

# Estimulação cerebral não invasiva na doença pulmonar obstrutiva crônica: uma série de casos

*Non-invasive brain stimulation in chronic obstructive pulmonary disease: a case series*

*Estimulación cerebral no invasiva en la enfermedad pulmonar obstrutiva crónica: una serie de casos*

Aline Araújo Candeia<sup>1</sup>, Wanessa do Nascimento Ferreira<sup>2</sup>, Roberto Vinícius Antonio da Costa<sup>3</sup>, Laura Natália Freitas Cavalcante Tenório<sup>4</sup>, Ewerton Graziane Gomes dos Santos<sup>5</sup>, Iara Tainá Cordeiro de Souza<sup>6</sup>, Tatiana Onofre Gama<sup>7</sup>, José Heriston de Moraes Lima<sup>8</sup>, Rafaela Pedrosa<sup>9</sup>, Eduardo Eriko Tenório de França<sup>10</sup>

1.Fisioterapia, discente do curso de graduação de Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5763-0235>

2.Fisioterapeuta, Mestranda em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação de Fisioterapia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6742-4850>

3.Fisioterapeuta, Mestrando em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação em Fisioterapia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5557-849X>

4.Fisioterapia, discente do curso de graduação de Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-4436-5423>

5.Fisioterapeuta, Mestre em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3452-7535>

6.Fisioterapeuta, Mestre em Fisioterapia (UFPB), Departamento de Fisioterapia (UEPB). Campina Grande-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2626-9193>

7.Fisioterapeuta, Doutora, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4985-1466>

8.Fisioterapeuta, Doutor, Programa de Pós-graduação em Fisioterapia e Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0176-6222>

9.Fisioterapeuta, Doutora, Programa de Pós-graduação em Fisioterapia e Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9858-2990>

10.Fisioterapeuta, Doutor, Programa de Pós-graduação em Fisioterapia e Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9207-2180>

## Resumo

**Introdução.** A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença respiratória crônica caracterizada por sintomas como dispneia, tosse e obstrução persistente das vias respiratórias. A intolerância ao exercício é frequentemente encontrada nessa população, como também apresentam limitações na capacidade respiratória, obstrução das vias aéreas e fadiga muscular respiratória. **Objetivo.** Este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da estimulação do córtex motor diafragmático pela *High definition - transcranial direct current stimulation* (HD-tDCS) associado a um protocolo de treinamento muscular inspiratório (TMI) na capacidade funcional e sensação de dispneia de pacientes com DPOC. **Método.** Esta série de casos acompanhou três pacientes com diferentes graus de acometimento pulmonar pela DPOC, que foram submetidos a um protocolo de 20 minutos de HD-tDCS associado ao TMI, realizados duas vezes por semana durante 6 semanas. **Resultados.** Após o protocolo foi observado um comportamento de melhora de 22 metros no TC6M e 1,66 na *modified Medical Research Council* (mMRC). Podemos também observar

um aumento da PIM sustentada e da resistência muscular respiratória com os respectivos ganhos médios (20,55 e 6,67 cmH<sub>2</sub>O) entre os dois momentos. **Conclusão.** Esses resultados evidenciam que a HD-tDCS associada ao TMI tem efeitos benéficos na sensação de dispneia, capacidade funcional, força e resistência muscular respiratória em pacientes com DPOC.

**Unitermos.** DPOC; treinamento muscular inspiratório; neuromodulação; capacidade funcional; dispneia

---

## Abstract

**Introduction.** Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a chronic respiratory disease characterized by symptoms such as dyspnea, cough, and persistent airway obstruction. Exercise intolerance is frequently found in this population, as well as limitations in respiratory capacity, airway obstruction and respiratory muscle fatigue. **Objectives.** This study aims to evaluate the effects of stimulation of the diaphragmatic motor cortex by High definition - transcranial direct current stimulation (HD-tDCS) associated with an inspiratory muscle training (IMT) protocol on the functional capacity and sensation of dyspnea in patients with COPD. **Method.** This case series followed three patients with different degrees of pulmonary involvement due to COPD, who underwent a 20-minute protocol of HD-tDCS associated with IMT, performed twice a week for 6 weeks. **Results.** After the protocol, an improvement of 22 meters in the 6MWT and 1.66 in the modified Medical Research Council (mMRC) was observed. We can also observe an increase in sustained IMP and respiratory muscle resistance with respective average gains (20.55 and 6.67 cmH<sub>2</sub>O) between the two moments. **Conclusions.** These results show that HD-tDCS associated with IMT has beneficial effects on the sensation of dyspnea, functional capacity, respiratory muscle strength and resistance in patients with COPD.

