

# EFEITO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA TRANSCRANIANA COMBINADO À NEUROMUSCULAR NA QUALIDADE DE VIDA DE PACIENTES COM LESÃO MEDULAR: ESTUDO QUASE EXPERIMENTAL

**Palavras-Chave:** LESÃO MEDULAR, DOR NEUROPÁTICA, NEUROMODULAÇÃO FUNCIONAL

**Autores(as):**

**Cezar Sabino Pereira da Silva, Aluno de Iniciação Científica FCM – UNICAMP**  
**Ana Clara Dias Pereira, Aluna de Iniciação Científica Faculdade de Medicina – PUC CAMPINAS**  
**Vívian Santos Xavier Silva, Aluna de Iniciação Científica FEF - UNICAMP**  
**Aline Santana Juncker, Mestranda FCM – UNICAMP**  
**Eunyce Fragoço Martins, Doutoranda FCM - UNICAMP**  
**Prof. Dr. Jean Marcos De Souza, Docente FCM – UNICAMP**

## INTRODUÇÃO:

As lesões medulares (LMs) traumáticas resultam de um impacto severo na medula espinhal e constituem um grupo comum de injúrias neurológicas, podendo levar a deficiências graves nos sistemas motor, sensorial e autonômico. Além de serem prevalentes globalmente, as LMs traumáticas estão associadas a uma mortalidade significativa e a uma perda substancial no bem-estar psicológico e físico dos pacientes acometidos.<sup>(1)</sup>

Para auxiliar no tratamento e acompanhamento de pacientes com lesão medular, a American Spinal Cord Injury Association (ASIA) desenvolveu a Impairment Scale (AIS), que classifica as LMs de acordo com o grau de acometimento do funcionamento neurológico do paciente. O AIS-A representa o comprometimento completo, sem função motora ou sensorial preservada nos segmentos medulares de S4-S5. O AIS-B refere-se ao comprometimento incompleto, com função sensorial preservada em S4-S5. O AIS-C e o AIS-D indicam comprometimento incompleto, com função motora preservada<sup>(2)</sup>.

A dor neuropática (DN) crônica é causada por uma injúria ao sistema somatossensorial, sendo uma consequência comum LMs e uma das principais causas de sofrimento. Pessoas com LMs podem sofrer com DNs centrais, decorrentes da lesão na medula espinhal, ou DNs periféricas, resultantes das lesões nas raízes nervosas. Nesses casos, as dores neuropáticas são caracterizadas por ocorrerem abaixo ou no nível da lesão, sendo que as dores localizadas acima não se relacionam diretamente com a LM, pois poucas evidências apontam uma hipersensibilidade pós-LM acima do segmento medular em humanos. Entretanto, dores neuropáticas podem ser causadas indiretamente pela LM – um exemplo é a síndrome do túnel do carpo em pacientes de uso crônico de cadeiras de rodas. As dores neuropáticas podem ser espontâneas ou provocadas por estímulos, podendo haver alodinia, hiperalgesia e disestesia<sup>(2)</sup>.

A estimulação elétrica transcraniana por corrente contínua (tDCS) consiste na passagem de uma corrente elétrica fraca, comumente por dois ou três eletrodos colocados no couro cabeludo do paciente. Durante a estimulação, a corrente passa pelos eletrodos em um circuito completo, sendo a estimulação anódica (terminal positivo) responsável pela facilitação da despolarização de neurônios e a estimulação catódica (terminal negativo) responsável por um efeito hiperpolarizante<sup>(3)</sup>. A modulação para diferentes regiões do encéfalo, com base na neurofisiologia e na distribuição somática, faz da tDCS um método reversível, não invasivo, de baixo custo e de fácil uso para diversas condições clínicas<sup>(3)</sup>. Especificamente, tem-se relatado que a tDCS foi benéfica no tratamento da fibromialgia e das dores neuropáticas associadas à diabetes e às LMs traumáticas propriamente ditas<sup>(4-6)</sup>. No caso das DNs relacionada à LM, os estudos apresentam resultados mistos, com o compilado dos achados apontando para um efeito apenas modesto na dor<sup>(5)</sup>. Contudo, a tDCS nunca foi avaliada associada ao exercício físico em pacientes com LM, e estudos com pacientes com desordens musculoesqueléticas demonstram que a tDCS combinada ao exercício pode apresentar tamanhos de efeito superiores à neuromodulação isolada<sup>(6)</sup>.

