Brazilian Journal of Otorhinolaryngology 2022;88(5):758–766

Brazilian Journal of
OTORHINOLARYNGOLOGY
www.bjorl.org

ARTIGO ORIGINAL

# Terapia de reabilitação vestibular em combinação com estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) para o tratamento de disfunção vestibular crônica em idosos: um ensaio clínico duplo-cego randomizado☆

**Nader Saki** [a], **Arash Bayat** [a,b,*], **Soheila Nikakhlagh** [a] e **Golshan Mirmomeni** [c]

[a] *Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Hearing Research Center, Ahvaz, Irã*
[b] *Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, School of Rehabilitation Sciences, Musculoskeletal Rehabilitation Center, Ahvaz, Irã*
[c] *Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Students Research Committee, Ahvaz, Irã*

Recebido em 1 de setembro de 2020; aceito em 2 de novembro de 2020

**PALAVRAS-CHAVE**
Estimulação transcraniana por corrente contínua;
Reabilitação vestibular;
Idoso;
Ansiedade;
Equilíbrio

**Resumo**
*Introdução:* Tontura e desequilíbrio são disfunções comuns em idosos. A terapia de reabilitação vestibular é um método eficaz para o alívio da tontura crônica em pacientes com disfunção vestibular. A estimulação transcraniana por corrente contínua tem melhorado a função de equilíbrio em pacientes com disfunção vestibular.
*Objetivo:* Investigar a eficácia terapêutica da reabilitação vestibular combinada com a estimulação transcraniana por corrente contínua em pacientes idosos com disfunção vestibular.
*Método:* Em um estudo duplo-cego randomizado e controlado, 36 idosos com disfunção vestibular crônica foram aleatoriamente designados para o grupo reabilitação vestibular e estimulação transcraniana por corrente contínua (n = 18) ou reabilitação vestibular isolada (n = 18). O protocolo de estimulação transcraniana consistiu em estimulação elétrica bifrontal multissessão do córtex pré-frontal dorsolateral (intensidade de 2 mA e duração de 20 minutos), seguida de exercícios de reabilitação. O protocolo de reabilitação vestibular consistiu em exercícios de habituação e adaptação combinados com exercícios de marcha por um período de três semanas. O desfecho primário deste estudo foi o escore do *dizziness handicap inventory* e os desfechos secundários foram os escores da escala *activities-specific balance confidence* e *Beck anxiety inventory*.

DOI se refere ao artigo: https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.11.004
☆ Como citar este artigo: Saki N, Bayat A, Nikakhlagh S, Mirmomeni G. Vestibular rehabilitation therapy in combination with transcranial direct current stimulation (tDCS) for treatment of chronic vestibular dysfunction in the elderly: a double-blind randomized controlled trial. Braz J Otorhinolaryngol. 2022;88:758–66.
* Autor para correspondência.
*E-mail:* arashbayat2004@yahoo.com (A. Bayat).
A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

2530-0539/© 2020 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

*Resultados:* Em relação ao escore do *dizziness handicap inventory*, a análise de variância de medidas repetidas mostrou um efeito principal significativo do efeito de interação do ''tempo'', ''estimulação''' e estimulação x tempo. Houve redução significativa do escore geral do *dizziness handicap* com o ''tempo'' em ambos os grupos, foi mais pronunciada no grupo reabilitação vestibular e estimulação elétrica. Em relação à mudança nos escores do *activities-specific balance confidence*, encontramos um efeito principal significativo dos fatores principais de ''tempo'' e ''estimulação'', mas esse efeito não foi significativo para a interação estimulação × tempo. Para o escore do *Beck anxiety inventory*, observamos um efeito principal significativo do ''tempo'', mas nenhuma evidência do efeito principal do fator ''estimulação''.
*Conclusão:* A estimulação transcraniana por corrente contínua bifrontal em combinação com a terapia de reabilitação vestibular é uma abordagem promissora para melhorar os sintomas vestibulares crônicos em idosos.
© 2020 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## Introdução

Tontura e desequilíbrio são queixas comuns entre os idosos. Foi estimado que cerca de 30% das pessoas com mais de 65 anos experimentam algumas formas de tontura, que aumenta para 50% em pessoas com mais de 80 anos.[1] A tontura em idosos é uma preocupação crescente de saúde pública, porque os idosos que sofrem de tontura têm um risco significativamente maior de quedas acidentais e consequentes lesões.[2–4] A causa subjacente da tontura em pacientes idosos é muito complexa, porque há muitos mecanismos contribuintes.

A terapia de reabilitação vestibular (TRV) é um programa terapêutico baseado em exercícios para melhorar a função do equilíbrio em pacientes com déficits significativos de origem vestibular.[5,6] Os exercícios de TRV visam reduzir os sintomas incapacitantes através de mecanismos centrais de neuroplasticidade, inclusive habituação, adaptação e substituição, que aceleram o processo de compensação vestibular.[7–9]

Recentemente, a modulação da excitabilidade cortical e subcortical através de métodos não invasivos, como a estimulação cerebral não invasiva, tem recebido atenção crescente como um meio de melhorar o desempenho durante o curso da terapia. A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é uma técnica de neuromodulação segura e não invasiva que pode modular as atividades neurais. Ela aplica uma fraca corrente contínua no cérebro através de eletrodos anódicos e catódicos colocados no couro cabeludo, que podem modular a excitabilidade cortical e resultar em alternâncias fisiológicas e comportamentais para melhorar o desempenho funcional.[10,11] Foi demonstrado que a estimulação anódica produz um efeito excitatório sobre o córtex cerebral subjacente ao despolarizar neurônios, enquanto a estimulação catódica induz a hiperpolarização dos neurônios subjacentes, principalmente ao afetar o potencial de membrana em repouso.[12,13] Evidências recentes demonstraram o benefício da ETCC no aprendizado motor, controle postural, marcha e memória de trabalho.[14–19]

O presente estudo tem como objetivo investigar comparativamente os efeitos terapêuticos da TRV isolada e em combinação com a ETCC nas disfunções vestibulares em pacientes idosos. A principal hipótese é que a combinação TRV-ETCC poderia levar a um efeito terapêutico maior do que a TRV isolada. A principal hipótese é que o protocolo combinado de TRV-ETCC resulta em uma maior melhoria no desempenho do equilíbrio em comparação com a abordagem que usa TRV isolada em pacientes idosos com disfunção vestibular. A suposição subjacente é que a ETCC prepararia o sistema nervoso central e, assim, criaria um efeito de aprendizagem mais forte e mais rápido para a adaptação aos déficits vestibulares.

