

Exercício e tDCS na variabilidade cardíaca e nível de cortisol na fibromialgia

Exercise and tDCS on heart rate variability and cortisol levels in fibromyalgia

Ejercicio y tDCS en la variabilidad de la frecuencia cardíaca y niveles de cortisol en la fibromialgia

Hian Wellington santos Vasques¹, Eduardo Henrique Loret²

1. Fisioterapeuta. Centro Universitário da Grande Dourados. Dourados-MS, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-6614-5951>

2. Professor, Doutor em Ciências da Saúde, Departamento de Fisioterapia no Centro Universitário da Grande Dourados. Dourados-MS, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7821-1145>

Resumo

Objetivo. Analisar e descrever os efeitos do exercício físico associado à estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), aplicada sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (DLPFC) com intensidade de 2mA, na dosagem de serotonina, cortisol salivar e nas características clínicas de uma participante com fibromialgia. **Método.** Foi realizado um estudo com delineamento de sujeito único (single-subject design), com protocolo "A-B-C", subdividido em 6 semanas. O protocolo "A" correspondeu a duas semanas de exercício aeróbico por 30 minutos; o protocolo "B", a duas semanas de exercício aeróbico por 30 minutos associado à tDCS ativa nos primeiros 20 minutos; e o protocolo "C", a duas semanas de exercício aeróbico por 30 minutos associado à tDCS sham. A participante foi avaliada no início e ao final de cada protocolo por meio da escala COMPASS 21, da variabilidade da frequência cardíaca e do nível de cortisol salivar. **Resultados.** No protocolo B, foram observados melhores resultados na modulação do sistema nervoso autônomo e nos níveis de cortisol salivar. **Conclusão.** O protocolo de exercício físico resultou em diferenças clínicas nos níveis de cortisol e na modulação do sistema nervoso autônomo.

Unitermos. Doenças Reumáticas; Disautonomia; Cortisol; tDCS

Abstract

Objective. To analyze and describe the effects of physical exercise combined with transcranial direct current stimulation (tDCS), applied over the left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) at an intensity of 2mA, on serotonin levels, salivary cortisol, and clinical characteristics of a participant with fibromyalgia. **Method.** A single-subject design was conducted with an "A-B-C" protocol divided into six weeks. Protocol "A" consisted of two weeks of aerobic exercise for 30 minutes; protocol "B" included two weeks of aerobic exercise for 30 minutes combined with active tDCS during the first 20 minutes; and protocol "C" consisted of two weeks of aerobic exercise for 30 minutes combined with sham tDCS. The participant was assessed at the beginning and end of each protocol using the COMPASS 21 scale, heart rate variability, and salivary cortisol levels. **Results.** Protocol B showed better outcomes in autonomic nervous system modulation and salivary cortisol levels. **Conclusion.** The physical exercise protocol resulted in clinical differences in cortisol levels and autonomic nervous system modulation.

Keywords. Rheumatic Diseases; Dysautonomia; Cortisol; tDCS

Resumen

Objetivo. Analizar y describir los efectos del ejercicio físico combinado con estimulación transcraneal por corriente continua (tDCS), aplicada sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (DLPFC) con una intensidad de 2mA, sobre los niveles de serotonina, cortisol salival y las características clínicas de una participante con fibromialgia. **Método.** Se llevó a cabo un diseño de sujeto único (single-subject design) con un protocolo "A-B-C" dividido en seis

semanas. El protocolo "A" consistió en dos semanas de ejercicio aeróbico durante 30 minutos; el protocolo "B", en dos semanas de ejercicio aeróbico durante 30 minutos combinado con tDCS activa durante los primeros 20 minutos; y el protocolo "C", en dos semanas de ejercicio aeróbico durante 30 minutos combinado con tDCS simulada (sham). La participante fue evaluada al inicio y al final de cada protocolo mediante la escala COMPASS 21, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y los niveles de cortisol salival. **Resultados.** En el protocolo B se observaron mejores resultados en la modulación del sistema nervioso autónomo y en los niveles de cortisol salival. **Conclusión.** El protocolo de ejercicio físico produjo diferencias clínicas en los niveles de cortisol y en la modulación del sistema nervioso autónomo.