**Keywords.** COPD; inspiratory muscle training; neuromodulation; functional capacity; dyspnea

---

## Resumen

**Introducción.** La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una enfermedad respiratoria crónica caracterizada por síntomas como disnea, tos y obstrucción persistente de las vías respiratorias. En esta población se encuentra con frecuencia intolerancia al ejercicio, así como limitaciones en la capacidad respiratoria, obstrucción de las vías respiratorias y fatiga de los músculos respiratorios. Este estudio tiene como objetivo evaluar los efectos de la estimulación de la corteza motora diafragmática mediante alta definición: estimulación transcraneal de corriente continua (HD-tDCS) asociada con un protocolo de entrenamiento de los músculos inspiratorios (IMT) sobre la capacidad funcional y sensación de disnea en pacientes con EPOC. **Método.** Esta serie de casos siguió a tres pacientes con diferentes grados de afectación pulmonar debido a EPOC, que se sometieron a un protocolo de 20 minutos de HD-tDCS asociado con GIM, realizado dos veces por semana durante 6 semanas. **Resultados.** Tras el protocolo se observó una mejora de 22 metros en el 6MWT y de 1,66 en el Medical Research Council modificado (mMRC). También podemos observar un aumento en el IMP sostenido y la resistencia de los músculos respiratorios con ganancias promedio respectivas (20,55 y 6,67 cmH<sub>2</sub>O) entre los dos momentos. **Conclusiones.** Estos resultados muestran que HD-tDCS asociada con IMT tiene efectos beneficiosos sobre la sensación de disnea, la capacidad funcional, la fuerza y la resistencia de los músculos respiratorios en pacientes con EPOC.

**Palabras clave:** EPOC; entrenamiento de los músculos inspiratorios; neuromodulación; capacidad funcional; disnea

---

Trabalho realizado para conclusão de curso de graduação em Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João Pessoa-PB, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 28/11/2023

Aceito em: 12/01/2024

**Endereço para correspondência:** Eduardo ET França, Universidade Federal da Paraíba. Conj. Pres. Castelo Branco III. João Pessoa-PB, Brasil. CEP 58033-455. Email: [edueriko@hotmail.com](mailto:edueriko@hotmail.com)

---

## **INTRODUÇÃO**

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é definida como uma doença heterogênea caracterizada por sintomas como: dispneia, tosse, produção de secreção e/ou exacerbações, devido a anomalias das vias respiratórias (bronquite) e/ou alvéolos (enfisema) que causam obstrução persistente, muitas vezes progressiva, do fluxo aéreo<sup>1</sup>.

Os principais fatores de risco ambientais que levam à DPOC são o tabagismo e a inalação de partículas tóxicas e gases provenientes da poluição atmosférica doméstica e do exterior, mas outros fatores ambientais e do hospedeiro, incluindo alterações pulmonares também podem contribuir<sup>1</sup>.

A intolerância ao exercício, geralmente causada pelo avanço dos sintomas respiratórios é comum na DPOC, resultante de uma combinação de capacidade ventilatória reduzida, aumento das cargas respiratórias, obstrução ao fluxo aéreo, hiperinsuflação dinâmica, trocas gasosas anormais, disfunção muscular respiratória e periférica, redução da capacidade funcional e qualidade de vida<sup>2,3</sup>. Em meio a este cenário, a inatividade proporciona um estilo de vida sedentário, gerando, ainda mais descondição físico e disfunção muscular. A fadiga dos músculos inspiratórios pode parcialmente explicar a intolerância aos exercícios. Em adição, a redução da força muscular respiratória tem mostrado ser um importante fator preditor de pobre sobrevida em pacientes com DPOC<sup>1</sup>.

Como tal, tem havido um enorme interesse em implementar intervenções direcionadas para melhorar a atividade física<sup>4</sup> e estas, devem ser incentivadas nestes pacientes<sup>5</sup>. A reabilitação pulmonar, por meio do treinamento muscular respiratório, treinamento aeróbico e fortalecimento de membros superiores e inferiores, desponta como um dos recursos disponíveis para o tratamento e monitorização de pacientes que apresentam distúrbios respiratórios dentro de um grande arsenal terapêutico, seja para manutenção da segurança frente a possíveis alterações fisiopatológicas e a intercorrências, seja para o direcionamento e supervisão da terapêutica empregada<sup>6</sup>.

