

[ualized Experiments](#)[www.jove.com](http://www.jove.com)

Artigo de Vídeo

## Desenvolvimento de dispositivo de estimulação por corrente direta transcraniana baseado em casa: Um protocolo atualizado usado em casa em indivíduos saudáveis e fibromialgia Pacientes

Fabiana Carvalho <sup>1,2</sup>, Aline Patrícia Brietzke <sup>1,2</sup>, Assunta Gasparin <sup>1,2</sup>, Franciele Pereira dos Santos <sup>2,3</sup>, Rafael Vercelino <sup>4</sup>, Rafael Firmino Ballester <sup>2,3</sup>, Paulo Roberto Stefani Sanches <sup>5</sup>, Danton Pereira da Silva Jr <sup>5</sup>, Iraci LS Torres <sup>1,6</sup>, Felipe Fregni <sup>7,8</sup>, Wolnei Caumo <sup>1,2,9,10</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

<sup>2</sup> Laboratório de Dor e Neuromodulação do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA)

<sup>3</sup> Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

<sup>4</sup> Faculdade de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul (FADERGS), Escola de Saúde e Bem-Estar Laureate International Universities

<sup>5</sup> Departamento de Engenharia Biomédica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA)

<sup>6</sup> Departamento de Farmacologia, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

<sup>7</sup> Departamento de Medicina Física e Reabilitação, Harvard Medical School

<sup>8</sup> Spaulding Neuromodulation Center, Spaulding Rehabilitation Hospital

<sup>9</sup> Serviço de Dor e Cuidados Paliativos do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA)

<sup>10</sup> Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Correspondência para: Wolnei Caumo em [wcaumo@hcpa.edu.br](mailto:wcaumo@hcpa.edu.br)

URL: <https://www.jove.com/video/57614>

DOI: [doi: 10.3791 / 57614](https://doi.org/10.3791/57614)

Palavras-chave: Medicina, Edição 137, Estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS), tDCS domiciliar, impedância de contato tDCS, adesão ao tratamento, neuromodulação, fibromialgia, vídeo instrutivo

Data de publicação: 14/07/2018

Citação: Carvalho, F., Brietzke, AP, Gasparin, A., dos Santos, FP, Vercelino, R., Ballester, RF, Sanches, PR, da Silva Jr, DP, Torres, IL, Fregni, F., Caumo, W. Desenvolvimento de dispositivo de estimulação por corrente direta transcraniana baseado em casa: um protocolo atualizado usado em casa em pessoas saudáveis Sujeitos e pacientes com fibromialgia. *J. Vis. Exp.* (137), e57614, doi: 10.3791 / 57614 (2018).

### Abstrato

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é um método de estimulação cerebral não invasiva (NIBS), que modula o potencial de membrana de neurônios no córtex cerebral por uma corrente contínua de baixa intensidade. tDCS é uma técnica de baixo custo com efeitos adversos mínimos e fácil aplicação. Este método de neuroestimulação tem um futuro promissor para melhorar a terapia da dor, o tratamento de distúrbios neuropsiquiátricos e a reabilitação física.

Os estudos atuais demonstram os benefícios do uso de tDCS em várias sessões consecutivas. Porém, o deslocamento diário para o especialista centros, custos de viagens e interrupções nas atividades diárias são algumas das dificuldades enfrentadas pelos pacientes. Assim, para ser mais confortável, fácil de usar, e para não atrapalhar os compromissos diários, foi elaborado um ETCC domiciliar. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade de um dispositivo portátil tDCS para uso doméstico em indivíduos saudáveis e pacientes com fibromialgia.

Apesar do aumento do uso de ETCC e de um corpo razoavelmente grande de pesquisas sobre os efeitos em uma série de condições clínicas, há um número limitado quantidade de pesquisas no desenvolvimento de dispositivos seguros que garantam a dose e contenham um sistema de bloqueio para evitar o uso excessivo. Portanto, utilizamos um dispositivo tDCS com sistema de segurança para permitir o uso diário por 20 minutos com intervalo mínimo de 12 horas entre as sessões.

Um programador pré-configura o equipamento, que possui uma tampa de neoprene que permite o posicionamento dos eletrodos em qualquer montagem, conforme protocolos individualizados para tratamentos ou pesquisas. Depois, os pesquisadores podem avaliar a eficácia do tratamento e sua adesão usando informações mantidas no software do dispositivo.

Os resultados sugerem que o dispositivo é viável para uso doméstico, com monitoramento adequado de aderência e impedância de contato. Houve relatos de um poucos efeitos adversos, que não diferem dos relatados na literatura em estudos com o tratamento sob supervisão direta.