Palabras clave. Enfermedades Reumáticas; Disautonomía; Cortisol; tDCS

Trabalho realizado no Centro Universitário da Grande Dourados. Dourados-MS, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 10/11/2024

Aceito em: 13/05/2025

Endereço para correspondência: Eduardo Henrique Loreti. Rua Balbina de Matos 2121. Jardim Universitário. Dourados-MS, Brasil. CEP 79824-900. Email: eduardo.loreti@unigran.br

INTRODUÇÃO

A fibromialgia (FM) é uma doença reumatológica que causa dor crônica e sensibilidade generalizada pelo corpo, caracterizando-se por afetar o sistema musculoesquelético, podendo afetar outros sistemas como endócrino e causar disfunções autonômicas^{1,2}. Calcula-se que 2 a 4 % da população global seja afetada pela FM e sua maior prevalência seja em mulheres, na proporção de três mulheres para um homem³.

Indivíduos que são portadores desta síndrome podem relatar diversos sintomas como o dor generalizada, cansaço, alteração de humor e outras alterações clínicas, como variações de pressão arterial e da frequência cardíaca, bem como disfunções hormonais, incluindo alterações nos níveis de cortisol^{4,5}.

A FM está frequentemente associada a disfunções autonômicas, que contribuem significativamente para a complexidade do quadro clínico da síndrome. Essas disfunções envolvem uma alteração na regulação do sistema

nervoso autônomo (SNA), com predominância do tônus simpático e redução da atividade parassimpática, resultando em manifestações como taquicardia, hipotensão postural, sudorese excessiva, intolerância ao exercício, distúrbios gastrointestinais e alterações no sono⁶.

Além disso, pacientes diagnosticados com FM apresentam uma variação distinta na concentração do cortisol sérico entre os períodos noturno e matinal⁷. E demonstram atividades reduzidas do eixo HPA (hipotálamo-hipófise-adrenal). Na fibromialgia, alterações na liberação e regulação do cortisol indicam uma disfunção do eixo HPA, que pode contribuir para a amplificação da dor e da fadiga, sintomas centrais da síndrome⁷.

A prática de exercícios físicos aeróbicos, como forma de profilaxia dos sintomas associados à FM, tem apresentado resultados promissores, proporcionando redução da dor e aumento da capacidade funcional dos pacientes⁸.

A estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) é uma técnica não invasiva que tem como objetivo o tratamento por meio da estimulação cerebral. Seu princípio baseia-se na modulação da excitabilidade cortical de neurônios por meio de eletrodos posicionados na área-alvo a ser tratada⁹. O mecanismo de ação da tDCS envolve a aplicação de uma corrente elétrica de baixa intensidade (geralmente entre 1 e 2mA) que atravessa o couro cabeludo e o crânio, atingindo o tecido cerebral subjacente. Essa corrente é capaz de alterar o potencial de membrana dos neurônios, tornando-os mais ou menos excitáveis,

dependendo da polaridade utilizada — anódica (excitadora) ou catódica (inibitória). Tais mudanças influenciam a taxa de disparo neuronal e podem promover efeitos neuroplásticos duradouros, mesmo após o término da estimulação. A aplicação da tDCS torna-se mais viável por ter baixo custo e poucos efeitos colaterais, facilitando a adesão ao tratamento por parte dos pacientes¹⁰.

Essa técnica atua no sistema nervoso central, promovendo a modulação das membranas neuronais, o que provoca excitabilidade e alterações corticais¹¹. Ela tem demonstrado resultados promissores no tratamento de diversas patologias neurológicas, segundo revisão e levantamento de dados em bases de artigos científicos¹².

A compreensão aprofundada da dor nos permite buscar novos meios de tratamento para as disfunções neurais, e a tDCS (estimulação transcraniana por corrente contínua) é um recurso não invasivo capaz de modular a plasticidade desadaptativa. Esse método tem se mostrado promissor no tratamento de pacientes com fibromialgia¹².

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi descrever os efeitos do exercício físico associado à tDCS na modulação do sistema nervoso autônomo, avaliados por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da escala COMPASS 31, bem como nos níveis de cortisol salivar em uma idosa sedentária com FM.

MÉTODO

Tipo de Estudo

A pesquisa realizada foi um *Single-subject design*, constituída por uma única participante, e ocorreu na Clínica de Fisioterapia da Instituição Unigran. Nessa metodologia, a participante foi avaliada antes e após a intervenção, e a esperada mudança nos parâmetros avaliados foi um reflexo positivo de que a intervenção escolhida e aplicada no paciente se mostrou eficaz. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário da Grande Dourados (Número do parecer: 5.673.458).

Participante

A participante atendeu a todos os critérios de elegibilidade para o estudo.