Nessa perspectiva, a neuroestimulação está sendo investigada como uma terapêutica adjuvante para a reabilitação pulmonar no tratamento da dispneia em pacientes com COVID-19<sup>7</sup>. Como já se sabe, as disfunções respiratórias tem um correlato neural com o papel potencial do córtex motor primário no controle do músculo diafragma, o que foi previamente evidenciado pelo uso da estimulação magnética transcutânea (*Transcranial magnetic stimulation* - TMS)<sup>8</sup> e imagem de ressonância magnética funcional<sup>9</sup>, verificado por Azabou *et al* (2020)<sup>10</sup>, que ao aplicarem a estimulação transcraniana por corrente contínua (*Transcranial direct current stimulation* - tDCS), conseguiram modular a excitabilidade das vias neurológicas respiratórias. A neuroestimulação também vem ganhando espaço nas pesquisas relacionadas ao desempenho do

exercício. Pollastri *et al* (2021)<sup>11</sup> estudaram os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua de alta definição (*High definition - transcranial direct current stimulation - HD-tDCS*) sobre o córtex pré-frontal dorsolateral bilateral em ciclistas saudáveis ou diabéticos e observaram melhora na resistência ao exercício, com diminuição no tempo de execução dos testes.

Até o momento, não há estudos que utilizem a HD-tDCS como proposta terapêutica para sequelas respiratórias de pacientes com DPOC. Portanto, nossa hipótese é que, estimulando de forma não-invasiva as vias corticais descendentes que têm relação com o sistema respiratório, possamos potencializar a efetividade dos músculos ventilatórios e, assim, contribuir para incremento da função respiratória<sup>12</sup>. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da estimulação do córtex motor diafragmático pela HD-tDCS associado a um protocolo de treinamento muscular inspiratório (TMI) na capacidade funcional e sensação de dispneia de pacientes com DPOC.

## **MÉTODOS**

### **Relatos de Caso**

Esta série de casos acompanhou três pacientes com diferentes graus de acometimento pulmonar pela DPOC, segundo a prova de função pulmonar. Todos participaram de um programa de neuroestimulação cerebral não-invasiva associada ao TMI entre janeiro e julho de 2023. O estudo foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinque e

aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba sob o nº 5.795.738. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Cada paciente recebeu duas sessões por semana durante seis semanas e seus desfechos primários e secundários foram avaliados no início do estudo e após as seis semanas.

### **Intervenção**

Os alvos de estimulação do córtex motor diafragmático e os procedimentos dos três participantes são demonstrados nas figuras 1A e 1B (Figura 1A) Área de aplicação da HD-tDCS no córtex motor diafragmático: em verde, representação dos eletrodos catódicos e em rosa do eletrodo anódico; B) Paciente realizando protocolo da HD-tDCS associado ao TMI), respectivamente. O grupo realizou 12 sessões de neuroestimulação pela HD-tDCS 4x1 (tDCS 1x1, desenvolvido pela Soterix Medical Inc.). Foi fornecida uma corrente de 3mA, durante 20 minutos, posicionando-se um eletrodo central (ânodo) sobre córtex motor primário diafragmático esquerdo (4cm lateral à linha média e 1cm anterior à linha binaural) e os quatro eletrodos de retorno em um raio de 8cm ao redor, segundo Sistema Internacional 10/20. A escolha do alvo cortical para estimulação anódica foi retirada de estudos anteriores que demonstraram sua representação como centro primário

envolvidos na manifestação dos sintomas clínicos da doença, incluindo manejo da dor e função respiratória<sup>13</sup>.

Simultaneamente a aplicação da corrente, os pacientes realizaram o TMI pelo KH2 (KH2; *Power Breathe International Ltd. UK*) junto com um *Breathelink de feedback*, o protocolo foi composto por três séries de dois minutos de inspirações máximas e profundas seguidos de dois minutos de repouso entre elas, totalizando seis minutos de TMI. A carga inicial para o TMI do equipamento foi individualizada de acordo com a pressão inspiratória máxima (PIM) sustentada alcançada na avaliação inicial da força muscular inspiratória de cada paciente, sendo que nas três primeiras semanas de protocolo foi utilizada 40% da PIM sustentada e nas três semanas restantes, 70% da PIM sustentada. Todo o treinamento e aconselhamento da sessão de exercícios foi conduzida por um fisioterapeuta do Laboratório de Fisioterapia em Pesquisa Cardiorrespiratória.

