pesquisa são preliminares e necessitam de aprofundamento científico. Conforme descrito por autores, já é posto na literatura que as maiores modificações ocorrem em nível central. Contudo, há que se considerar a possibilidade promissora de mudanças em níveis mais subcorticais, conforme os resultados da presente pesquisa.

CONCLUSÃO

A partir deste estudo foi possível verificar que a aplicação de uma sessão de ETCC *offline* produziu maiores efeitos na velocidade e recrutamento neural em estruturas avaliadas por meio dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico em mulheres. Os resultados são preliminares, mas destaca-se que a técnica é promissora para produzir efeitos nas vias auditivas.

REFERÊNCIAS

1. BARBOSA PMM, et al. Parâmetros e resultados da neuromodulação não invasiva no manejo da dor pélvica crônica: revisão integrativa da literatura. Brazilian Journal Of Pain [Internet]. 2023;6(3).
2. BESSON P, et al. Chapter 25 - Opinion: The Use of Online/Offline Terminology for Transcranial Direct Current Stimulation Can Bring Confusion. Neuroergonomics. 2019;153-155.
3. BORODA E, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) elicits stimulus-specific enhancement of cortical plasticity. 2020. 211: 116598.
4. BRITISH SOCIETY OF AUDIOLOGY (2024), Recommended Procedure: Tympanometry and Acoustic Reflex Thresholds. [Online]. Disponível em: https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2013/10/OD104-35-BSA-Recommended-Procedure-Tympanometry-and-ART.pdf.
5. CHANDRA NK, et al. Functional connectivity across the human subcortical auditory system using an autoregressive matrix-Gaussian copula graphical model approach with partial correlations. Imaging Neurosci (Camb). 2024; 2:10.1162/imag_a_00258. doi: 10.1162/imag_a_00258. Epub 2024 Aug 12. PMID: 39421593; PMCID: PMC11485223.

6. CHAVES JM. Neuroplasticidade, memória e aprendizagem: Uma relação atemporal. Rev. Psicopedagogia, 2023;40(121):66-75.
7. DURANTE AS, DHAR S. Mecanismos fisiológicos subjacentes à geração de emissões otoacústicas: protocolos clínicos. In: Schochat, E. et al. Tratado de Audiologia. 3ª edição, editora Manole, 2022.
8. GANGEMI A, et al. Does Transcranial Direct Current Stimulation Affect Potential P300-Related Events in Vascular Dementia? Considerations from a Pilot Study. Biomedicines. 2024, 12(6), 1290.
9. GRISOLD W, et al. The Cranial Nerves in Neurology: A comprehensive and systematic evaluation of cranial nerves, pathology and specific conditions. Publisher: Springer Cham. 2023
10. GU J, et al. The Effect and Mechanism of Transcranial Direct Current Stimulation on Episodic Memory in Patients With Mild Cognitive Impairment. Front Neurosci. 2022 Feb 17;16:811403. doi: 10.3389/fnins.2022.811403. PMID: 35250453; PMCID: PMC8891804.
11. GUIMARÃES AN, et al. Motor learning and tDCS: A systematic review on the dependency of the stimulation effect on motor task characteristics or tDCS assembly specifications. Neuropsychologia. 2023 Jan 28;179:108463. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2022.108463. Epub 2022 Dec 23. PMID: 36567006.
12. HAJIMOHAMMADI A, HEIDARI F. Monitoring the Efficacy of Auditory Training through Changes in Brainstem and Cortical Auditory Evoked Potentials: A Systematic Review. *Egypt J Otolaryngol* 40, 95 (2024). doi: https://doi.org/10.1186/s43163-024-00606-4
13. HEIMRATH K, et al. Modulating Human Auditory Processing by Transcranial Electrical Stimulation. Front Cell Neurosci. 2016 Mar 7;10:53. doi: 10.3389/fncel.2016.00053. PMID: 27013969; PMCID: PMC4779894
14. JASPER H.H. The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.1958,10, 371-375.
15. JERGER J, et al. A new approach to speech audiometry. J Speech Hear Disord. 1968, 33: 318.
16. JERGER J, et al. Studies in impedance audiometry. *Arch. Otolaryng.*1972, *96*:513-23.
17. JERGER S, JERGER J. Alterações auditivas: um manual para avaliação clínica. Atheneu: São. Paulo. 1989. p. 102.
18. JOG MA, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) in depression induces structural plasticity. Sci Rep. 2023 Feb 17;13(1):2841. doi: 10.1038/s41598-023-29792-6. PMID: 36801903; PMCID: PMC9938111.
19. KLEM GH. The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl. 1999:52:3-6.
20. KRISHNAMURTI S, et al. A case study of the changes in the speech-evoked auditory brainstem response associated with auditory training in children with auditory processing disorders. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2013, 77(4):594–604
21. KUNZELMANN K, et al. No Effect of Transcranial Direct Current Stimulation of the Auditory Cortex on Auditory-Evoked Potentials. *Front Neurosci*. 2018;12:880. Published 2018 Nov 27. doi:10.3389/fnins.2018.00880
22. LABREE B, et al. Determining the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Tinnitus, Depression, and Anxiety: A Systematic Review. Brain Sciences. 2022; 12(4):484. https://doi.org/10.3390/brainsci12040484
23. LEAVER AM, et al. Focal tDCS of auditory cortex in chronic tinnitus: A randomized controlled mechanistic trial. Clin Neurophysiol. 2024 Feb; 158:79-91. doi: 10.1016/j.clinph.2023.11.021. Epub 2023 Dec 16. PMID: 38198874; PMCID: PMC10896454.
24. LÓPEZ-CABALLERO F, et al. Effects of cTBS on the Frequency-Following Response and Other Auditory Evoked Potentials. Front Hum Neurosci. 2020 Jul 8; 14:250. doi: 10.3389/fnhum.2020.00250. PMID: 32733220; PMCID: PMC7360924.
25. MATAR SJ, et al. Transcranial Direct-Current Stimulation as an Adjunct to Verb Network Strengthening Treatment in Post-stroke Chronic Aphasia: A Double-Blinded Randomized Feasibility Study. Front Neurol. 2022 Mar 2; 13:722402. doi: 10.3389/fneur.2022.722402. PMID: 35309584; PMCID: PMC8924047.