## Método

### Participantes

Participaram deste estudo 36 idosos com disfunção vestibular crônica, tratados através de um programa de reabilitação vestibular personalizado. Todos os pacientes sofriam de vertigem resistente aos medicamentos e crônica (mais de 2 anos). Os pacientes tiveram um período de pelo menos duas semanas de eliminação da medicação antes da primeira sessão de terapia. O diagnóstico de disfunção vestibular foi baseado na história clínica detalhada, teste do impulso cefálico por vídeo (VHIT), videonistagmografia (VNG), inclusive testes de posicionamento/posicionais, prova calórica bitérmica e teste oculomotor e testes de potencial evocado miogênico vestibular cervical (c-VEMP). Os critérios de inclusão consistiram em grupo etário de 65 a 80 anos, diagnóstico de disfunção vestibular crônica e visão normal ou corrigida para normal com ajuda opcional. Indivíduos com histórico de disfunção vestibular aguda e recorrente, uso de medicamentos com potenciais efeitos adversos vestibulares, trauma cerebral, implantes metálicos na cabeça ou pescoço próximo ao local de estimulação, limitações ortopédicas que interfeririam no estudo, presença de quaisquer transtornos psiquiátricos e convulsões epilépticas foram excluídos.

Todos os procedimentos experimentais deste estudo foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa local (registro nº IR.AJUMS.REC.1399.327), os quais estavam de acordo com os padrões éticos da Declaração de Helsinque

**Tabela 1** Comparação das características demográficas dos participantes entre os grupos TRV-ETCC (n = 18) e TRV isolada (n = 18)

| Variável | Grupo | | *p*-valor | Teste |
|---|---|---|---|---|
| | TRV | TRV-ETCC | | |
| Idade (anos) | 71,33 ± 6,16[a] | 72,11 ± 5,09[a] | $t = 0,45$; $p = 0,65$ | Teste *t* de amostra independente |
| Duração da tontura (anos) | 3,94 ± 1,21[a] | 4,50 ± 2,03[a] | $t = 0,99$; $p = 0,32$ | Teste *t* de amostra independente |
| Sexo | 11 M; 7 F | 10 M; 8 F | $X^2 = 25,9$; $p = 0,735$ | Qui-quadrado |

TRV, terapia de reabilitação vestibular; TRV-ETCC, terapia de reabilitação vestibular com estimulação transcraniana de corrente contínua.
[a] Valores expressos em média ± DP ou n (%).

(1964). Após a inscrição e antes do início dos procedimentos experimentais, os pesquisadores explicaram claramente aos participantes os objetivos, possíveis benefícios e efeitos colaterais do estudo. Todos os pacientes assinaram um termo de consentimento informado antes de sua participação no estudo.

## Protocolo de estudo

Com o uso de um desenho duplo-cego, randomizado e controlado, os pacientes elegíveis foram aleatoriamente designados para tratamento com TRV-ETCC (combinação de TRV e ETCC) ou ''TRV isolada'' pelos coordenadores do estudo. Ambos os grupos foram pareados em idade, sexo e tempo de doença (tabela 1). O fluxograma CONSORT do estudo é apresentado na figura 1. Para reduzir o viés de procedimento e o subjetivo, os pacientes e os pesquisadores foram cegados para o tipo de protocolo. Apenas o médico que conduziu o procedimento de ETCC e o médico que fez a randomização estavam cientes das informações do grupo.

## Terapia de reabilitação vestibular

Os exercícios vestibulares foram administrados a cada paciente de acordo com a queixa do mesmo e as limitações funcionais percebidas estabelecidas nos exames de anamnese. Todos os pacientes foram tratados por 3 semanas através de um plano de reabilitação vestibular escalonado. Durante as duas primeiras semanas, o paciente participou de uma série de sessões de exercícios de 25 a 30 minutos, 6 dias por semana (total de 12 sessões). Em seguida, o paciente continuou a fazer os exercícios de TRV em casa, com planos e instruções de exercícios domiciliares por escrito, diariamente, na última semana.

O programa de terapia consistia em exercícios de ''habituação'' e ''adaptação'' em combinação com exercícios de marcha. Durante o treinamento de ''habituação'', a cabeça era movida para o lado esquerdo e o direito, enquanto os olhos eram mantidos fixos em um alvo específico. Para a feitura dos exercícios de ''adaptação'' foram identificados os movimentos que provocavam os sintomas do paciente e o paciente fez esses exercícios até que não respondesse mais adversamente aos estímulos. Os exercícios de ''marcha'' também foram feitos para melhorar a estabilidade postural através do aprimoramento das posturas estáticas e dinâmicas. No estudo atual, a caminhada foi iniciada em superfícies planas e depois prosseguiu em superfícies irregulares. A dificuldade da tarefa foi subsequentemente aumentada pela adição de rotações da cabeça na forma de movimentos de agitação da cabeça para a direita e para a esquerda ao caminhar sobre uma superfície dura.