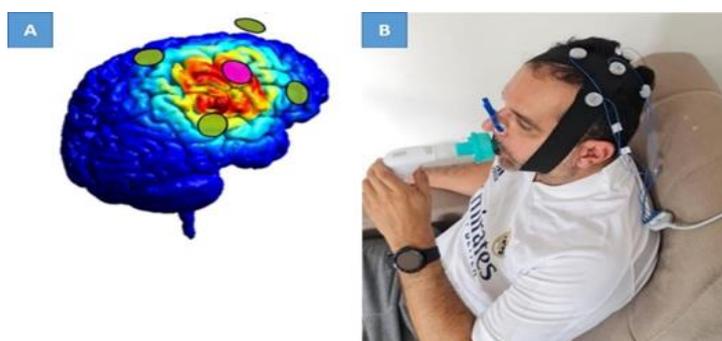


Figura 1. A) Área de aplicação da HD-tDCS no córtex motor diafragmático: em verde, representação dos eletrodos catódicos e em rosa do eletrodo anódico; B) Paciente realizando protocolo da HD-tDCS associado ao TMI.

### Caso #1

Homem de 73 anos, técnico em eletrônica, hipertenso, tabagista durante 59 anos, com índice de massa corporal (IMC) de 21,6kg/m<sup>2</sup>, apresentou dispneia e tosse seca como queixas principais. Na escala de dispneia do *Medical Research Council* modificada (mMRC) foi classificado com grau 4 de dispneia, ou seja, dispneia para vestir-se, tomar banho, trocar de roupa e restrito ao domicílio.

### Caso #2

Mulher de 66 anos, atendente, hipertensa, tabagista durante 25 anos, com IMC de 51,15kg/m<sup>2</sup>, apresentou-se com queixas: dispneia, tosse seca, vertigem e edema periférico dos membros. Na escala de dispneia do mMRC foi classificada com grau 4, ou seja, dispneia para vestir-se, tomar banho, trocar de roupa e restrito ao domicílio.

### Caso #3

Mulher de 66 anos, aposentada, hipertensa, tabagista durante 40 anos, com IMC de 16,4kg/m<sup>2</sup>, apresentou dispneia e tosse seca como suas queixas principais. Na escala de dispnéia do mMRC foi classificada com grau 1, ou seja, dispneia para andar depressa no plano ou subidas leves.

## **Desfechos**

Os desfechos primários são os efeitos da HD-tDCS associada ao TMI sobre a capacidade funcional e sensação

de dispneia. A capacidade funcional foi avaliada considerando a distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos (TC6M). O TC6M foi realizado em um corredor de 30 metros, com dois cones para marcar os pontos de retorno que foram colocados no início e final da pista de teste e foi disposta uma cadeira caso houvesse a necessidade de parar o teste no tempo de seis minutos. A pista de teste foi marcada a cada três metros, o que facilitou a contagem da distância percorrida. O teste foi realizado em ambiente fechado, em temperatura confortável<sup>1</sup>. Antes e após o teste foram aferidas as variáveis frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>), pressão arterial sistólica e diastólica e o índice de percepção de esforço pela escala subjetiva de Borg modificada. A FC e a SpO<sub>2</sub> foram monitoradas durante todo o TC6M. Foram realizados dois TC6M seguindo a recomendação da *American Thoracic Society* (2002)<sup>1</sup>.

Já para a sensação de dispneia foi mensurada pela escala de dispneia de mMRC, que avaliou a dispneia nas atividades cotidianas específicas. A mMRC é dividida entre 4 graus, variando de 0 (dispneia em exercícios intensos) a 4 (dispneia aos mínimos esforços como se vestir ou tomar banho). A escala é amplamente utilizada em pacientes pela sua simplicidade, facilidade de uso e correlação com qualidade de vida, prognóstico e distância percorrida no TC6M<sup>14</sup>.