Os critérios de inclusão foram: diagnóstico de fibromialgia, sexo feminino, idade entre 60 e 75 anos, preservação do estado cognitivo, estabilidade hemodinâmica, liberação médica para prática de exercício físico de intensidade moderada e a concordância em participar do estudo mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os critérios de exclusão foram: idade inferior a 60 ou superior a 75 anos, sexo masculino, etnia indígena, transtornos psiquiátricos, histórico de abuso de drogas, instabilidade hemodinâmica, risco cardiovascular mensurado pelo teste de caminhada de 6 minutos (TC6min), histórico de epilepsia ou convulsões.

Procedimentos

O protocolo de intervenção seguiu a sequência "A-B-C", em que "A" significava duas semanas (10 dias com intervalo no fim de semana) de exercício aeróbico em bicicleta ergométrica iniciando a 60% da frequência cardíaca máxima (FCmáx) por 30 minutos; "B" significava duas semanas de exercício aeróbico (bicicleta ergométrica) iniciando a 60% da FCmáx por 30 minutos associado à tDCS ativa nos primeiros 20 minutos; "C" significava duas semanas de exercício aeróbico (bicicleta ergométrica) iniciando a 60% da FCmáx por 30 minutos associado à tDCS sham (aparelho desligado) nos primeiros 20 minutos. Assim, o protocolo teve uma duração de seis semanas (primeira semana/segunda semana – "A", terceira semana/quarta semana – "B", quinta semana/sexta semana – "C"). A intensidade do exercício iniciou com uma carga de 60% da FCmáx, sendo proposta pela equação de $FCmáx = 208 - (0,7 * \text{idade})^{13}$.

Durante a pesquisa, a participante não soube o momento da aplicação da tDCS ativa e do *sham*, visando a obtenção de resultados mais fidedignos, já que as mudanças no organismo da participante durante as avaliações seriam mais perceptíveis.

Testes e Medidas

Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

A tDCS foi aplicada por 20 minutos associada ao exercício aeróbico. Os procedimentos foram realizados seguindo a montagem proposta por Fregni (2006)¹², com

aplicação de eletrodos de 35cm com esponjas embebidas em solução salina. O ânodo foi posicionado sobre F3 (sistema internacional 10-20 de eletroencefalograma), correspondente ao Córtex Pré-frontal Dorsolateral Esquerdo (DLPFC). O cátodo foi posicionado na região supra-orbital direita (F2). A corrente elétrica escolhida foi medida por estimuladores do tipo galvano-faradíco, devidamente aferidos para verificação da confiabilidade da forma e intensidade de corrente.

O estímulo (tDCS ativo) utilizou corrente contínua com intensidade de 2mA mantida por 20 minutos, iniciando junto com o exercício aeróbico. Para geração da ETCC foi utilizado o aparelho Microestim GENIUS, NKL®. A aplicação do tDCS *sham* foi efetuada com a disposição dos eletrodos da mesma forma, mas após 30 segundos de aplicação ocorreu o desligamento da corrente, desencadeando uma leve irritação subcutânea percebida por alguns pacientes com a instalação do estímulo. Após algum tempo, o participante não relatou mais sensação.

Mediante a aplicação da Eletroestimulação, o pesquisador explicou sobre os efeitos adversos e solicitou à participante que relatassem qualquer alteração, tomando as medidas necessárias para controle, de responsabilidade do pesquisador ou equipe.

Avaliações

A participante foi avaliada por meio do Compass31, VFC (avaliar a função autonômica), questionário

sociodemográfico e coleta de cortisol salivar. As avaliações ocorreram antes do início do protocolo “A”, no protocolo “B”, e no início e final do protocolo “C”.

COMPASS 31

O Compass-31 é uma escala baseada em questionários para avaliação de disfunção autonômica, contendo 31 perguntas relatadas pelo paciente. Esta ferramenta tem sido utilizada para avaliar o SNA em pacientes com patologias como esclerose múltipla, polineuropatia, fibromialgia e Parkinson. A avaliação é realizada através de seis domínios ponderados: intolerância ortostática (4 itens); vasomotor (3 itens); secretomotor (4 itens); gastrointestinais (12 itens); bexiga (3 itens) e pupilo motor (5 itens). A pontuação dos seis domínios soma uma pontuação total de 0 a 100. Uma pontuação maior indica pior disfunção autonômica¹⁴.

Avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Para a avaliação da variabilidade da frequência cardíaca, recomendou-se que, nas 24 horas anteriores à avaliação, a participante não fizesse uso de bebidas energéticas, alcoólicas, cigarros e não realizasse exercícios físicos intensos, além de garantir uma boa noite de sono e não se alimentar nas últimas 2 horas. Todos os avaliados foram questionados sobre esses pontos previamente à avaliação.

Inicialmente, a participante permaneceu 10 minutos em repouso na posição de avaliação em decúbito dorsal, para

maior estabilização da frequência cardíaca. Posteriormente, foi realizado o posicionamento do transmissor cardíaco Polar H10, que foi conectado ao aplicativo de smartphone Elite HRV. Durante a avaliação, a participante foi instruída a não falar, não dormir e não realizar movimentos. A avaliação da variabilidade da frequência cardíaca ocorreu durante 10 minutos antes do protocolo de estimulação, durante a estimulação e 10 minutos após o término da estimulação. Posteriormente, a sequência de intervalos RR foi salva em arquivos de texto e importada para o programa *Kubios HRV Analysis Software 3.3.1*.

Para a análise da variabilidade da frequência cardíaca, a correção de artefatos de baixo nível foi aplicada, e o comprimento da amostra foi definido em 5 minutos. Para a análise dos resultados, foram escolhidas variáveis da frequência cardíaca média em relação ao domínio do tempo da VFC, sendo utilizada a medida raiz quadrada média de diferenças sucessivas de intervalos RR (rMSSD em ms), que expressa uma representação da atividade vagal. No domínio da frequência, foram utilizadas as medidas de baixa frequência (LF em ms^2), que representam o controle parassimpático e simpático, e alta frequência (HF em ms^2), que reflete a modulação parassimpática. A razão entre baixa frequência e alta frequência (LF/HF) mede a modulação simpáticovagal. Para as medidas não lineares da VFC, foram utilizados o SD1 (em ms) e o SD2 (em ms), que se correlacionam com a sensibilidade barorreflexa e com a medida LF, e a razão entre SD1/SD2, que mede a

imprevisibilidade da série temporal RR, sendo usada para medir o equilíbrio autonômico.

Dosagem de Cortisol Salivar

A dosagem de cortisol salivar foi realizada no laboratório de Análises Clínicas, com os valores sendo de total responsabilidade do pesquisador. A coleta de saliva foi feita por meio de tubos Salivette® (*swab* oral de algodão seco, acondicionado em tubo plástico). As amostras de saliva foram centrifugadas por cinco minutos a 2500 rpm e mantidas sob refrigeração de 2 a 8°C. O método de análise utilizado foi baseado na eletroquimioluminescência. Os resultados obtidos foram expressos em $\mu\text{g/dL}$. Para comparação dos valores de cortisol salivar com a referência na literatura, foram utilizados os seguintes parâmetros: manhã, entre seis e 10 horas: inferior a 0,736 $\mu\text{g/dL}$; tarde, entre 16 e 20 horas: inferior a 0,252 $\mu\text{g/dL}$; e noite, entre 23:30 e 00:30 horas: inferior a 0,274 $\mu\text{g/dL}$.

Análise Estatística

Os resultados foram apresentados em valores absolutos obtidos por meio das avaliações.

RESULTADOS

Nesse estudo foi incluída uma participante de 71 anos, com diagnóstico clínico de fibromialgia a um ano, etnia branca, sexo feminino, estado civil casada, ensino superior

completo, sedentária e aposentada.

Durante o protocolo aplicado a participante não excedeu as diretrizes de normalidade de exercício para valores referentes a frequência cardíaca, Spo2, pressão arterial, Borg, monitorizados em cada sessão, e após protocolo de tDCS ativo e *sham* não relatou efeitos adversos.

Compass 31

Quando comparado a pontuação de cada domínio autonômico, avaliado pela escala Compass 31 foi observada uma diminuição maior nos domínios intolerância ortostática, gastrointestinal, vesical e pupilomotro no protocolo B. Nas demais variáveis não foi observado diferenças nos protocolos (Tabela 1). Foi calculada a porcentagem de melhora clínica, baseada no total do Compass 31, para cada protocolo. No protocolo A não foi observado melhora clínica (0%). Já no protocolo B e C a melhora clínica foi de 53% e 10% respectivamente.

Tabela 1. Resultados obtidos Compass 31.