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) é o único método conhecido para controlar a contração muscular de músculos paralisados, sendo, portanto, muito relevante para a reabilitação física pós-LM. Neste caso, correntes elétricas com diversas especificações podem ser entregues aos músculos e nervos periféricos, visando a realização de movimentos musculares<sup>(7,8)</sup>. O uso de EENM em pacientes com LM está associado ao ganho de movimento e neuroplasticidade, podendo também haver recuperação de massa óssea e função cardiopulmonar,

além de abrir possibilidades para o treino de marcha artificial e propriocepção quando métodos funcionais de estimulação são aplicados<sup>(7)</sup>.

Tendo em vista a carência de tratamentos efetivos para a dor neuropática e o impacto negativo que esta causa no bem-estar físico e psicológico dos pacientes com lesão medular (LM), esta pesquisa visa preencher uma lacuna na literatura ao avaliar os efeitos da utilização de tDCS em conjunto com EENM em pacientes com lesão medular e dor neuropática crônica. Considerando que técnicas de neuromodulação cortical podem se beneficiar de exercícios físicos simultâneos em pacientes com medula intacta e dor crônica, pondera-se que os movimentos funcionais artificialmente promovidos também podem beneficiar pacientes com LM, tanto no manejo da dor crônica quanto no aprimoramento da qualidade de vida e da motricidade.

## METODOLOGIA:

Tratou-se de um ensaio clínico não controlado (quase experimental) com pacientes com lesão medular (LM) estabelecida e estável, associada à dor neuropática (DN) crônica. Todas as etapas do projeto ocorreram no Laboratório de Reabilitação do Aparelho Locomotor do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. O grupo de participantes voluntários foi submetido à avaliação do estado medular pelo AIS e ao preenchimento de questionários de dor e qualidade de vida. O protocolo de intervenção consistiu em sessões semanais de tDCS concomitante a EENM do tipo funcional (functional electrical stimulation, FES) de grupamentos musculares dos membros, descrito em detalhes adiante. Após 12 semanas de treinamento, todo o protocolo de avaliação inicial foi repetido. As hipóteses levantadas foram de que o treinamento levaria a:

- Melhora da dor crônica, medida pelas escalas Neuropathic Pain Symptoms Inventory (NPSI)<sup>(9)</sup>, McGill Pain Questionnaire (MPQ)<sup>(10)</sup> e Pain Quality Assessment Questionnaire (PQAS)<sup>(11)</sup>;
- Melhora da qualidade de vida, medida pelas escalas Short-form Health Survey-36 (SF-36)<sup>(12)</sup> e Quality of Life Index Spinal Cord Injury III (QoLSCI)<sup>(13)</sup>;
- Redução do nível de lesão sensitiva, medida pela escala AIS<sup>(14)</sup>.

Foram recrutados, por conveniência, pacientes com lesão medular e dor neuropática (DN) seguidos regularmente no ambulatório de Ortopedia do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. A dor foi classificada como neuropática com base no questionário Douleur Neuropathique 4 (DN4)<sup>(15)</sup>. Todos que atenderam aos critérios foram convidados a participar. No presente estudo, o foco da avaliação foi as melhoras da qualidade de vida, sendo que a análise dos caracteres da dor foi conduzida por outro aluno sob tutela do Dr. Jean Marcos de Souza.

**Tabela 1 - Critérios de Inclusão e Exclusão**

| <b>Critérios de Inclusão</b>   | <b>Critérios de Exclusão</b>   |
|--|--|
| Lesão medular de C2 a T12 há pelo menos um ano                               | Comprometimento cognitivo que impedisse o treinamento seguro com eletrodos                   |
| Déficit neurológico estável há pelo menos seis meses                         | DN prévia à lesão medular  |
| Idade acima de 18 anos   | Outras síndromes dolorosas crônicas, como fibromialgia e síndrome dolorosa complexa regional |
| Ambos os sexos   | Lesões cutâneas extensas que impedissem o acoplamento dos eletrodos                          |
| Dor no nível neurológico da lesão ou abaixo, com DN $\geq 4$ <sup>(15)</sup> | Transtorno do humor descompensado  |
|  | Epilepsia  |
|  | Uso de marcapasso  |

Fonte: Dados do próprio estudo.