## Estimulação transcraniana por corrente contínua

A ETCC foi aplicada através de dois eletrodos embutidos em um par de esponjas embebidas em solução salina (35 $cm^2$) e administradas através de um estimulador de CC movido a bateria (sistema OASIS Pro™, Canadá). O sistema de posicionamento de eletrodos de eletroencefalograma 10-20 foi usado para determinar o local dos eletrodos. Ambos os eletrodos (ânodo e cátodo) foram colocados sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (DLPFC) direito (F4) e esquerdo (F3) e durante a estimulação a impedância dos eletrodos foi mantida consistentemente abaixo de 3 kΩ (fig. 2). Em cada sessão de ETCC, uma corrente de 2 mA foi fornecida por 20 minutos. A estimulação foi aplicada em 6 dias de semana consecutivos durante um período de 3 semanas (18 sessões no total).

## Avaliação clínica

O desfecho primário foi a alternância no impacto da tontura na função do dia a dia e na qualidade de vida, a qual foi medida com a versão em persa do *dizziness handicap inventory* (DHI). O DHI é composto por 25 questões de autoavaliação para mensurar os domínios físico (7 itens), emocional (9 itens) e funcional (9 itens) da deficiência relacionada aos distúrbios vestibulares. Cada item oferece uma escolha de 3 respostas: ''não'' (0 pontos), ''às vezes'' (2 pontos) ou ''sim'' (4 pontos). Os escores do DHI variam de 0 a 100, nos quais 0 corresponde a ''sem deficiência'' e 100 corresponde à ''maior deficiência autopercebida''. Os sintomas foram categorizados como leves, moderados ou graves quando os escores do DHI variavam de 0-30, 31-60 e 61-100, respectivamente.

Os desfechos subjetivos secundários incluíram a escala *activities-specific balance confidence* (ABC). A ABC é um questionário de autorrelato que fornece informações sobre a confiança no equilíbrio durante a feitura de diversas atividades diárias sem perda de equilíbrio e medo de cair. A escala ABC consiste em 16 itens cujo escore varia em uma faixa de 0% a 100% de confiança (0 indica nenhuma confiança e 100 indica confiança total).

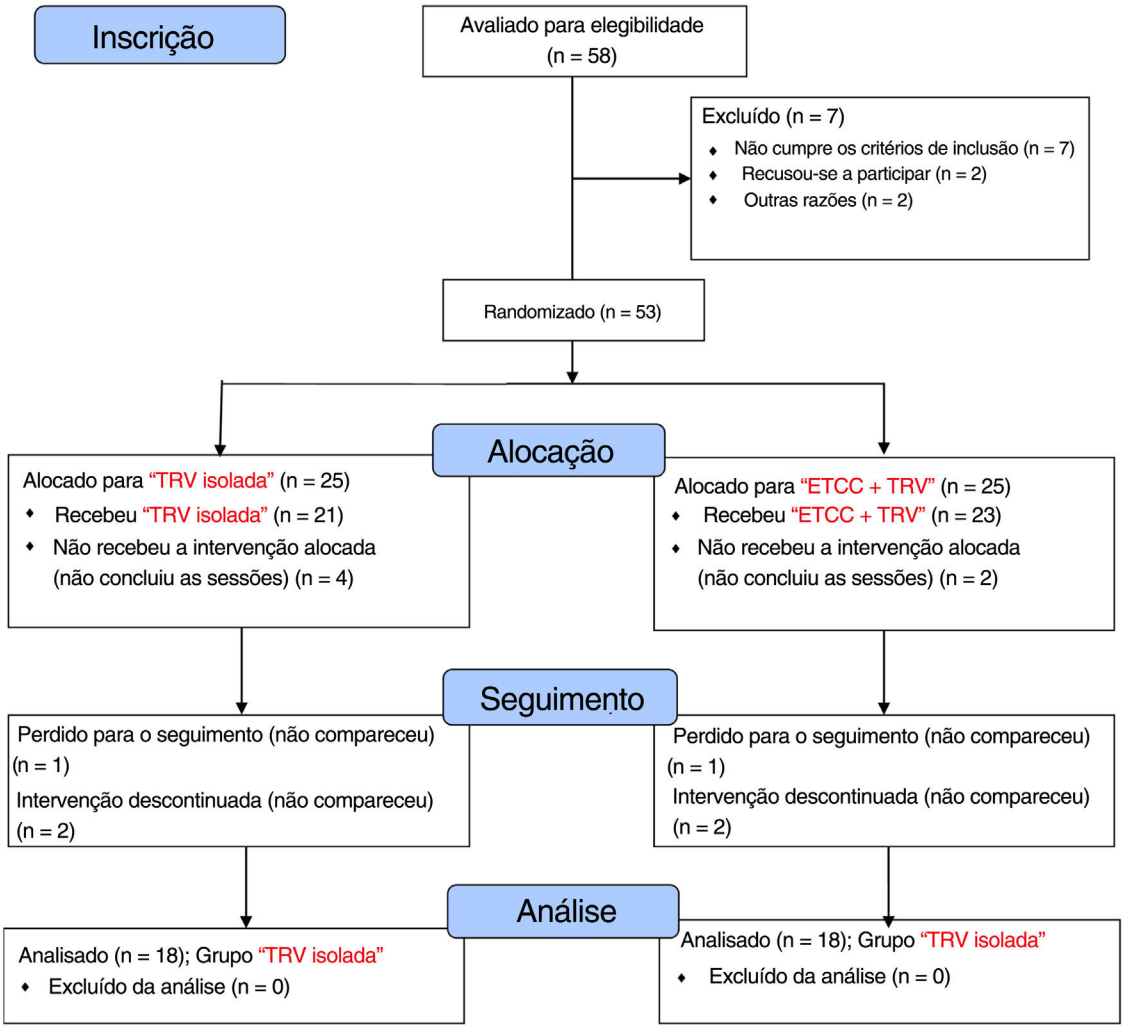


**Figura 1** Fluxograma CONSORT do estudo. TRV, Terapia de reabilitação vestibular; ETCC, estimulação transcraniana por corrente contínua.