Compass 31	Pré – "A"	Pós – "A"	Pré – "B"	Pós – "B"	Pré – "C"	Pós – "C"
Intolerância ortostática	20	20	16	10	12	10
Vasomotora	0	0	0	0	0	0
Secretomotora	4	4	4	4	4	4
Gastrointestinal	8	8	8	4	4	4
Vesical	2	2	2	0	0	0
Pupilomotor	2	2	2	0	0	0
Total	36	36	32	18	20	18

pré: Avaliação realizada antes do início de cada protocolo; Pós: avaliação realizada ao final de cada protocolo.

Variabilidade da frequência cardíaca

Na Tabela 2 é possível observar os resultados referentes a variabilidade da frequência cardíaca. Os resultados sugerem uma tendência para um aumento da atividade vagal ao longo do tempo no protocolo B. As mudanças no LF, HF e LF/HF demonstram uma menor influência do sistema nervoso simpático; menor supressão do sistema nervoso parassimpático e maior controle autonômico respectivamente no protocolo B. Assim como, o resultado do SD1/SD2, cursão para um maior equilíbrio simpático vagal.

Tabela 2. Resultados da variabilidade da frequência cardíaca.

	Protocolo A			Protocolo B			Protocolo C		
	Pré	30'	Pós	Pré	30'	Pós	Pré	30'	Pós
RMSSD	1,40	1,47	1,58	1,52	1,54	1,64	1,47	1,48	1,51
LF	2,31	2,52	2,58	2,29	2,48	2,50	2,43	2,55	2,59
HF	2,18	2,17	2,11	2,19	2,1	2,15	2,19	1,16	2,07
LF/HF	0,13	0,35	0,47	0,1	0,32	0,35	0,24	0,39	0,52
SD1	1,12	1,21	1,33	1,21	1,34	1,36	1,14	1,24	1,29
SD2	1,47	1,62	1,61	1,46	1,49	1,44	1,45	1,47	1,54
SD1/SD2	0,28	0,41	0,28	0,25	0,15	0,08	0,31	0,23	0,25
FC	78	84	81	79	74	72	75	80	79
PAS	132	130	130	135	130	120	125	130	120
PAD	80	80	75	90	80	70	70	70	70

Pré: Avaliação realizada antes do início de cada protocolo; Pós: Avaliação realizada ao final de cada protocolo; 30' Avaliação feita após 30 minutos da primeira sessão; rMSSD É a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR; LF: Baixa frequência ; HF: Alta frequência; LF/HF:

Razão entre baixa e alta frequência; SD1: É um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento e representa a atividade parassimpática; SD2: Representa a FVC em registro de longa duração e reflete a variabilidade global; SD1/SD2: É a razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR; FC: Frequência cardíaca; PAS: Pressão arterial sistólica; PAD: Pressão arterial diastólica.

Cortisol salivar

Com relação a dosagem de cortisol salivar no final do protocolo A foi de 0,079ug/dL resultando em uma diminuição de 47% quando comparado ao início do protocolo. Já no final do protocolo B o valor do cortisol foi de 0,051ug/dL e no

protocolo C de 0,098ug/dL implicando em uma diminuição de 5,5% e um aumento de 58% nos respectivos protocolos quando comparado ao início do mesmo.

DISCUSSÃO

O presente estudo visou analisar os efeitos do exercício físico associado a tDCS sobre a variabilidade da frequência cardíaca, disautonomia e níveis de cortisol salivar em idosa sedentária com diagnóstico de fibromialgia. Os resultados demonstram-se promissores quanto a aplicação de exercício associados ao tDCS sobre a disautonomia e os níveis de cortisol.

Os exercícios físicos exercem diversos domínios e influência sistêmica no organismo, pois atua nas atividades cerebrais ativando o córtex motor e liberando neurotransmissores, que libera opioides endógenos, além da melhora na QVRS⁸. O exercício físico é um recurso promissor a ser utilizado no tratamento de pacientes com FM, pois promove a redução da dor e melhora quanto a rigidez e funções físicas¹⁵.

A prática de exercícios pode gerar um estímulo estressor, porém que será benéfico preparando o organismo para outros fatores estressores¹⁶, como resposta ao estresse gerado, temos a ativação da HPA (hipotálamo-pituitária-adrenal) que faz liberação do cortisol¹⁷, entretanto exercícios com intensidade e duração moderada podem evoluir alterações neurofisiológicas no HAP. Isto ocorre porque se tem um aumento no número de receptores para o cortisol no

tecido alvo, juntamente com a melhora na sensibilidade desses receptores. Essas mudanças podem contribuir para uma resposta mais eficiente e adaptativa ao estresse, promovendo uma regulação do sistema neuroendócrino e uma redução dos efeitos negativos do estresse no organismo¹⁸.