Os desfechos secundários incluíram outros dados de eficiência da função muscular respiratória, como: a PIM

sustentada e resistência muscular respiratória. Durante a avaliação da PIM sustentada, o paciente foi instruído a expirar até o volume residual e, em seguida, realizar uma inspiração máxima mantida pelo maior tempo possível. Negligenciando quando menor que 1,5 segundos. O teste foi realizado de três a no máximo oito repetições buscando variações menores que 10% nos valores entre eles. Foi considerada a medida de maior valor<sup>15</sup>. A resistência muscular respiratória foi avaliada pelo teste de carga incremental, onde os pacientes foram instruídos a realizar o maior número de respirações. Com a padronização da carga inicial de 10 cmH<sub>2</sub>O por um período de dois minutos. Posteriormente, o paciente descansou por um minuto e, em seguida, um novo ciclo de dois minutos foi iniciado, acrescentado mais 10 cmH<sub>2</sub>O à carga do equipamento. A maior carga sustentada por pelo menos um minuto será considerada o valor da PIM sustentada<sup>1</sup>. Durante o teste, os pacientes permaneceram sentados com os braços apoiados e clipe nasal para evitar vazamento de ar. O teste era interrompido se o participante falhasse na tarefa, se fosse definido pelo avaliador que o participante não consegue gerar a pressão desejada ou se a sensação de dispneia ou fadiga tivesse sido descrita pelo paciente como muito desconfortável para tolerar.

## **RESULTADOS**

A Tabela 1 demonstra os valores individuais dos dados de capacidade funcional, sensação de dispneia, PIM

sustentada e resistência da musculatura respiratória dos três participantes na avaliação e após seis semanas do protocolo de estudos. Para o TC6M percebemos um comportamento de melhora dessa variável em dois dos três participantes do estudo, caso 1 e 3, com os respectivos ganhos (24 e 48 metros). Para a variável mMRC também percebemos um comportamento de melhora dessas variáveis em dois dos três participantes do estudo, caso 1 e 3, com as respectivas alterações (4 e 1). Já com relação à força muscular respiratória, os três participantes do protocolo de estudo apresentaram um aumento na PIM sustentada, com uma diferença de 34,06cmH<sub>2</sub>O no primeiro caso, 4,03cmH<sub>2</sub>O no segundo e 23,56cmH<sub>2</sub>O no terceiro entre os dois momentos. Por fim, com relação aos dados da resistência da musculatura respiratória, foi observado melhora de apenas um dos três participantes que realizaram o protocolo, este por sua vez apresentou um ganho de 20cmH<sub>2</sub>O entre os dois momentos, enquanto os outros dois mantiveram o valor da avaliação (Tabela 1).

A Tabela 2 demonstra as médias dos dados de capacidade funcional, sensação de dispneia, PIM sustentada e resistência da musculatura respiratória dos três participantes na avaliação e após seis semanas do protocolo de estudos. Para as variáveis TC6M e mMRC percebemos um comportamento de melhora dessas variáveis em dois dos três participantes do estudo, com os respectivos ganhos (22 metros e 1,66).

Tabela 1. Valores individuais da avaliação basal e reavaliação após 6 (seis) semanas dos parâmetros do TC6M, mMRC, PIM sustentada e resistência muscular respiratória.

Variáveis	Linha de Base	Reavaliação (6 semanas)
<b>TC6M (m)</b>		
Caso #1	366	390
Caso #2	126	120
Caso #3	492	540
<b>mMRC</b>		
Caso #1	4	0
Caso #2	4	4
Caso #3	1	0
<b>PIM sustentada (cmH2O)</b>		
Caso #1	30,74	64,80
Caso #2	35,77	39,80
Caso #3	54,48	78,04
<b>Endurance (cmH2O)</b>		
Caso #1	30	50
Caso #2	10	10
Caso #3	70	70

Os dados são apresentados como: TC6M: teste de caminhada de 6 minutos; mMRC: escala de dispneia do *Medical Research Council modificada*; PIM: pressão inspiratória máxima sustentada; Endurance: resistência muscular respiratória.

Em relação à força muscular respiratória, os três participantes do protocolo de estudo apresentaram um aumento na PIM sustentada, com uma diferença média de 20,55cmH<sub>2</sub>O entre os dois momentos. Já com relação aos dados da resistência da musculatura respiratória, só foi observado melhora de apenas um dos três participantes que realizaram o protocolo. Ainda assim, o ganho médio foi de 6,67cmH<sub>2</sub>O (Tabela 2).