O tDCS foi realizado com o ânodo posicionado no córtex motor primário (C3 ou C4), de acordo com o hemisfério dominante, e o cátodo posicionado na região supraorbitária contralateral (Fp1 ou Fp2). As regiões foram obtidas de acordo com o sistema internacional 10-20, utilizando as medidas de superfície cefálica conforme protocolo. Os eletrodos foram aplicados através de esponjas umedecidas com soro fisiológico e fixadas com faixas elásticas. A carga aplicada foi de 2mA e o tempo total do protocolo foi de 20 minutos. As sessões ocorreram semanalmente, uma vez por semana, sempre no mesmo dia, em combinação com a FES.

Simultaneamente à tDCS, os participantes foram submetidos à FES do quadríceps femoral bilateral por 20 minutos. Foram utilizados eletrodos descartáveis de 10x5cm, com o ânodo posicionado no terço distal e o cátodo no terço proximal do quadríceps, ambos na região anterior. O aparelho entregou cargas intercaladas entre os membros direito e esquerdo, simulando o movimento de marcha, com 1 segundo de tempo de subida, 3 segundos de tempo de manutenção e 0 segundos de tempo de descida. O estímulo foi mantido de forma contínua e intercalada, sem intervalos, por um total de 20 minutos.

Foi utilizado um estimulador elétrico de quatro canais que apresentou um sinal de 25 Hz monofásico com pulsos retangulares de 300µs de duração, com intensidade de 70-150 V e máxima de 300 V (carga 1kΩ). O tempo total de treinamento para todos os participantes foi de 12 semanas e a frequência das sessões foi registrada em Livro Ata administrado pelos pesquisadores.

A dor foi avaliada utilizando os questionários NPSI, MPQ e PQAS, que permitem caracterizar e quantificar síndromes algicas, com foco no componente neuropático. A qualidade de vida e a funcionalidade foram avaliadas através dos questionários QoLSCI, desenvolvido especificamente para LM, e SF-36, com adaptação para excluir a seção 3, não aplicável a cadeirantes. Os questionários serão armazenados no departamento de Medicina Interna da Unicamp, sob responsabilidade do Prof. Jean Marcos de Souza, por 5 anos.

O protocolo de estratificação da lesão medular seguiu as diretrizes da ASIA. O paciente permanecia deitado em maca a 0º enquanto eram realizados mapeamentos das raízes sensitivas bilaterais através de todos os dermatômos com estímulos táteis fino e doloroso. O estímulo facial era usado como controle. A sensibilidade era classificada como normal, ausente ou anormal. Para o exame motor, manobras deficitárias e/ou resistidas eram realizadas, classificando a força conforme a escala do MRC. As raízes utilizadas pertenciam ao plexo braquial (C5 a T1) e lombossacral (L2 a S1). O nível de lesão era determinado pela última raiz com funcionalidade normal. O exame incluía um toque retal para testar a sensibilidade e motricidade da região anal (segmentos S4-S5), classificando o paciente em cinco categorias conforme a gravidade da lesão medular.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Dado que a pesquisa prossegue, poucos resultados são possíveis de se estabelecer. No período de escrita desse excerto, apenas 2 participantes possuíam dados passíveis de avaliação – outros 6 pacientes estão seguindo o protocolo. Desse modo, esses serão os dados discutidos, sendo importante ressaltar que os participantes aderiram semanalmente ao estudo de forma ininterrupta e plena.