Diversas pesquisas têm sido realizadas para investigar os efeitos positivos do treinamento aeróbio de curta e longa duração no equilíbrio simpato-vagal no controle da frequência cardíaca (FC). Esses estudos revelaram que os atletas de elite, quando comparados a indivíduos sedentários, apresentam melhorias nesse aspecto^{19,20}. As disfunções autonômicas aparecem com frequência em pacientes com FM, o que pode explicar os sintomas que apresenta nos diversos sistemas do corpo²¹.

A compreensão dos subjacentes à fibromialgia ainda não está completamente esclarecida devido a sua etiologia desconhecida. No entanto, é possível considerar uma combinação de fatores multifatoriais e genéticos como meios de compreensão dessa condição, esses fatores multifatoriais podem levar a uma alteração persistente nos sistemas de processamento da dor, causando um aumento na sinalização do sistema nervoso, ao mesmo tempo, ocorre uma diminuição das respostas inibitórias que normalmente ajudam a modular a dor²².

Nos dias atuais, observa-se um crescente uso das técnicas de estimulação cerebral não invasivas tanto na

prática clínica como em pesquisas que visam o avanço da neurociência^{23,24}.

Artigos recentes têm apresentado resultados divergentes acerca da relação entre técnicas não invasivas de estimulação cerebral e o comportamento do sistema nervoso autônomo²⁵. Em uma revisão sistemática que teve por objetivo de avaliar a relação entre diferentes tipos de estimulação cortical não invasiva, incluindo a tDCS, e o sistema nervoso autônomo (SNA)²⁵. Dentre os estudos que investigaram a tDCS, aproximadamente 46,2% deles relataram efeitos positivos nas variáveis autonômicas avaliadas. A maioria desses estudos foi realizada em indivíduos saudáveis, com idade média de $28,7 \pm 8,7$ anos, e os efeitos sobre o SNA foram principalmente atribuídos à estimulação anódica. No entanto, apenas alguns poucos artigos encontraram efeitos significativos da estimulação catódica sobre o SNA. Com base nessas informações, foi possível identificar que os testes mais frequentemente utilizados para avaliar o efeito dessa relação foram a frequência cardíaca absoluta (FC), a avaliação da pressão arterial (PA) e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Um dos primeiros estudos a investigar especificamente o efeito da tDCS sobre o SNA observou alterações respiratórias decorrentes do fluxo de corrente extra-cefálica em apenas um sujeito²⁶. Foi investigado, também, o efeito da tDCS (anódica, catódica e placebo) sobre o comportamento do SNA, incluindo a VFC, frequência respiratória, PA e o balanço simpato-vagal em repouso²⁷. No

entanto, seus resultados não indicaram diferenças significativas nessas variáveis entre as diferentes condições de estimulação. É importante ressaltar que as intensidades utilizadas nesses estudos foram diferentes: 3mA/16min²⁶ e 1mA/20min²⁷. Portanto, é possível que a intensidade utilizada no estudo não tenha sido suficiente para causar a excitabilidade cortical necessária²⁷.

Por outro lado, o estudo que teve como objetivo investigar o efeito da tDCS no controle autonômico cardíaco durante o repouso, apresentou resultados que indicaram que a tDCS anódica aplicada no córtex temporal esquerdo foi capaz de modular o SNA em atletas durante o repouso, em comparação com a condição de estimulação placebo²⁸. Os autores defenderam que a aplicação da corrente anódica no córtex temporal esquerdo poderia modular a atividade do córtex insular (CI), que, por sua vez, desempenha um papel fundamental no controle autonômico cardíaco, especialmente na modulação parassimpática.

Um estudo reralizado com o objetivo de investigar os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua anódica no desempenho durante o exercício, na FC, na VFC e na percepção subjetiva de esforço (PSE) durante um teste incremental²³, apresentou resultados que revelaram que a tDCS anódica retardou a diminuição da atividade vagal, medida pela VFC, e reduziu os valores de FC submáximas. Isso sugere que a tDCS anódica aplicada no córtex insular esquerdo pode ter aumentado a modulação parassimpática, resultando em menor FC submáxima. Portanto, é possível

especular que a tDCS anódica poderia induzir melhorias no controle autonômico cardíaco. É importante destacar que, neste estudo, a configuração dos eletrodos para a aplicação da tDCS foi a mesma utilizada no outro estudo²⁸.