### Link de vídeo

O componente de vídeo deste artigo pode ser encontrado em <https://www.jove.com/video/57614/>

### Introdução

A estimulação cerebral não invasiva (NIBS), como a estimulação magnética transcraniana (TMS) e tDCS, está emergindo como uma opção terapêutica para várias condições, como distúrbios neuropsiquiátricos <sup>1,2</sup>, síndromes dolorosas <sup>3,4,5,6,7</sup> e reabilitação <sup>8,9</sup>. tDCS é uma forma de neuroestimulação que

modula o potencial de membrana dos neurônios no córtex cerebral por uma corrente contínua de baixa intensidade (1-2 mA). A corrente elétrica é aplicada

## Página

[ualized Experiments](#)

[www.jove.com](http://www.jove.com)

diretamente para o couro cabeludo na área do cérebro alvo ( *ou seja* , córtex motor primário, dorso-lateral pré-frontal, *etc.* ) por meio de eletrodos de esponja embebidos em solução salina ou eletrodos de borracha com gel condutor <sup>10</sup> . É uma técnica de baixo custo, de fácil aplicação e praticamente sem efeitos adversos.

No entanto, o uso de ETCC de longo prazo torna-se impraticável para muitos pacientes com doenças crônicas. Quando analisamos as evidências atuais sobre a ETCC, podemos observar que a maioria dos protocolos utilizou menos de 20 sessões e, também, o tratamento foi administrado em centro especializado <sup>6</sup> . No entanto, é uma reclamação frequente dos pacientes que gastam tempo e dinheiro para ir ao centro.

No mundo real, existem várias dificuldades cotidianas dos pacientes que recebem este tipo de terapia, porque frequentemente eles sofrem de dor refratária <sup>9</sup> / ou distúrbios psiquiátricos ou neurológicos graves. Muitos deles têm dificuldade para andar ou são cadeirantes. Um dispositivo ideal deve garantir sessões consecutivas para terapias de longo prazo, bem como ser capaz de realizar ensaios clínicos mais extensos com tamanhos de amostra maiores. Além disso, o dispositivo deve ter um sistema de bloqueio para garantir a dose de estimulação, evitando qualquer abuso ou uso excessivo. Além disso, o desenvolvimento de um dispositivo a ser utilizado sem supervisão direta pode testar sua eficácia em diferentes amostras, seja como um método único ou combinado com tratamentos farmacológicos, tarefas cognitivas ou funções físicas <sup>11,12</sup> . Portanto, precisamos levar em consideração que as repetidas sessões são uma característica intrínseca desse tipo de tratamento segundo um vasto conjunto de evidências. Uma resposta clínica geralmente requer repetidas sessões de estimulação durante longos períodos <sup>5,13,14</sup> . Neste contexto, existe uma lacuna para desenvolver um dispositivo tDCS portátil para uso domiciliar, ao menor custo, que seja de fácil manuseio e garanta a segurança e os benefícios observados em estudos sob supervisão direta na assistência centros.

Atualmente, o sistema mais avançado disponível para usar o tDCS em casa requer assistência remota, o que é uma barreira considerável para grande escala tratamento, especialmente a longo prazo. Na verdade, na vida real, não é viável manter uma intervenção de longo prazo se o paciente e o operador controlar o dispositivo remotamente precisa ser conectado a uma plataforma de videoconferência simultaneamente. O suporte remoto é uma barreira para manter o tratamento porque os pacientes e o operador que controla o controle remoto precisam estar disponíveis em um horário pré-determinado do dia para o tratamento a ocorrer. Isso não é prático e retira a autonomia do paciente para decidir qual é o melhor momento para a sessão de tratamento de acordo com sua rotina de vida diária <sup>15,16</sup> . Levando isso em consideração, um dispositivo tDCS para ser usado em casa deve ser prático e amigável para os usuários. O dispositivo tDCS apresentado neste estudo é simples e com um breve treinamento pode dar aos participantes a habilidade de usar o aparelho em casa.

Uma característica essencial do nosso dispositivo é que ele foi projetado para uso doméstico. Por este motivo, incluímos um sistema de bloqueio para evitar qualquer uso indiscriminado. Assim, um indivíduo não treinado pode usar o dispositivo, e a técnica pode ser reproduzida em estudos para fazer comparação de resultados possíveis entre os ensaios clínicos <sup>11,15,17</sup> . Com o objetivo de reduzir as dificuldades relacionadas ao tratamento de longo prazo, desenvolvemos um protocolo utilizando um dispositivo tDCS baseado em casa; aqui apresentamos um protocolo para um dispositivo tDCS portátil seguro e simples, evitando seu uso indevido <sup>16</sup> . Nós validamos este protocolo da ETCC domiciliar em indivíduos saudáveis e pacientes com fibromialgia, bem como mostrou sua viabilidade, conforme atestado por parâmetros eletrofisiológicos ( *ou seja* , potencial evocado motor) e medidas clínicas.