**Tabela 2 – Características dos pacientes do estudo**

|                      | Sexo      | Idade | Ano da LM | Classificação da LM | NLI              |
|----------------------|-----------|-------|-----------|---------------------|------------------|
| Paciente 1 - DESTRO  | Masculino | 32    | 2019      | AIS A               | T10 pré, T12 pós |
| Paciente 2 – CANHOTO | Masculino | 57    | 2018      | AIS B               | T9 pré, T10 pós  |
| Paciente 3 – DESTRO  | Masculino | 49    | 1997      | AIS A               | T6               |
| Paciente 4 – DESTRO  | Feminino  | 49    | 2020      | AIS A               | T4               |
| Paciente 5 – DESTRO  | Feminino  | 37    | 2020      | AIS A               | T5               |
| Paciente 6 – CANHOTO | Masculino | 37    | 2022      | AIS C               | T10              |
| Paciente 7 – DESTRO  | Masculino | 35    | 2010      | AIS C               | C7               |
| Paciente 8 – DESTRO  | Masculino | 37    | 2004      | AIS B               | C5               |

Fonte: Dados do próprio estudo. Classificação da LM segundo o ASIA. NLI: Neurological Level of Injury (Nível Neurológico da Lesão segundo o ASIA).

O participante 1 é um homem destro de trauma medular em T12/L1. O participante 2 é um homem canhoto de trauma medular em T8/T9.

No paciente 1, o nível diminuiu e a classificação de AIS permaneceu inalterada, sem relatos de efeitos colaterais. Observou-se uma melhoria significativa na qualidade de vida e na funcionalidade, conforme evidenciado pelo SCI III. Houve avanços em todas as dimensões do SF-36, com destaque para as melhorias notáveis em vitalidade, sociabilidade, condição física e alívio da dor. Esses ganhos resultaram em um desempenho diário melhorado e maior capacidade funcional. Além disso, as características da dor tornaram-se mais benignas, com alterações no tipo de dor, e houve uma redução tanto na frequência quanto na duração dos episódios dolorosos.

**Tabela 3 – Score SF36 do paciente 1**

| Domínio    | Score pré-estudo | Score pós-estudo |
|------------|------------------|------------------|
| Funcional  | 10               | 100              |
| Físico     | 0                | 100              |
| Dor        | 32               | 100              |
| Saúde      | 52               | 82               |
| Vitalidade | 45               | 65               |
| Social     | 62,5             | 87,5             |
| Emocional  | 0                | 100              |
| Mental     | 56               | 76               |

Fonte: Dados do próprio estudo.

**Tabela 4 – Alterações relevantes de score QoLSCI do paciente 1**

| <b>Alterações relevantes</b>            | <b>Score pré-estudo</b> | <b>Score pós-estudo</b> |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Quantidade de dor que você sente?       | -60                     | 100                     |
| Sua vida sexual?                        | -60                     | 60                      |
| Quantidade de preocupações em sua vida? | 16,7                    | 60                      |
| Sua vizinhança?                         | 83,3                    | 100                     |
| Seu emprego (se empregado)?             | 20                      | 60                      |
| <b>Score médio final</b>                | <b>52,5</b>             | <b>61,5</b>             |

Fonte: Dados do próprio estudo.

Conforme indicado na Tabela 2, observou-se uma melhora considerável em todos os aspectos da vida do paciente 1. Notavelmente, seus scores refletiram uma maior funcionalidade e uma redução expressiva da dor. A Tabela 3 evidencia alterações positivas significativas nos diversos domínios sociais e individuais. Em resumo, ao final do protocolo, o paciente apresentou menor dor e uma maior satisfação com sua condição física, funcional e social.

No paciente 2, o nível e a classificação de AIS permaneceram inalterados, sem relatos de efeitos colaterais. No entanto, houve uma deterioração geral na satisfação com a vida e na felicidade. Apesar de uma leve redução na dor, identificada e discutida por outro aluno sob a supervisão do Dr. Jean Marcos de Souza, ele mostrou uma piora na maioria dos domínios do SF-36 e uma deterioração geral em relação ao panorama pré-estudo do QoLSCI.