O *Beck anxiety inventory* (BAI) também foi usado para avaliar a ansiedade relacionada aos distúrbios vestibulares nas fases pré e pós-intervenção. O questionário BAI consiste em 21 itens classificados em uma escala Likert de 4 pontos que varia de 0 (nenhum) a 3 (gravemente). Assim, o escore total passa a ter um valor mínimo de 0 e um máximo de 63. Um escore menor do BAI indica um menor nível de ansiedade relacionada à tontura.

As escalas DHI, BAI e ABC foram avaliadas antes da primeira sessão de TRV, após uma semana, 2 semanas e 3 semanas de seguimento em ambos os grupos.

## Análise estatística

O desfecho primário deste estudo foi o escore do DHI e as medidas de desfecho secundário foram os escores das escalas ABC e BAI. Para dados nominais (por exemplo, gênero), testes de qui-quadrado foram usados para comparar os grupos ''TRV-ETCC'' e ''TRV isolada''. Testes *t* de amostras independentes também foram usados para determinar se as medidas basais individuais (DHI, BAI e ABC) diferiam entre os grupos. Antes de conduzir os testes *t*, foi usado o teste de Levene para igualdade de variâncias. O teste de Levene não foi violado, o que indica a suposição da igualdade de variâncias. O teste ANOVA de medidas repetidas (RM-ANOVA) de efeitos mistos com fator interno do sujeito tempo e o fator entre sujeitos foi feito para avaliar as mudanças nas escalas DHI, ABC e (DHI, BAI e ABC). Para os testes ANOVA, a esfericidade foi testada com o teste de Mauchly e, em caso de violação do teste de Mauchly, a correção Greenhouse-Geisser foi aplicada. Em caso de efeitos significativos, os testes *t post hoc* de seguimento foram feitos, com ajustes de diferença menos significativa (LSD) para comparações múltiplas para examinar se a ETCC causou uma diferença significativa em relação à ''TRV isolada'' ou linha de base. Todos os testes estatísticos foram feitos com o *software* SPSS 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). O valor de $p < 0,05$ foi definido como estatisticamente significativo para todas as estatísticas inferenciais.

## Resultados

A média de idade dos participantes era de 71,17 anos e a razão mulher/homem era de 15:21. Dos 36 pacientes, 17

**Figura 2** Configuração dos eletrodos de ETCC.

foram diagnosticados com vertigem posicional paroxística benigna (VPPB), 13 com doença de Ménière e 6 com enxaqueca vestibular.

As informações demográficas e as características clínicas basais dos participantes não diferiram significativamente entre os grupos ''TRV-ETCC'' e ''TRV isolada'' (tabela 2). O teste do qui-quadrado mostrou uma proporção semelhante de homens e mulheres nos dois grupos ($X^2$ = 0,78, $p$ = 0,55) e que a duração da tontura foi proporcional entre os grupos ($p$ = 0,56). Além disso, as medidas de desfecho primário e secundário basais não diferiram significativamente entre os dois grupos (tabela 3).

Para o parâmetro de desfecho primário, DHI, o teste RM-ANOVA mostrou um efeito principal significativo de ''tempo'' (F = 114,179, $p$ < 0,001) e ''estimulação'' (F = 5,012, $p$ < 0,032), mas não para o efeito de interação estimulação x tempo (F = 0,549, $p$ = 0,651). Essa análise não revelou efeito significativo para o efeito de interação ''duração da doença'' ($p$ = 0,034) ou ''tempo'' x ''duração da doença'' ($p$ = 0,245). As comparações *post hoc* dos grupos TRV-ETCC e TRV isolada revelaram que a ETCC resultou em uma diferença significante nos escores de DHI em todos os pontos de tempo entre os dois grupos. O teste ANOVA de uma via consecutivo revelou um efeito significativo de ''tempo'' ($p$ < 0,001) no grupo combinado TRV-ETCC.

Em relação à mudança de escores na escala ABC, não houve diferença significante nos escores entre os grupos ''TRV-ETCC'' e ''TRV isolada'' antes da ETCC (teste $t$ de amostras independentes, $p$ = 0,891). O teste RM-ANOVA exibiu um efeito principal significativo de ''tempo'' (F = 1145,65, $p$ < 0,001), ''estimulação'' (F = 6,113, $p$ = 0,019) e interação ''tempo x estimulação'' (F = 5,181, $p$ = 0,002). Não houve efeito principal significativo de ''duração da doença'' ($p$ = 0,083) nem ''duração da doença x tempo'' ($p$ = 0,123).

Em relação ao escore BAI, observamos um efeito principal significante de ''tempo'' (F = 182,76, $p$ < 0,001), mas nenhuma evidência para interação ''tempo x estimulação'' (F = 1,501, $p$ = 0,219) e estimulação (F = 1,790, $p$ = 0,191) indicouo que não há diferença consistente entre os grupos ''TRV-ETCC'' e ''TRV isolada'' em todos os pontos de tempo (tabela 4).

### Efeitos adversos da ETCC

Projetamos um formulário personalizado para avaliar os efeitos adversos da ETCC.[20] Nossos resultados mostraram que o prurido foi o efeito adverso mais frequentemente relatado em ambos os grupos ''TRV-ETCC'' em 23 pacientes (79,3%) e ''TRV isolada'' em 8 (53,3%), seguido por cefaleia e fadiga (tabela 5). No entanto, não encontramos diferença significativa na frequência de vários efeitos adversos da ETCC entre os dois grupos (teste do qui-quadrado, $p$ > 0,05). Nenhum dos pacientes relatou formigamento, irritação na pele ou fisgada no local de contato da ETCC.