Incluímos neste estudo indivíduos saudáveis e pacientes com fibromialgia. A fibromialgia é uma síndrome que compreende a disseminação crônica dor musculoesquelética acompanhada por outros sintomas, como sintomas depressivos, fadiga, distúrbios do sono e rigidez matinal. Vários os pacientes apresentam sintomas continuados, apesar do tratamento farmacológico inicial na dose máxima tolerada. Por isso, aconselhamos estudar diferentes modalidades de tratamento, incluindo medidas não farmacológicas como as técnicas de NIBS, neste contexto, a ETCC domiciliar. A ETCC é uma opção potencialmente viável no tratamento da dor crônica, conforme demonstrado em vários estudos <sup>4,6,7</sup> . O desenvolvimento de uma casa tDCS permite a criação de ensaios clínicos de longo prazo e uma melhor compreensão do efeito cumulativo da tDCS para doenças crônicas ( *ou seja* , crônicas dor, depressão, reabilitação após acidente vascular cerebral, *etc.* ).

Apesar do fato de o uso de ETCC ter aumentado e de haver um corpo razoavelmente grande de pesquisas sobre seus efeitos e impacto em uma gama de clínicas condições, uma quantidade surpreendentemente limitada de pesquisas foi conduzida no desenvolvimento de um dispositivo que pode ser usado de forma viável e segura em casa. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade do dispositivo tDCS para uso domiciliar (monitoramento da adesão e contato impedância) em indivíduos saudáveis e pacientes com fibromialgia.

## Protocolo

Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética institucional do HCPA e obteve consentimento informado por escrito de todos os sujeitos. Detalhes do estudo com uma amostra de indivíduos saudáveis e pacientes com fibromialgia estão na **Figura 1** .

### 1. Recrutamento e triagem de participantes

#### 1. Recrutamento

1. Realizar um questionário de triagem por telefone para avaliar a elegibilidade e solicitar informações médicas confidenciais (psiquiátricas histórico, uso regular de tabaco, uso de drogas e álcool como critérios de exclusão).
2. Realizar uma triagem de linha de base para avaliar a aptidão dos participantes para ETCC domiciliar.

#### 2. Use os seguintes critérios de inclusão / exclusão.

1. Para indivíduos saudáveis (HS): inclui voluntários saudáveis do sexo masculino e feminino que concluíram o ensino superior, são destros e com idade entre 18 a 40 anos.
2. Para pacientes com fibromialgia (FM): incluir pacientes com diagnóstico de fibromialgia com base nos critérios do American College of Rheumatology, alfabetizada, do sexo feminino e com idade entre 18 a 60 anos.
3. Excluir contra-indicação para uso de ETCC: história de cirurgia cerebral, tumor, acidente vascular cerebral, implantação de metal intracraniano, gravidez ou amamentação.
4. Exclua os sujeitos que recebem menos de 80% das sessões estipuladas.

## 2. Equipamento proposto

Obs: Departamento de Engenharia Biomédica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre em parceria com o Laboratório de Dor & A neuromodulação desenvolveu o tDCS baseado em casa. Para resolver a dificuldade de colocação correta dos eletrodos sem a ajuda de outro pessoa, criamos um dispositivo tDCS e uma tampa que permite a utilização de dois eletrodos em várias montagens.

### 1. Dispositivo tDCS

NOTA: O dispositivo tem dimensões de 110 mm x 75 mm e um peso de 165 g. O consumo durante o uso é de 20 mA e 10  $\mu$ A em stand-by e só pode ser programado por pesquisadores.

- Defina os parâmetros do dispositivo: o número fixo de sessões de estimulação, o intervalo mínimo entre duas sessões consecutivas, o intensidade da corrente elétrica, duração da estimulação, tempo de subida e descida da corrente e modo de estimulação: ativo ou simulado.

### 2. Tampa / Sondas / Eletrodos de Silicone

NOTA: O material da touca é neoprene, o que facilita o contato das esponjas com o couro cabeludo, mantendo as esponjas fixas no local da estimulação.

A tampa tem uma tira de velcro presa ao queixo, garantindo que a tampa não se mova durante a estimulação.