## DISCUSSÃO

Apresentamos três casos de pacientes que possuem DPOC com diferentes sintomas e graus de comprometimento da função pulmonar e muscular respiratória. A HD-tDCS aplicada ao córtex motor diafragmático associada ao TMI foi realizada para reverter

as sequelas respiratórias, como dispneia aos esforços e possibilitar uma melhora da capacidade funcional.

Tabela 2. Médias da avaliação basal e reavaliação após 6 (seis) semanas dos parâmetros do TC6M, mMRC, PIM sustentada e resistência muscular respiratória.

Variáveis	Linha de Base	Reavaliação (6 semanas)
TC6M (m)	328	350
mMRC	3	1,33
PIM sustentada (cmH <sub>2</sub> O)	40,3	60,8
Endurance (cmH <sub>2</sub> O)	36,6	43,3

Os dados são apresentados como: TC6M: teste de caminhada de 6 minutos; mMRC: escala de dispneia do *Medical Research Council modificada*; PIM: pressão inspiratória máxima sustentada; Endurance: resistência muscular respiratória.

Nossos pacientes mostraram resultados promissores nas quatro variáveis avaliadas, capacidade funcional, sensação de dispneia, PIM sustentada e resistência muscular respiratória após um programa de estimulação cerebral não invasiva associada ao TMI aplicado durante seis semanas.

A redução da capacidade funcional e a limitação aos exercícios são sintomas clínicos comuns em indivíduos com DPOC, pois a doença se caracteriza por manifestações sistêmicas significativas que resultam na redução gradual da capacidade de exercício e, por conseguinte, na diminuição da capacidade funcional, que se refere à habilidade de desempenhar atividades cotidianas<sup>16</sup>. O

protocolo clínico e diretrizes terapêuticas para a DPOC<sup>17</sup> mencionam que incluir pacientes com DPOC em um programa de reabilitação pulmonar com fisioterapia pode resultar em benefícios como: aprimoramento da qualidade de vida, diminuição de exacerbações e internações, além de melhorar a capacidade de realizar atividades físicas. No presente estudo observamos um aumento de 44 e 48 metros na distância percorrida nos casos 1 e 3, após a intervenção de seis semanas, o que não ocorreu com o caso 2, talvez impactado pela obesidade exclusivamente neste paciente. De acordo com a pesquisa realizada pela ATS<sup>1</sup>, envolvendo 112 pacientes diagnosticados com DPOC grave e estável, observou-se que para ser considerado uma melhora clínica, o ganho mínimo deve ser em média de 32 metros na distância percorrida no TC6M.

O sintoma clássico da DPOC que leva os pacientes a buscar ajuda profissional é a dispneia<sup>18</sup>. A presença desse sintoma está diretamente relacionada ao desempenho durante o exercício e, conseqüentemente, à qualidade de vida<sup>19</sup>. Ao final das seis semanas do protocolo, os pacientes apresentaram melhora na sensação de dispneia e conseqüentemente no ganho da distância percorrida no TC6M. O resultado do presente estudo está de acordo com estudo que avaliou a correlação entre a mMRC e a distância percorrida no TC6M em pacientes com DPOC, e constatou que quanto maior o mMRC menor o desempenho no TC6M, confirmando uma relação inversa entre a distância percorrida no TC6M e o score mMRC<sup>20</sup>.

Os baixos valores de PIM sustentada são previsíveis em pacientes com DPOC, uma vez que eles podem desenvolver fraqueza muscular inspiratória devido à fisiopatologia da doença, que envolve o aumento das resistências das vias aéreas e a diminuição da complacência pulmonar dinâmica, resultando em uma sobrecarga mecânica sobre os músculos inspiratórios<sup>1</sup>. Observamos que seis semanas de HD-tDCS ativa combinadas com o TMI resultou no ganho da força dos músculos respiratórios por meio da avaliação da PIM sustentada que aumentou em 20,5cmH<sub>2</sub>O, considerado importante clinicamente. A meta-análise que abrangeu 32 ensaios clínicos randomizados sobre os efeitos do TMI em pacientes com DPOC faz referência que para ser considerado uma mudança clínica significativa na PIM sustentada deve-se haver um ganho mínimo de 13cmH<sub>2</sub>O<sup>21</sup>.