## Discussão

Este estudo investigou comparativamente a eficácia da combinação de TRV-ETCC e TRV isolada na melhoria das funções de equilíbrio e dos sintomas de disfunção vestibular em pacientes idosos. O distúrbio da função do equilíbrio em idosos é um problema de saúde pública muito sério do ponto de vista clínico e econômico. Sua prevalência atinge 30% em idosos com mais de 60 anos. Pessoas com 65 anos ou mais têm maior risco de queda. Evidências recentes mostraram que a queda em pessoas idosas pode não apenas resultar em lesões graves ou morte, mas também pode levar ao aumento da

**Tabela 2** Comparação das medidas de desfechos primário e secundário basal entre os grupos TRV-ETCC (n = 18) e TRV isolada (n = 18)

| Variável | TRV[a] | TRV-ETCC[a] | p-valor | Teste |
|---|---|---|---|---|
| DHI | 45,44 ± 8,140 | 44,01 ± 7,577 | $t$ = -0,55; $p$ = 0,585 | Teste $t$ de amostra independente |
| BAI | 24,89 ± 2,518 | 25,28 ± 3,140 | $t$ = 0,41; $p$ = 0,389 | |
| ABC | 54,44 ± 5,596 | 53,78 ± 6,208 | $t$ = -0,33; $p$ = 0,073 | |

TRV, Terapia de reabilitação vestibular; ABC, *Activities-specific balance confidence; BAI, Beck anxiety inventory; DHI, Dizziness handicap inventory*.
[a] Valores expressos em média ± DP.

**Tabela 3** Resultados em questionários de autorrelato nas sessões de terapia basal e final para os grupos TRV-ETCC (n = 18) e TRV isolada (n = 18)

| Medida | Pré-tratamento[a] | Pós-tratamento[a] | *p*-valor |
|---|---|---|---|
| *DHI* | | | |
| TRV | 45,44 ± 8,14 | 23,01 ± 9,84 | < 0,001 |
| TRV-ETCC | 44,01 ± 7,57 | 18,22 ± 4,16 | < 0,001 |
| *BAI* | | | |
| TRV | 24,89 ± 2,51 | 16,56 ± 3,82 | < 0,001 |
| TRV-ETCC | 25,28 ± 3,14 | 14,39 ± 4,23 | 0,008 |
| *ABC* | | | |
| TRV | 54,44 ± 5,59 | 71,89 ± 4,31 | < 0,001 |
| TRV-ETCC | 53,78 ± 6,21 | 79,11 ± 7,42 | < 0,001 |

TRV, terapia de reabilitação vestibular; ABC, *Activities-specific balance confidence*; BAI, *Beck anxiety inventory*; DHI, *Dizziness handicap inventory*; TRV-ETCC, terapia de reabilitação vestibular com estimulação transcraniana de corrente contínua.
[a] Valores expressos em média ± DP.

**Tabela 4** Resultados do teste ANOVA para medidas repetidas conduzido para as escalas DHI, ABC e BAI em diferentes intervalos de tempo (em todos os 4 pontos no tempo)

| Medida | Fonte | df | F | Sig. | $n^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| DHI | Tempo | 3 | 114,17 | < 0,001 | 0,771 |
| | Tempo * Estímulo | 3 | 0,549 | 0,651 | 0,016 |
| | Estímulo | 1 | 5,012 | 0,032 | 0,128 |
| ABC | Tempo | 3 | 1145,65 | < 0,001 | 0,811 |
| | Tempo * Estímulo | 3 | 5,181 | 0,002 | 0,132 |
| | Estímulo | 1 | 6,113 | 0,019 | 0,154 |
| BAI | Tempo | 3 | 182,76 | < 0,001 | 0,843 |
| | Tempo * Estímulo | 3 | 1,501 | 0,219 | 0,042 |
| | Estímulo | 1 | 1,790 | 0,191 | 0,051 |

BAI, *Beck anxiety inventory*; ABC, *Activities-specific balance confidence*, DHI, *Dizziness handicap inventory*.

**Tabela 5** Número de pacientes que experimentaram efeitos adversos da ETCC especificados nos grupos ''ETCC em combinação com TRV'' e ''TRV isolada''

| Efeito adverso | Grupo ''TRV + ETCC'' (n = 18) | | Grupo ''TRV isolada'' (n = 18) | | *p*-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| | Intensidade leve | Intensidade moderada | Intensidade leve | Intensidade moderada | |
| Prurido | 5 | 2 | 3 | 2 | 0,687 |
| Fadiga | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,750 |
| Dor de cabeça | 2 | 2 | 2 | 1 | 0,526 |

TRV, Terapia de reabilitação vestibular; ETCC, Estimulação transcraniana por corrente contínua.

depressão e ansiedade e redução da qualidade de vida.[21,22] Foi demonstrado que o número de células ciliadas vestibulares está reduzida em adultos mais velhos em comparação com adultos mais jovens. Entretanto, a redução das células ciliadas sensoriais não é uniforme em todo o sistema vestibular periférico. Os canais semicirculares experimentam um declínio de aproximadamente 40% nas células ciliadas, enquanto os otólitos (sáculo e utrículo) perdem aproximadamente 25% de suas células ciliadas com o aumento da idade.