- Escolha as dimensões corretas da tampa. A tampa permite o contato facilitado das esponjas com o couro cabeludo, mantendo as esponjas fixadas em o local de estimulação, e tem três tamanhos: pequeno (38 cm x 55 cm), médio (39 cm x 57,5 cm) e grande (40 cm x 59 cm).
- Coloque a tampa no participante e meça / marque a região escolhida.
- Remova a tampa do participante e fure a tampa no local desejado. Coloque os eletrodos e conecte as cânulas de silicone e preenchido seringas da solução salina. Formar eletrodos a partir de eletrodos de borracha condutora de 35 cm  $\times$  revestidos com uma esponja vegetal e um metal peça que o conecta às cânulas de silicone ( **Figura 2** ).

### 3. Protocolos

- Defina um protocolo para os participantes. Para indivíduos saudáveis, use estimulação anódica sobre o córtex motor primário esquerdo (M1) e catódico estimulação na região supra-orbitária contralateral ( **Figura 3A** ), 2 mA por 20 min, em um total de 10 sessões consecutivas.
- Defina um protocolo para os pacientes. Para pacientes com fibromialgia, use estimulação anódica sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (DLPFC) ( **Figura 3B** ), 2 mA por 30 min, em cinco dias consecutivos (segunda a sexta-feira) em um total de 60 sessões. Randomize pacientes com FM para um de dois tratamentos (tDCS ativa ou simulada). Um pesquisador não envolvido na coleta de dados realizou a randomização e utilizou o programa de computador intitulado Randomization.com.

NOTA: Durante a estimulação ativa, há um tempo de aceleração de 20 s para a corrente ir de zero a 2 mA e um tempo de desaceleração que também leva 20 s para que a corrente vá de 2 mA a zero para encerrar a estimulação. Desta forma, o participante não sofre uma brusca interrupção da corrente e visualização de manchas ou pontos de luz, conhecidos como fosfenos, produzidos a partir de fontes elétricas ou magnéticas estimulação <sup>19,20</sup>. A aplicação sham tem o mesmo tempo de ramp-up e ramp-down, mas em três momentos: no início, no meio (aos 15 min) e ao final da sessão (aos 30 min), para convencer o participante de que está recebendo o estímulo.

## 3. Visita de protocolo de linha de base - treinamento tDCS

- Prepare os materiais para cada participante: uma caixa contendo uma tampa de neoprene, um dispositivo tDCS, um carregador de bateria, 2 eletrodos, 2 de silicone cânulas fixadas aos eletrodos, 20 seringas com 10 mL de soro fisiológico e duas seringas de solução salina fisiológica adicional, e uma frasco de solução salina fisiológica adicional.

- Faça uma sessão de treinamento com o participante e informe-o sobre os detalhes do dispositivo e o processo passo a passo para autoestimulação administração. Os participantes também devem assistir a um vídeo instrutivo sobre o uso de tDCS em casa.

### 3. Sessão de treinamento

- Inspeção a pele para ver se há alguma lesão ou algo que contra-indique o uso de ETCC.
- Posicione o participante em frente a um espelho e separe seus cabelos de forma a revelar a área a ser estimulada, conforme protocolo de o estudo.
- Limpe a superfície da pele para remover cremes, sujeira ou gordura.
- Coloque a tampa na cabeça com a costura frontal entre as sobrancelhas. A tampa não deve ser justa nem solta, mas confortável.
- Conecte o cabo do eletrodo ao aparelho e ligue o equipamento.

### 4. Sequência de telas

- Ligue o dispositivo e a primeira tela aparecerá: Tela de abertura ( **Figura 4A** ).
- Aguarde alguns segundos e a segunda tela aparecerá: Status da bateria ( **Figura 4B** ). Na sequência, a terceira tela mostrará a data e tempo ( **Figura 4C** ).
- Como a próxima tela é o comando *vestir a tampa*, pressione o botão central depois de verificar se a tampa está bem presa ( **Figura 4D** ).
- Aguarde o comando *injetar solução salina*. Certifique-se de que a solução salina seja alimentada lentamente aos eletrodos usando a seringa já conectada, usando 6 mL para cada eletrodo. Pressione o botão central após injetar a solução salina ( **Figura 4E** ).
- A sexta tela é o comando para iniciar a sessão. O participante deve pressionar o botão central quando estiver pronto para iniciar a estimulação ( **Figura 4F** ).
- Como a sétima tela mostra o início da estimulação, veja no display: duração da sessão, carga da bateria e duas linhas. O a linha superior mostra a intensidade (I) e a linha inferior mostra a resistência (R) ( **Figura 4G** ).  
NOTA: A intensidade aumentará gradativamente até atingir 2 mA (ou outra intensidade definida). A resistência deve aproximadamente atingir o meio desta linha (5 k $\Omega$ ), e o investigador pode configurar o dispositivo para o limite de impedância máximo que desejar.
- Aguarde o fim da estimulação e, após vinte minutos (ou outro tempo estipulado), o dispositivo tDCS desliga e estimula cessa, salvando os dados da sessão no software do dispositivo ( **Figura 5** ).  
NOTA: O aparelho registra cada sessão, com o dia e horário da estimulação, resistência e duração total da estimulação.