Nesse contexto, pode-se especular que o efeito da estimulação transcraniana por corrente contínua esteja relacionado não apenas à disposição dos eletrodos, mas também à intensidade de corrente aplicada, à duração da estimulação e à população estudada. É necessário realizar mais pesquisas para obter um melhor entendimento do efeito da tDCS sobre as variáveis associadas ao controle autonômico. Esses estudos adicionais ajudarão a fornecer mais clareza sobre os efeitos específicos da tDCS e a aprimorar seu uso para a modulação do sistema nervoso autônomo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi contribuir para o entendimento dessa temática.

Do ponto de vista clínico o presente estudo buscou esclarecer os efeitos do EF associado a tDCS na modulação do SNA em indivíduo com FM. No entanto, algumas limitações ocorreram ao longo do estudo, principalmente no que diz respeito às características clínicas da participante sendo idosa e sedentária o que pode ter exercido impacto nos resultados. Além disto, o modelo do estudo *single-subject design* denota algumas limitações como a dificuldade de generalizar os resultados obtidos para outros sujeitos pelo número pequeno de investigados. Salientamos a dificuldade de testes estatísticos projetados para analisar os dados de um *single-subject design*, e a necessidade de um protocolo

maior para que houvesse a compreensão do comportamento do cortisol mediante a cronicidade do quadro clínico da participante.

CONCLUSÃO

O protocolo de EF resultou em diferenças clínicas nos níveis de cortisol e na modulação do SNA, avaliados por meio da VFC e da escala COMPASS 31, especialmente quando associado à tDCS ativa. Esses achados sugerem que a combinação de intervenções não farmacológicas pode representar uma estratégia promissora para a melhora da função autonômica e do estresse fisiológico em idosos com fibromialgia.

Este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre abordagens integradas no manejo da FM, especialmente considerando a escassez de pesquisas que explorem a interação entre tDCS e exercício físico nessa população. Destaca-se, contudo, a necessidade de novos estudos com delineamentos metodológicos mais robustos, incluindo amostras maiores, ensaios clínicos randomizados, diferentes intensidades e tipos de exercício físico, bem como análises de seguimento em longo prazo, a fim de verificar a durabilidade dos efeitos e aprofundar a compreensão sobre os mecanismos envolvidos na modulação autonômica promovida por essas intervenções.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário da Grande Dourados pelo apoio.

REFERÊNCIAS

1. Walker J. Fibromyalgia: clinical features, diagnosis and management. Nurs Stand 2016;31:51-63. <https://doi.org/10.7748/ns.2016.e10316>
2. Baek SH, Seok HY, Koo YS, Kim BJ. Lengthened Cutaneous Silent Period in Fibromyalgia Suggesting Central Sensitization as a Pathogenesis. PLOS ONE 2016;11:51-63. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149248>
3. Fregni F, El-Hagrassy MM, Pacheco-Barrios K, Carvalho S, Leite J, Simis M. Evidence-based guidelines and secondary meta-analysis for the use of transcranial direct current stimulation in neurological and psychiatric disorders. Int J Neuropsychopharmacol 2021;24:256-313. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyaa051>
4. Datta A, Truong D, Minhas P, Parra LC, Bikson M. Inter-individual variation during transcranial direct current stimulation and dose normalization using computer models derived from MRI. Front Psychiatr 2012;3:91. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00091>
5. Lloyd DM, Wittkopf PG, Arendsen LJ, Jones AKP. Is transcranial direct current stimulation effective for treating fibromyalgia pain? A Systematic Review and Meta-Analysis. J Pain 2020;21:1085-100. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2020.03.003>
6. Martínez-Lavín M. Autonomic nervous system dysfunction may explain the multisystem features of fibromyalgia. Semin Arthritis Rheum 2007;36:356-60. [https://doi.org/10.1016/S0049-0172\(00\)80008-6](https://doi.org/10.1016/S0049-0172(00)80008-6)
7. Castaño MY, Garrido M, Rodríguez AB, Gómez MÁ. A melatonina melhora o estado de humor e qualidade de vida e diminui os níveis de cortisol na fibromialgia. Biol Res Enferm 2019;21:22-9. <https://doi.org/10.1016/j.riem.2018.07.005>
8. Mendonça ME, Santana MB, Baptista AF, Datta A, Bikson M, Fregni F. Transcranial DC stimulation in fibromyalgia: optimized cortical targeting supported by high-resolution computational models. J Pain 2011;12:610-7. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2011.01.431>
9. Woods AJ, Antal A, Bikson M, Boggio PS, Brunoni AR, Celnik P, et al. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. Clin Neurophysiol 2016;127:1031-48. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.11.012>
10. Ong WY, Stohler CS, Herr DR. Role of the Prefrontal Cortex in Pain Processing. Mol Neurobiol 2019;56:1137-66. <https://doi.org/10.1007/s12035-018-1147-2>
11. Martínez-Lavín M. Fibromyalgia in women: somatisation or stress-evoked, sex-dimorphic neuropathic pain? Clin Exp Rheumatol 2021;39:422-5. <https://doi.org/10.55563/clinexprheumatol/0c7d6v>
12. Fregni F, Gimenes R, Valle AC, Ferreira MJ, Rocha RR, Natalle L, et al. A randomized, sham-controlled, proof-of-principle study of