Além disso, as células sensoriais utriculares são mais suscetíveis à degeneração relacionada à idade do que as células ciliadas saculares.[23] O tamanho e o número das fibras nervosas vestibulares também diminui com o aumento da idade, começa por volta dos 40 anos. Menos células sensoriais vestibulares e vias neurais levam a uma diminuição relacionada à idade nos sinais aferentes vestibulares para o sistema nervoso vestibular central. Também há uma redução associada no número de células cerebelares que contribuem para a modulação das aferências vestibulares.[23–25]

A TRV tem sido recomendada como uma opção terapêutica benéfica no tratamento de idosos com déficits vestibulares descompensados crônicos.[26–28] Vários estudos demonstraram que a TRV pode melhorar a estabilidade postural, a autoconfiança e a qualidade de vida, bem como reduzir os sintomas de estresse emocional, depressão e

ansiedade.[29–31] Os resultados do presente estudo mostraram que os exercícios de adaptação e habituação em combinação com os exercícios de ETCC melhoraram rapidamente os sintomas, a incapacidade relacionada à tontura e a confiança no equilíbrio em idosos com distúrbio vestibular crônico. Postula-se que exercícios de adaptação, que consistem em movimentos repetidos da cabeça e dos olhos, podem ajudar o sistema nervoso vestibular central através do rearranjo da rede do reflexo vestíbulo-ocular (RVO). Os exercícios de habituação (compensatórios) promovem o processo de compensação vestibular através de movimentos repetitivos ou estímulos provocadores.[32]

O objetivo principal deste estudo foi identificar se a combinada TRV-ETCC, em comparação com a TRV isolada, resulta em maior melhoria da tontura e da função do equilíbrio em pacientes idosos com disfunção vestibular crônica. Durante a última década, a ETCC foi amplamente usada em diferentes distúrbios neurológicos e neurocognitivos, com resultados promissores em vários distúrbios, inclusive depressão, zumbido, doença de Alzheimer, distúrbio de déficit de atenção e hiperatividade, reabilitação de AVC, bem como para melhorar as funções cognitivas em indivíduos saudáveis.[33–35] Usamos a ETCC bifrontal (ânodo/cátodo sobre o córtex pré-frontal dorsolateral direito/esquerdo ou DLPFC) para melhorar os sintomas vestibulares. Estudos anteriores demonstraram que a ETCC bifrontal pode reduzir o impulso periférico através da modulação de correlatos neurais da função de equilíbrio em vários níveis do sistema vestibular central, provavelmente através de um mecanismo 'de cima para baixo'.[36,37]

Observamos que os escores totais do DHI nas fases pós-tratamento foram significativamente reduzidos em comparação com os escores basais em ambos os grupos. Essa redução foi mais pronunciada no grupo ''TRV e ETCC'' em comparação com o grupo ''TRV isolada'', sugere que a ETCC multissessão é um método benéfico para o tratamento de disfunções vestibulares na população idosa. O efeito positivo da ETCC bifrontal nos sintomas vestibulares em idosos pode ser atribuído ao aumento da excitabilidade do córtex pré-frontal direito e diminuição da excitabilidade do córtex pré-frontal esquerdo considerando os locais dos eletrodos anódicos e catódicos. A área DLPFC está envolvida na atenção, memória de trabalho e função cognitiva. Além disso, a área DLPFC desempenha um papel fundamental na marcha, estabilidade postural e planejamento motor.[38,39] Parece que a estimulação da ETCC sobre a área DLPFC pode preparar o sistema vestibular central durante a intervenção terapêutica, fornece o potencial para aumentar a plasticidade sináptica e aliviar os sintomas vestibulares crônicos.

Em um estudo semelhante, Koganemaru et al.[17] investigaram os resultados do tratamento de TRV combinada com a estimulação transcraniana cerebelar por corrente contínua (ETCCC) em pacientes (n = 16) com tontura crônica devido à disfunção vestibular. Entretanto, ao contrário do nosso estudo, eles usaram a ETCC sobre o cerebelo, parcialmente combinada com a TRV, na qual os pacientes receberam TRV simultaneamente com ETCC real de 20 minutos (2 mA) ou estimulação simulada (*sham*) por 5 dias. Os escores do DHI no grupo ETCC mostraram melhoria significativa em relação aos do grupo *sham*. Seus resultados também demonstraram que a combinação de TRV-ETCC parece ser uma abordagem terapêutica promissora na melhoria da tontura crônica devido à disfunção vestibular.

Arshad et al.[40] investigaram os efeitos da ETCC catódica esquerda sobre o córtex parietal na modulação da função vestibular para avaliar se as assimetrias induzidas pela ETCC na excitabilidade parietal modulariam a função vestibular. Eles objetivaram compreender o papel do equilíbrio parietal inter-hemisférico no processamento vestibular. Eles relataram que a ETCC catódica esquerda sobre o córtex parietal leva a uma modulação assimétrica de RVO. O RVO é um componente importante para a estabilização do olhar durante distúrbios na cabeça e é criado por uma combinação de entradas de velocidade vestibular e retiniana. Apesar da contribuição significativa dos centros do tronco cerebral no RVO, a integração de ordem superior das entradas visuovestibulares pode ser crítica para a percepção consciente da posição do corpo no espaço e, potencialmente, para regular reflexos como o RVO. Os achados deste estudo mostraram que a ETCC catódica sobre o córtex parietal esquerdo poderia perturbar o equilíbrio parietal através da inibição do hemisfério esquerdo em indivíduos destros, o que resultou em uma supressão assimétrica do RVO. Isso implica que o hemisfério direito é dominante para o processamento cortical vestibular. Portanto, a ETCC em regiões cerebrais apropriadas pode ser explorada para modular as funções de processamento vestibular.