### 5. Recursos de segurança

[ualized Experiments](#)

[www.jove.com](http://www.jove.com)

1. Defina tolerabilidade. Após iniciar a estimulação, pergunte ao participante sobre conforto ao estímulo. Se o participante relatar desconforto, molhar as esponjas com solução salina para diminuir esses efeitos ou reduzir a intensidade da corrente para 1,0 mA (ou outra intensidade definida).
2. Preste atenção para alta resistência. Se a resistência for muito alta ( **Figura 6A** ), o dispositivo emitirá um aviso de alarme: "ajuste a tampa e injete extra soro fisiológico " ( **Figura 6B** ). Neste ponto, ajuste os eletrodos na cabeça e injete um pouco mais de soro fisiológico, tentando não ultrapassar 10 mL. a impedância ocorrerá quando houver mau contato, uma baixa quantidade de solução salina ou quando a corrente elétrica mudar em mais de 10%.
3. Pare a sessão, se necessário. O botão central precisará ser pressionado por alguns segundos, seguido de pressionar o botão para desligar após o qual uma mensagem "Desligar?" aparecerá ( **Figura 7** ).
4. Não repita a sessão em 24 h. Se a sessão de estimulação durou menos de 50% do tempo total, é possível repetir a sessão no mesmo dia. Porém, se a sessão durou mais de 50% do tempo todo, não é possível replicar a estimulação no mesmo dia, pois a sessão inicial será considerada válida.
5. Carregue a bateria. O dispositivo contém uma bateria de 9 volts, que é recarregável. Quando a bateria está em 50%, é necessário carregar isto. Para isso, é necessário desconectar o cabo eletrodo e trocá-lo pelo cabo carregador, pois não é possível carregar o bateria durante uma sessão de estimulação.

#### 4. Sessões tDCS domiciliares

1. Instrua o participante a escolher um momento de silêncio em seu dia para a sessão, para não ser interrompido e evitar ter que interromper o procedimento. A atividade do participante deve ser orientada de acordo com o protocolo do estudo e deve ser a mesma para todas as sessões.
2. Efeitos adversos
  1. Instrua o participante a preencher corretamente o diário de efeitos adversos imediatamente após a sessão domiciliar de ETCC. Pacientes com FM também eram instruído a preencher os níveis de dor pré (antes da sessão) e pós-estimar, imediatamente após a sessão.
3. Disponibilidade da equipe
  1. Dê ao participante todas as informações por escrito e um número de telefone de contato. Este número deve estar disponível 24 ha por dia porque se os participantes tivessem dúvidas ou algum problema no uso do dispositivo, deveriam poder contatar um membro da equipe a qualquer momento.
  2. Pergunte ao participante a hora aproximada do dia em que a sessão será realizada. Assim, um membro da equipe deve estar ciente de possíveis demandas.  
NOTA: Após o término do protocolo, o participante deve fazer a avaliação final e devolver o dispositivo tDCS e efeitos adversos diário.
4. Acesse as informações do software
  1. Acesse as informações registradas ao final do tratamento. Para fazer isso, use um computador e um cabo para extrair as informações salvas no software. Este dado mostra todas as sessões realizadas e apresenta os valores da intensidade da corrente utilizada e do contato impedância de cada sessão. O participante não tem acesso a essas informações ( **Figura 8** ).

#### Resultados Representativos

Um total de  $n = 20$  indivíduos saudáveis foram recrutados (8 homens / 12 mulheres) entre março de 2015 e abril de 2016. Um participante foi excluído, devido a tendo realizado apenas 50% das sessões. Assim, um total de 19 sujeitos completaram o experimento. A média de idade foi de 26,31 anos ( $\pm 4,89$ ).