A intolerância ao exercício, capacidade ventilatória reduzida, aumento das cargas respiratórias, obstrução ao fluxo aéreo, hiperinflação dinâmica, trocas gasosas anormais, disfunção muscular respiratória<sup>2,3</sup>, coloca os músculos inspiratórios em desvantagem mecânica. Conforme afirmado pela *American Thoracic Society* e pela *European Respiratory Society*<sup>22</sup>, o TMI promove o aumento da função muscular inspiratória, melhorando tanto a força quanto a resistência. Ao final do protocolo de seis semanas de HD-tDCS associado ao TMI, foi observado um aumento médio na carga máxima sustentada de 6,67cmH<sub>2</sub>O na resistência muscular respiratória dos indivíduos desta

pesquisa. Nossos resultados também estão alinhados com revisão sistemática<sup>23</sup>, que indica que o treinamento muscular inspiratório é eficaz no incremento da força e da resistência muscular inspiratória em pacientes que sofrem de DPOC.

Tratamentos adjuvantes para melhorar os efeitos do TMI são desafiadores, portanto, os resultados deste estudo podem resultar em um avanço importante no cenário da saúde, já que a HD-tDCS associada ao TMI é viável para um cenário clínico real, pois o protocolo permite a estimulação cerebral durante os procedimentos de TMI.

## **CONCLUSÃO**

Diante do exposto, nesta série de casos, observamos que os três voluntários apresentaram melhora com o protocolo da HD-tDCS associada ao TMI na sensação de dispneia e capacidade funcional em pacientes com DPOC, como também na PIM sustentada e resistência muscular respiratória. No entanto, ainda não está claro se os benefícios observados foram resultado da combinação de HD-tDCS com TMI ou da aplicação da TMI de forma isolada. Portanto, é essencial a realização de estudos futuros comparativos controlados e randomizados com uma amostra maior para esclarecer os efeitos da HD-tDCS em pacientes com DPOC.

## **REFERÊNCIAS**

1. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2023 report). 2023 (acessado

- em: 18/09/2023). Disponível em: <https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/>
2. Maltais F, Decramer M, Casaburi R, Barreiro E, Burelle Y, Debigare R, *et al.* An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Resp Crit Care Med* 2014;189:e15-62. <https://doi.org/10.1164/rccm.201402-0373ST>
  3. Singer J, Yelin EH, Katz PP, Sanchez G, Iribarren C, Eisner MD, *et al.* Respiratory and skeletal muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease: impact on exercise capacity and lower extremity function. *J Card Rehab Prev* 2011;31:111-9. <https://doi.org/10.1097/HCR.0b013e3182033663>
  4. Mantoani LC, Rubio N, McKinstry B, MacNee W, Rabinovich RA. Interventions to modify physical activity in patients with COPD: a systematic review. *Eur Resp J* 2016;48:69-81. <https://doi.org/10.1183/13993003.01744-2015>
  5. Watz H, Pitta F, Rochester CL, Garcia-Aymerich J, ZuWallack R, Troosters T, *et al.* An official European Respiratory Society statement on physical activity in COPD. *Eur Resp J* 2014;44:1521-37. <https://doi.org/10.1183/09031936.00046814>
  6. Silva CMDSE, Gomes Neto M, Saquetto MB, Conceição CSD, Souza-Machado A. Effects of upper limb resistance exercise on aerobic capacity, muscle strength, and quality of life in COPD patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehab* 2018;32:1636-44. <https://doi.org/10.1177/0269215518787338>
  7. Pilloni G, Bikson M, Badran BW, George MS, Kautz SA, Okano AH, *et al.* Update on the use of transcranial electrical brain stimulation to manage acute and chronic COVID-19 symptoms. *Front Hum Neurol* 2020;14:595567. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.595567>
  8. Lavolette L, Niérat MC, Hudson AL, Raux M, Allard E, Similowski T. The supplementary motor area exerts a tonic excitatory influence on corticospinal projections to phrenic motoneurons in awake humans. *PLoS One* 2013;8:1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062258>
  9. Nakayama T, Fujii Y, Suzuki K, Kanazawa I, Nakada T. The primary motor area for voluntary diaphragmatic motion identified by high field fMRI. *J Neurol* 2004;251:730-5. <https://doi.org/10.1007/s00415-004-0413-4>
  10. Azabou E, Bao G, Heming N, Bounab R, Moine P, Chevallier S. Randomized controlled study evaluating efficiency of low intensity transcranial direct current stimulation (tDCS) for dyspnea relief in mechanically ventilated COVID-19 patients in ICU: the tDCS-DYSP-COVID protocol. *Front Med* 2020;7:558317. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00372>
  11. Pollastri L, Gallo G, Zucca M, Filipas L, La Torre A, Riba U, *et al.* Bilateral Dorsolateral Prefrontal Cortex High-Definition Transcranial Direct-Current Stimulation Improves Time-Trial Performance in Elite Cyclists. *Int J Sport Phys Perform* 2021;16:224-31. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0910>