- transcranial direct current stimulation for the treatment of pain in fibromyalgia. *Arthritis Rheum* 2006;54:3988-98. <https://doi.org/10.1002/art.22295>
13. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)01054-8)
14. Sletten DM, Nydam T, Campbell K, Low PA, Singer W. The COMPASS 31: A refined and abbreviated Composite Autonomic Symptom Score. *Mayo Clin Proc* 2012;87:1196-201. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2012.10.013>
15. Winkelmann A. Is Aerobic Exercise Training Beneficial for Adults With Fibromyalgia? A Cochrane Review Summary with Commentary. *Am J Phys Med Rehabil* 2019;98:169-70. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001095>
16. Radak Z, Chung HY, Goto S. Exercise and hormesis: oxidative stress-related adaptation for successful aging. *Biogerontology* 2005;6:1-9. <https://doi.org/10.1007/s10522-004-7386-7>
17. Dalbo VJ, Roberts MD, Hassell SE, Brown RD, Kerksick CM. Effects of age on serum hormone concentrations and intramuscular proteolytic signaling before and after single bout of resistance training. *J Strength Cond Res* 2011;25:1-9. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2b538>
18. Hackney AC. Exercise as a stressor to the human neuroendocrine system. *Med Kaunas* 2006;42:788-97. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17090977/>
19. Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;293:h3180-6. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00549.2007>
20. Gamelin FX, Berthoin S, Sayah H, Libersa C, Bosquet L. Effect of training and detraining on heart rate variability in healthy young men. *Int J Sports Med* 2007;28:564-70. <https://doi.org/10.1055/s-2006-955147>
21. Martinez-Lavin M. Fibromyalgia as a neuropathic pain syndrome. *Rev Bras Reumatol* 2013;43:167-70. <https://www.medcentral.com/rheumatology/fibromyalgia/fibromyalgia-a-neuropathic-pain-disorder-link-small-fiber-neuropathy>
22. Cabo-Meseguer A, Cerdá-Olmedo G, Trillo-Mata JL. Fibromyalgia: Prevalence, epidemiologic profiles and economic costs. *Med Clin (Barc)* 2017;149:441-8. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2017.06.008>
23. Okano AH, Montenegro RA, Farinatti PTV, Li LM, Brunoni AR, Fontes EB. Estimulação cerebral na promoção da saúde e melhoria do desempenho físico. *Rev Bras Educ Fis Esp* 2013;27:347-56. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092013000200015>
24. Nick JD. Neurodoping: Brain Stimulation as a Performance-Enhancing Measure. *Sports Med* 2013;43:649-53. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0042-3>
25. Schestatsky P, Simis M, Freeman R, Pascual-Leone A, Fregni F. Non-invasive brain stimulation and the autonomic nervous system. *Clin*

- Neurophysiol 2013;124:1716-8.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.02.119>
26. Redfearn JW, Lippold OC, Costain R. A Preliminary Account of the Clinical Effects of Polarizing the Brain in Certain Psychiatric Disorders. Br J Psychiatry 1964;110:773-85.
<https://doi.org/10.1192/bjp.110.469.773>
27. Moliaadze V, Antal A, Paulus W. Electrode-distance dependent after-effects of transcranial direct and random noise stimulation with extracephalic reference electrodes. Clin Neurophysiol 2010;121:2165-71. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.04.033>
28. Montenegro R, Farinatti PTV, Fontes EB, Soares PPS, Cunha FA, Gurgel JL, et al. Transcranial direct current stimulation influences the cardiac autonomic nervous control. Neurosci Lett 2011;497:32-6.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.04.019>