Um total de  $n = 8$  pacientes com fibromialgia foram recrutados entre novembro de 2016 e abril de 2017 e randomizados em dois grupos: FM ativo e FM farsa, falso. A média de idade foi de 49,5 anos ( $\pm 8,48$ ). Os pacientes que experimentaram a condição simulada receberam um questionário de "validação cega" perguntando que estímulo eles acreditam ter recebido. Todos os pacientes responderam que receberam estimulação ativa.

Medimos a adesão contando o número de sessões concluídas, verificado pelos registros no software. No estudo com HS, havia houve 90% de adesão às sessões propostas, totalizando 19 sessões de treinamento e 171 sessões válidas (total: 190). No estudo com pacientes com FM, houve 94% de adesão às sessões de estimulação propostas, totalizando oito sessões de treinamento e 227 sessões válidas para FM ativa e 225 sessões válidas para FM sham (total: 460). O número total de sessões válidas na amostra saudável e com fibromialgia foi de 650 sessões, com adesão de 93%.

A impedância de contato da amostra de HS teve média de 2,93 ( $\pm 1,04$ ) e o estudo com pacientes com FM (apenas ETCC ativa) foi de 2,82 ( $\pm 1,15$ ). O a média da impedância de contato considerando ambas as amostras ( $n = 416$ ) foi de 2,87 ( $\pm 1,13$ ) ( **Figura 9** ).

Os efeitos adversos foram semelhantes entre os grupos ativos HS e FM (embora o grupo FM tenha alguns itens com mais frequência do que o HS grupo). O grupo sham teve efeitos adversos, mas foram menores do que os encontrados nos outros grupos ( **Figura 10** ).

Um total de  $n = 47$  sessões não foram realizadas pelos participantes (HS = 19 e FM = 28). As justificativas eram: atividades sociais pré-programadas, esquecimento e problemas técnicos no cabo e na bateria. Três participantes precisaram substituir a bateria, que não recarregou corretamente. Nenhum dos participantes interrompeu uma sessão durante a estimulação. Quando o dispositivo apresentou mau funcionamento, ele foi alterado, ou o participante foi orientado para resolver o problema. Nenhum caso permaneceu sem solução.

**Figura 1: Fluxo de estudo**

Detalhes do desenho do estudo - indivíduos saudáveis e pacientes com fibromialgia.

**Figura 2: Desenho esquemático da construção do eletrodo**

( **A** ) Vista do lado direito. ( **B** ) Vista do lado esquerdo. ( **C** ) Vista superior. ( **D** ) Vista inferior.

**Figura 3: Área de estimulação**

( **A** ) Área de estimulação em indivíduos saudáveis: estimulação anódica sobre M1 esquerdo e estimulação catódica sobre área supra-orbitária contralateral. ( **B** ) Área de pacientes com FM de estimulação: área DLPFC, com estimulação anódica sobre o lado esquerdo.

**Figura 4: Sequência de tela**

( **A** ) Tela de abertura. ( **B** ) Status da bateria. ( **C** ) Data e hora. ( **D** ) Comando "use a tampa". ( **E** ) Comando "injetar solução salina". ( **F** ) Comando para iniciar o sessão. ( **G** ) Início da estimulação.

**Figura 5: Salvando a sessão quando a estimulação parar**

Após o final da estimulação, o dispositivo tDCS desliga automaticamente e a estimulação cessa, salvando a sessão.

**Figura 6: Tela de aviso de alarme**

( **A** ) Alta resistência. ( **B** ) Aviso de alarme: "ajustar a tampa e injetar solução salina extra".

**Figura 7: Tela de desligamento se a sessão precisar ser interrompida durante a estimulação**

Se a sessão precisar ser interrompida durante a estimulação, o botão central pode ser pressionado por alguns segundos, seguido pelo botão desligar botão e uma mensagem "Desligar?" vai aparecer.

**Figura 8: Curvas típicas de intensidade de corrente *versus* impedância de contato durante uma sessão tDCS**

Um exemplo de intensidade de corrente e curvas de impedância de contato (sujeito saudável). Intensidade de corrente (mA): Linha vermelha. Resistência (k $\Omega$ ): Linha azul.  
[Clique aqui para ver uma versão ampliada desta figura.](#)

**Figura 9: Impedância de contato**

Média da impedância de contato - indivíduos saudáveis e pacientes com fibromialgia tDCS ativa (n = 416).