26. MATAS CG, et al. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico. IN: Tratado de audiologia. Tradução. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022.
27. MATSUSHITA R, et al. Polarity-specific transcranial direct current stimulation disrupts auditory pitch learning. Frontiers in Neuroscience. 2015. Volume 9. doi: 10.3389/fnins.2015.00174
28. MOOSAVI A, et al. The effectiveness of the combined transcranial direct current stimulation (tDCS) and tailor-made notched music training (TMNMT) on psychoacoustic, psychometric, and cognitive indices of tinnitus patients. Am J Otolaryngol. 2022;43(1):103274.
29. OMS: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Guia de orientação na avaliação audiológica [Internet]. Brasília: Sistema de Conselhos de Fonoaudiologia; 2020. Disponível em: https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/09/CFFa_Manual_Audiologia.pdf
30. PARK SB, et al (2022). Transcranial Direct Current Stimulation of Motor Cortex Enhances Spike Performances of Professional Female Volleyball Players. Journal of Motor Behavior, 2022;55(1), 18–30. doi: https://doi-org.ez47.periodicos.capes.gov.br/10.1080/00222895.2022.2090489
31. POTGURSKI DS, et al. Ocorrência de alterações nos potenciais evocados auditivos de fumantes: revisão sistemática da literatura. CoDAS. 2023 Jan 1;35(4).
32. RAMOS NCC, et al. Efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua na escrita: um relato de caso de agrafia profunda. CoDAS. 2022;34(4).
33. RIBEIRO RB, et al. Randomized clinical trial on the efficacy of a new transcranial direct current stimulation (tDCS) device in the treatment of depression: a low-cost option for developing countries?. J Bras Psiquiatr 2023;72:205–12. https://doi.org/10.1590/0047-2085000000429.
34. ROSA RR, et al. Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) na voz e fala na doença de Parkinson: relato de caso. Audiol, Commun Res 2023;28:e2795. https://doi.org/10.1590/2317-6431-2023-2795pt.
35. VIOTTI RA, et al. Estimulação transcraniana para transtornos do sono: uma revisão sistemática. Psicologia: Teoria e Prática. 2023;25(2): ePTPCP14688.
36. WEBSTER R. The Auditory Brainstem Response (ABR): a normative study using the Intelligent Hearing System's Smart Evoked Potential System [thesis]. Towson: Towson University. 2016 Disponível em: https://mdsoar.org/bitstream/handle/11603/3281/TSP2016Webster.pdf?sequence=1&isAllowed=y
37. WISCHNEWSKI M, SHUTTER DJLG. Efficacy and time course of theta burst stimulation in healthy humans. Brain Stimul. 2015, 8, 685-692. doi:10.1016/j.brs.2015.03.004.
38. YAMADA Y e SUMIYOSHI T. Neurobiological Mechanisms of Transcranial Direct Current Stimulation for Psychiatric Disorders; Neurophysiological, Chemical, and Anatomical Considerations. Front Hum Neurosci. 2021 Feb 4; 15:631838. doi: 10.3389/fnhum.2021.631838. PMID: 33613218; PMCID: PMC7890188
39. ZANINOTTO AL, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) effects on traumatic brain injury (TBI) recovery: A systematic review. Dement Neuropsychol. 2019 Apr-Jun;13(2):172-179. doi: 10.1590/1980-57642018dn13-020005.