12. Andrade SM, Batista LM, Nogueira LL, Oliveira EAD, Carvalho AG, Lima SS. Constraint-induced movement therapy combined with transcranial direct current stimulation over premotor cortex improves motor function in severe stroke: a pilot randomized controlled trial. *Rehabil Res Pract* 2017;2017:6842549. <https://doi.org/10.1155/2017/6842549>
13. Azabou E, Roche N, Sharshar T, Bussel B, Lofaso F, Petitjean M. Transcranial direct-current stimulation reduced the excitability of diaphragmatic corticospinal pathways whatever the polarity used. *Resp Phys Neurol* 2013;189:183-7. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.07.024>
14. Raux M, Xie H, Similowski T, Koski L. Facilitatory conditioning of the supplementary motor area in humans enhances the corticophrenic responsiveness to transcranial magnetic stimulation. *J Appl Phys* 2012;108:39-46. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91454.2008>
15. Abodonya AM, Abdelbasset WK, Awad EA, Elalfy IE, Salem HA, Elsayed SH. Inspiratory muscle training for recovered COVID-19 patients after weaning from mechanical ventilation: A pilot control clinical study. *Medicine* 2021;100:e25339. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000025339>
16. Dias FD, Sampaio LMM, Silva GA, Gomes ÉLD, Nascimento ESP, Alves VLS. Home-based pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized clinical trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2013;8:537-44. <https://doi.org/10.2147/COPD.S50213>
17. Ministério da Saúde. Relatório de Recomendação: protocolo clínico e diretrizes terapêuticas da doença pulmonar obstrutiva crônica. Conitec, 2021 (acessado em: 13/09/2023). Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/protocolos-clinicos-e-diretrizes-terapeuticas-pcdt>
18. Santoro A, Tomino C, Prinzi G, Lamonaca P, Cardaci V, Fini M, et al. Tobacco smoking: risk to develop addiction, chronic obstructive pulmonary disease, and lung cancer. *Rec Pat Anti-Can D Disc* 2019;14:39-52. <https://doi.org/10.2174/1574892814666190102122848>
19. Nascimento LCS, Nunes LKRS, Santos EA, Alves ASS. Physiotherapy approach in the lung rehabilitation of COPD patients: an integrative review. *RSD* 2022;11:e496111033249. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.33249>
20. Andrade JD, Barreto Neto J, Teixeira AKAAF, Tojal AST, Cerqueira Neto ML, Oliveira GU, et al. Existe correlação entre escala *modified medical research concil* e teste de caminhada de 6 minutos em DPOC? VIII SULBRA FIR. ASSOBRAFIR Ciência 2015;6(supl 1):236. <https://assobrafirciencia.org/article/5ddbc9dc0e88250c62f2c91e/pdf/assobrafir-6-Suplemento+1-213.pdf>
21. Gosselink R, De Vos J, Van Den Heuvel SP, Segers J, Decramer M, Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with

COPD: what is the evidence?. Eur Resp J 2011;37:416-25.  
<https://doi.org/10.1183/09031936.00031810>

22.Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, Ambrosino N, Bourbeau J. American thoracic society/European respiratory society statement on pulmonary rehabilitation. Am J Resp Crit Care Med 2006;173:1390-413. <https://doi.org/10.1164/rccm.200508-1211ST>

23.Mota JC, Santos MRD, Sousa LRD, Abdoral PRG, Abdoral LSR, Miranda CJCDP. Treinamento muscular inspiratório em pessoas com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC): uma revisão sistemática. Fisioter Pesq 2023;30:e21028823en. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/e21028823pt>