**Figura 10: Resultados dos efeitos adversos**

Comparação entre grupos de participantes: indivíduos saudáveis (HS), pacientes com fibromialgia de ETCC ativa (FM ativa) e fibromialgia de ETCC fictícia (simulação FM). [Clique aqui para ver uma versão ampliada desta figura.](#)

## Discussão

O aparelho apresentava interface de usuário adequada via LCD (display de cristal líquido) e era amigável e de fácil manuseio. Nossa casa O equipamento tDCS provou ser adequado para uso a longo prazo, uma vez que a adesão foi superior a 90%, mesmo quando os participantes foram instruídos a realizar 60 sessões domiciliares. Isso possibilita a reprodutibilidade das condições de pesquisa <sup>13,21</sup> necessárias para a idealização e confiança na estudos com este dispositivo.

É desafiador manter a adesão quando a pesquisa envolve sessões consecutivas sem intervalos nos finais de semana. Este fato é um dos hipóteses levantadas para justificar porque os participantes saudáveis tiveram uma adesão ligeiramente menor do que os pacientes com fibromialgia. Além disso, uma justificativa para explicar o Os resultados atuais podem ser que pacientes com dor crônica têm como motivador a possibilidade de alívio da dor, o que não ocorre em indivíduos saudáveis.

O uso de tDCS domiciliar permite que os participantes escolham o horário do dia para receber o tratamento, acomodando, portanto, os pacientes horários. Além disso, outros protocolos de pesquisa comparando tempos diferentes de aplicação tDCS podem ser concebidos usando este dispositivo, vinculando-se a outras áreas de estudo, como cronobiologia da dor, por exemplo. Além disso, o dispositivo provou ser seguro para uso sem supervisão em tempo real das sessões. devido ao seu sistema de segurança. O dispositivo pode ser pré-configurado para permitir um intervalo entre as sessões, duração da estimulação, intensidade, máximo resistência, número de cursos e estimulação ativa ou simulada predefinida por um programador. Portanto, é possível programar para uso diário de 20 min com intervalo mínimo de 12 horas entre as sessões (ou outras configurações). Assim, os pesquisadores podem monitorar a adesão usando informações mantidas no software do dispositivo. Portanto, nossos resultados comprovaram que os recursos do dispositivo garantem confiabilidade e reprodutibilidade da estimulação, que é um fator crucial no desenvolvimento de ensaios clínicos.

A impedância de contato eletrodo-pele é uma variável importante para garantir a segurança do uso da ETCC <sup>16,21</sup>. Alta impedância pode estar relacionada a acoplamento entre o eletrodo e a pele ou ressecamento da esponja do eletrodo. Essas situações podem aumentar a densidade de corrente e levar a

---

## Página

[ualized Experiments](#)

[www.jove.com](http://www.jove.com)

lesões cutâneas <sup>22</sup>. Em nosso estudo, o uso de 6 mL de solução salina foi suficiente para garantir baixa impedância de contato e foi adequado e semelhante em ambos os grupos.

Os efeitos adversos produzidos por nosso dispositivo não diferem daqueles relatados em uso ambulatorial. Assim, nosso tDCS baseado em casa se assemelha equipamento tradicional, sendo viável, confiável e seguro para uso em casa em sessões consecutivas de terapias de longa duração, permitindo a possibilidade de executar ensaios clínicos mais extensos com amostras maiores.

## Divulgações

Os autores não têm nada a divulgar.

## Reconhecimentos

Os autores agradecem aos colaboradores do departamento de Engenharia Biomédica do HCPA pelo auxílio e apoio. Agradecimentos a Mário Eugênio Saretta Poglia, Francisco Mauro e Cássia Garzela pelas fotos e filmagens e Emilie Pinheiro e Ketlin Bazzo pela participação no vídeo e nas fotos. Agradecemos também à Faculdade União das Américas, que cedeu o local para o vídeo gravação. Esta pesquisa foi financiada por bolsas e material de apoio das seguintes agências brasileiras: Comitê para o Desenvolvimento da Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Programa de Pós-Graduação em Medicina Ciências pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de Pós-Graduação do Hospital de Clínicas de Porto Alegre - FIPE HCPA e FINEP (Pesquisa em Engenharia Biomédica) - 02/2013: 13.04.0465.00.