De Moura et al.[41] conduziram uma revisão sistemática e metanálise de trinta estudos sobre a eficácia da ETCC no controle postural para identificar sua eficácia, as áreas cerebrais-alvo mais benéficas e o efeito em diferentes populações. Seus achados mostraram que a ETCC pode melhorar significativamente o controle de equilíbrio observado como uma redução na área de deslocamento do centro de pressão (CDP). Os efeitos da ETCC foram maiores em indivíduos com paralisia cerebral (PC) e adultos jovens saudáveis. As regiões mais comuns de estimulação foram o córtex motor primário (M1), córtex pré-frontal e cerebelo. A análise dos efeitos da ETCC sobre diferentes áreas do cérebro mostrou que a estimulação sobre o M1 resultou no efeito mais significativo. Entretanto, para o cerebelo e o córtex pré-frontal, os achados foram divergentes. Eles concluíram que a ETCC poderia melhorar o controle do equilíbrio e os impactos são mais evidentes em indivíduos saudáveis e com PC. Os efeitos terapêuticos foram significativos quando a ETCC é aplicada sobre o córtex motor primário.[41]

Nossos resultados também revelaram uma melhoria na confiança do equilíbrio para atividades diárias (escores ABC) após exercícios de TRV ao longo do tempo. Foi indicado que a ETCC pode regular a ativação pré-motora do córtex cerebral durante um curso terapêutico e tem efeitos positivos no desempenho funcional e no equilíbrio das extremidades inferiores em adultos saudáveis.[42]

As disfunções vestibulares em idosos podem levar a vários problemas psicológicos, inclusive ansiedade, depressão ou estresse emocional. Antes de iniciar um programa de TRV, a maioria dos nossos pacientes apresentava escores na escala BAI correspondentes a um baixo grau de ansiedade. Nossos resultados exibiram um escore significativamente reduzido para os valores pós-tratamento na BAI em comparação com os valores basais em ambos os grupos de estudo. Nossos resultados demonstram que a TRV é eficaz no tratamento de

distúrbios vestibulares em indivíduos com sintomas de sofrimento psíquico, como a ansiedade. Vários estudos relataram que a ETCC melhora o controle cognitivo sobre estímulos negativos, como depressão e sintomas de transtornos psiquiátricos, como a ansiedade. Existe a hipótese de que a ETCC bifrontal sobre o DLPFC é capaz de modular os sintomas de tontura através do fortalecimento do controle cognitivo sobre as redes neurais fronto-límbicas.[43,44] No entanto, nenhuma diferença significativa foi observada entre os grupos com relação aos dados da BAI em diferentes pontos de tempo.

Os resultados deste estudo também mostraram que a ETCC multissessão é uma opção segura de tratamento para déficits vestibulares crônicos. As sessões repetidas de ETCC foram bem toleradas por todos os pacientes no estudo e nenhum dos pacientes relatou irritação na pele ou outros efeitos adversos para interromper o exame.

## Conclusão

Esses achados sugerem que a aplicação de ETCC sobre o DLPFC pode ser uma abordagem prática de neuromodulação para reduzir os sintomas vestibulares em pacientes idosos. Nossos resultados indicaram que a terapia de reabilitação vestibular, em combinação com a ETCC, resultou em melhoria rápida na deficiência relacionada à tontura e confiança no equilíbrio em indivíduos com distúrbio vestibular crônico.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências


1. Swift CG, Iliffe S. Assessment and prevention of falls in older people – concise guidance. Clin Med. (Lond). 2014;14:658–62.
2. Arshad Q, Seemungal BM. Age-related vestibular loss: current understanding and future research directions. Front Neurol. 2016;7:231.
3. Serrador JM, Deegan BM, Geraghty MC, Wood SJ. Enhancing vestibular function in the elderly with imperceptible electrical stimulation. Sci Rep. 2018;8:336.
4. Rossi-Izquierdo M, Gayoso-Diz P, Santos-Pérez S, Del-Río-Valeiras M, Faraldo-García A, Vaamonde-Sánchez-Andrade I, et al. Prognostic factors that modify outcomes of vestibular rehabilitation in elderly patients with falls. Aging Clin Exp Res. 2020;32:223–8.
5. Eleftheriadou A, Skalidi N, Velegrakis GA. Vestibular rehabilitation strategies and factors that affect the outcome. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2012;269:2309–16.
6. Herdman SJ. Vestibular rehabilitation. Curr Opin Neurol. 2013;26:96–101.
7. Bayat A, Pourbakht A, Saki N, Zainun Z, Nikakhlagh S, Mirmomeni G. Vestibular rehabilitation outcomes in the elderly with chronic vestibular dysfunction. Iran Red Crescent Med J. 2012;4:705–8.
8. Dunlap PM, Holmberg JM, Whitney SL. Vestibular rehabilitation: advances in peripheral and central vestibular disorders. Curr Opin Neurol. 2019;32:137–44.
9. Rossi-Izquierdo M, Gayoso-Diz P, Santos-Pérez S, Del-Río-Valeiras M, Faraldo-García A, Vaamonde-Sánchez-Andrade I. Short-term effectiveness of vestibular rehabilitation in elderly patients with postural instability: a randomized clinical trial. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2017;274:2395–403.
10. Bayat A, Mayo M, Rashidi S, Saki N, Yadollahpour A. Repeated sessions of bilateral transcranial direct current stimulation on intractable tinnitus: a study protocol for a double-blind randomized controlled trial. F1000Res. 2018;7:317.
11. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. Brain Stimul. 2008;1:206–23.
12. Shekhawat GS, Vanneste S. Optimization of transcranial direct current stimulation of dorsolateral prefrontal cortex for tinnitus: a non-linear dose-response effect. Sci Rep. 2018;8:8311.
13. Giordano J, Bikson M, Kappenman ES, Clark VP, Coslett HB, Hamblin MR, et al. Mechanisms and effects of transcranial direct current stimulation. Dose Response. 2017;15, 1559325816685467.
14. Roche N, Geiger M, Bussel B. Mechanisms underlying transcranial direct current stimulation in rehabilitation. Ann Phys Rehabil Med. 2015;58:214–9.
15. de Moura MCDS, Hazime FA, Marotti Aparicio LV, Grecco LAC, Brunoni AR, Hasue RH. Effects of transcranial direct current stimulation (ETCC) on balance improvement: a systematic review and meta-analysis. Somatosen Mot Res. 2019;36:122–35.
16. Kumari N, Taylor D, Signal N. The effect of cerebellar transcranial direct current stimulation on motor learning: a systematic review of randomized controlled trials. Front Hum Neurosci. 2019;13:328.
17. Koganemaru S, Goto F, Arai M, Toshikuni K, Hosoya M, Wakabayashi T, et al. Effects of vestibular rehabilitation combined with transcranial cerebellar direct current stimulation in patients with chronic dizziness: an exploratory study. Brain Stimul. 2017;10:576–8.
18. Poreisz C, Boros K, Antal A, Paulus W. Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. Brain Res Bull. 2007;72:208–14.
19. Paulus W. Transcranial direct current stimulation (TDCS). Suppl Clin Neurophysiol. 2003;56:249–54.
20. Yadollahpour A, Mayo M, Saki N, Rashidi S, Bayat A. A chronic protocol of bilateral transcranial direct current stimulation over auditory cortex for tinnitus treatment: dataset from a double-blinded randomized controlled trial. F1000Res. 2018;7:733.
21. Tricco AC, Thomas SM, Veroniki AA, Hamid JS, Cogo E, Strifler L, et al. Comparisons of interventions for preventing falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. JAMA. 2017;318:1687–99.
22. Ekvall Hansson E, Magnusson M. Vestibular asymmetry predicts falls among elderly patients with multi-sensory dizziness. BMC Geriatr. 2013;13:77.
23. Anson E, Jeka J. Perspectives on aging vestibular function. Front Neurol. 2016;6:269.
24. Park JJ, Tang Y, Lopez I, Ishiyama A. Age-related change in the number of neurons in the human vestibular ganglion. J Comp Neurol. 2001;431:437–43.
25. Andersen BB, Gundersen HJG, Pakkenberg B. Aging of the human cerebellum: a stereological study. J Comp Neurol. 2003;466:356–65.
26. Han BI, Song HS, Kim JS. Vestibular rehabilitation therapy: review of indications, mechanisms, and key exercises. J Clin Neurol. 2011;7:184–96.
27. Balaban CD, Hoffer ME, Gottshall KR. Top-down approach to vestibular compensation: translational lessons from vestibular rehabilitation. Brain Res. 2012;1482:101–11.
28. Jahn K, Lopez C, Zwergal A, Zur O, Cakrt O, Kellerer S, et al. Vestibular rehabilitation therapy in Europe: chances and challenges. J Neurol. 2019;266:9–10.
29. Sherrington C, Fairhall NJ, Wallbank GK, Tiedemann A, Michaleff ZA, Howard K, et al. Exercise for preventing falls in older