## Referências

1. Brunoni, AR *et al.* Estimulação transcraniana por corrente contínua para episódios depressivos maiores agudos: meta-análise de dados de pacientes individuais. *British Journal of Psychiatry*. **10**, 1-10 (2016).
2. Brunoni, AR *et al.* Trial of Electrical Direct-Current Therapy versus Escitalopram for Depression. *New England Journal of Medicine*. **376**, 2523-2533 (2017).
3. Boggio, PS, Zaghi, S., Lopes, M., & Fregni, F. Efeitos modulatórios da estimulação anódica transcraniana por corrente contínua na percepção e na dor limiares em voluntários saudáveis. *European Journal of Neurology*. **15**, 1124-1130 (2008).
4. Fenton, BW, Palmieri, PA, Boggio, P., Fanning, J., & Fregni, F. Um estudo preliminar de estimulação transcraniana por corrente contínua para o tratamento da dor pélvica crônica refratária. *Brain Stimulation*. **2**, 103-107 (2009).
5. Fregni, F. *et al.* Um ensaio de fase II controlado por sham de estimulação transcraniana por corrente contínua para o tratamento de dor central na coluna traumática lesão no cordão. *Dor*. **122**, 197-209 (2006).
6. Fregni, F. *et al.* Um estudo de prova de princípio, randomizado e controlado por sham da estimulação transcraniana por corrente contínua para o tratamento da dor em fibromialgia. *Artrite e Reumatismo*. **54**, 3988-3998 (2006).
7. Valle, A. *et al.* Eficácia da estimulação anódica transcraniana por corrente contínua (ETCC) para o tratamento da fibromialgia: resultados de um estudo randomizado, ensaio clínico longitudinal controlado por sham. *Journal of pain management*. **2**, 353-361 (2009).
8. Lindenberg, R. *et al.* A integridade estrutural das fibras motoras corticoespinhais prediz o comprometimento motor no AVC crônico. *Neurologia*. **74**, 280-287 (2010).
9. Valiengo, LCL *et al.* Estimulação transcraniana por corrente contínua para o tratamento da depressão pós-AVC: resultados de uma simulação randomizada ensaio controlado, duplo-cego. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. jnnp-2016-314075 (2016).
10. DaSilva, AF, Volz, MS, Bikson, M., & Fregni, F. Posicionamento e montagem do eletrodo na estimulação transcraniana por corrente contínua. *Diário de Experimentos Visualizados*. e2744 (2011).
11. Kasschau, M. *et al.* A estimulação transcraniana por corrente contínua é viável para parto domiciliar supervisionado remotamente em esclerose múltipla. *Neuromodulação*. **19**, 824-831 (2016).
12. Charvet, L. *et al.* A estimulação por corrente direta transcraniana supervisionada remotamente aumenta os benefícios do treinamento cognitivo em casa em Esclerose múltipla. *Neuromodulação*. (2017).
13. Charvet, LE *et al.* Estimulação por corrente contínua transcraniana supervisionada remotamente (tDCS) para ensaios clínicos: diretrizes para tecnologia e protocolos. *Frontiers in Systems Neuroscience*. **9**, 26 (2015).
14. Nitsche, MA *et al.* Estimulação transcraniana por corrente contínua: Estado da arte 2008. *Brain Stimulation*. **1**, 206-223 (2008).
15. Charvet, LE *et al.* Estimulação por corrente contínua transcraniana supervisionada remotamente (tDCS) para ensaios clínicos: diretrizes para tecnologia e protocolos. *Frontiers in Systems Neuroscience*. **9**, (2015).
16. Kasschau, M. *et al.* Um protocolo para o uso de estimulação por corrente contínua transcraniana supervisionada remotamente (tDCS) na esclerose múltipla (EM). *Journal of Visualized Experiments*. e53542 (2015).
17. Lefaucheur, J.-P. *et al.* Diretrizes baseadas em evidências sobre o uso terapêutico da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC). *Clinico Neurofisiologia*. **128**, 56-92 (2017).
18. O'Neill, F., Sacco, P., & Nurmikko, T. Avaliação de um dispositivo de tratamento de estimulação por corrente contínua transcraniana baseado em casa (tDCS) para crônicas dor: protocolo de estudo para um ensaio clínico randomizado. *Ensaio*. **16**, 186 (2015).
19. Antal, A., Kincses, TZ, Nitsche, MA, & Paulus, W. Modulation of Moving phosphene thresholds by transcranial direct current stimulation of V1 em humano. *Neuropsychologia*. **41**, 1802-1807 (2003).
20. Halko, M., Eldaief, M. e Pascual-Leone, A. Noninvasive brain stimulation in the study of the human visual system. *Glaucoma*. **22**, 39-51 (2013).
21. Bikson, M., Datta, A., & Elwassif, M. Estabelecendo limites de segurança para estimulação transcraniana por corrente contínua. *Neurofisiologia Clínica*. **120**, 1033-1034 (2009).
22. Minhas, P. *et al.* Eletrodos para estimulação DC transcutânea de alta definição para aplicações em administração de drogas e eletroterapia, incluindo tDCS. *Journal of Neuroscience Methods*. **190**, 188-197 (2010).