people living in the community. Cochrane Database Syst Rev. 2019;1:CD012424.
30. Avin KG, Hanke TA, Kirk-Sanchez N, McDonough CM, Shubert TE, Hardage J, et al. Management of falls in community-dwelling older adults: clinical guidance statement from the Academy of Geriatric Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. Phys Ther. 2015;95:815–34.
31. Geraghty AWA, Essery R, Kirby S, Stuart B, Turner D, Little P, et al. Internet-based vestibular rehabilitation for older adults with chronic dizziness: a randomized controlled trial in primary care. Ann Family Med. 2017;15:209–16.
32. Alrwaily M, Whitney SL. Vestibular rehabilitation of older adults with dizziness. Otolaryngol Clin North Am. 2011;44:473–96.
33. Paulo SB, Roberta F, Sergio PR, Priscila C, Michael N, et al. Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. J. Neurol Sci. 2006;249:31–8.
34. Cosmo C, Baptista AF, de Araujo AN, do Rosario RS, Miranda JGV, Montoya P, et al. A randomized, double-blind, sham-controlled trial of transcranial direct current stimulation in attention-deficit/hyperactivity disorder. PLoS One. 2015;10:e0135371.
35. Knechtel L, Thienel R, Schall U. Transcranial direct current stimulation: neurophysiology and clinical applications. Neuropsychiatry. 2013;3:89–96.
36. Merzagora AC, Foffani G, Panyavin I, Mordillo-Mateos L, Aguilar J, Onaral B, et al. Prefrontal hemodynamic changes produced by anodal direct current stimulation. Neuroimage. 2010;49:2304–10.
37. Fritsch B, Reis J, Martinowich K, Schambra HM, Ji Y, Cohen LG, et al. Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning. Neuron. 2010;66:198–204.
38. Forogh B, Madani SP, Rafiei M, Motamed MR, Sajadi S. Effect of repeated sessions of transcranial direct current stimulation on functional balance in Parkinson's disease: a pilot randomized controlled study. J Neurol Neurosci. 2018;9:250.
39. Chan RCK, Shum D, Toulopoulou T, Chen EYH. Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. Arch Clin Neuropsychol. 2008;23:201–16.
40. Arshad Q, Nigmatullina Y, Roberts RE, Bhrugubanda V, Asavarut P, Bronstein AM. Left cathodal trans-cranial direct current stimulation of the parietal cortex leads to an asymmetrical modulation of the vestibular-ocular reflex. Brain Stimul. 2014;7:85–91.
41. de Moura MCDS, Hazime FA, Marotti Aparicio LV, Grecco LAC, Brunoni AR, Hasue RH. Effects of transcranial direct current stimulation (ETCC) on balance improvement: a systematic review and meta-analysis. Somatosens Mot Res. 2019;36:122–35.
42. Lee YS, Yang HS, Jeong CJ. The effects of transcranial direct current stimulation on functional movement performance and balance of the lower extremities. J Phys Ther Sci. 2012;24:1215–8.
43. Palm U, Hasan A, Strube W, Padberg F. tDCS for the treatment of depression: a comprehensive review. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci. 2016;266:681–94.
44. Shiozawa P, Leiva AP, Castro C, da Silva D, Cordeiro ME, Fregni Q, et al. Transcranial direct current stimulation for generalized anxiety disorder: a case study. Biol Psychiatry. 2014;75:e17–8.