**Tabela 5 – Score SF36 do paciente 2**

| <b>Domínio</b> | <b>Score pré-estudo</b> | <b>Score pós-estudo</b> |
|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Funcional      | 35                      | 0                       |
| Físico         | 0                       | 0                       |
| Dor            | 41                      | 31                      |
| Saúde          | 70                      | 77                      |
| Vitalidade     | 100                     | 80                      |
| Social         | 50                      | 0                       |
| Emocional      | 0                       | 0                       |
| Mental         | 92                      | 92                      |

Fonte: Dados do próprio estudo

**Tabela 6 – Alterações relevantes de score QoLSCI do paciente 2**

| <b>Alterações relevantes</b>                                      | <b>Score pré-estudo</b> | <b>Score pós-estudo</b> |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Sua saúde?  | 100                     | -100                    |
| Seu cuidado com a saúde?  | 100                     | -100                    |
| Quantidade de dor que você sente?                                 | 20                      | -50                     |
| Quantidade de energia que você tem para as atividades diárias?    | 60                      | -100                    |
| Sua capacidade para cuidar de você mesmo sem ajuda?               | 60                      | -100                    |
| Sua capacidade de ir à lugares fora de sua casa?                  | 60                      | -100                    |
| O apoio emocional que você recebe de pessoas além da sua família? | 66,7                    | 100                     |
| Quanto você é útil para os outros?                                | 60                      | 100                     |
| Quantidade de preocupações em sua vida?                           | 60                      | 100                     |
| <b>Score médio final</b>  | <b>81,2</b>             | <b>43,1</b>             |

Fonte: Dados do próprio estudo

Como evidenciado pelas Tabelas 4 e 5, o paciente 2 apresentou uma redução em sua funcionalidade e não obteve ganhos físicos. Além disso, o questionário revelou uma insatisfação geral com sua capacidade social após o estudo, sendo esse o domínio com maior deterioração no SF-36. Ao final do acompanhamento, embora as características e a intensidade da dor tenham permanecido estáveis ou apresentado uma melhora insignificante, o paciente relatou exibiu uma dor mais incômoda e um humor basal mais deprimido.

Para o paciente 2, pode-se hipotetizar que o tDCS não foi tão eficaz na modulação da sensibilidade quanto no paciente 1, possivelmente devido ao hemisfério estimulado (direito, uma vez que é canhoto) não ser o dominante. Além disso, a diminuição acentuada no score de socialização pode ter contribuído para a redução significativa nos scores gerais, sugerindo que essa mudança pode ter influenciado a percepção de satisfação individual, pessoal e afetivo, atuando mais como um fator confusor das métricas do que como um efeito direto do tratamento.

Outros resultados subjetivos obtidos através da comunicação dos pesquisadores com os pacientes demonstraram que vários experimentaram melhorias significativas na continuidade e na qualidade do sono, sem relatos de

sonolência diurna. Pacientes ainda em andamento com o protocolo relataram alívio das dores e uma melhoria notável no humor e na satisfação pessoal, com uma paciente reportando a completa resolução da dor.

## CONCLUSÕES:

A terapia com tCDS mostrou-se segura e viável, enquanto o FES já está estabelecido como uma intervenção fundamental na reabilitação de pacientes com lesão medular (LM). Considerando a redução da dor observada em ambos os participantes, a combinação desses dois métodos apresenta uma perspectiva promissora. Portanto, esta pesquisa propõe explorar mais a fundo a introdução simultânea do tCDS e do FES como uma abordagem terapêutica para pacientes com LM e dor neuropática, dado a ineficácia de tratamentos para essa condição.

## BIBLIOGRAFIA

1. Eli I, Lerner DP, Ghogawala Z. Acute Traumatic Spinal Cord Injury. *Neurol Clin.* 1o de maio de 2021;39(2):471–88.
2. Finnerup NB, Baastrop C. Spinal Cord Injury Pain: Mechanisms and Management. *Curr Pain Headache Rep.* 4 de junho de 2012;16(3):207–16.
3. Thair H, Holloway AL, Newport R, Smith AD. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation. *Front Neurosci.* 22 de novembro de 2017;11.
4. Cavalli E, Mammana S, Nicoletti F, Bramanti P, Mazzon E. The neuropathic pain: An overview of the current treatment and future therapeutic approaches. *Int J Immunopathol Pharmacol.* 22 de janeiro de 2019;33:205873841983838.
5. Mehta S, McIntyre A, Guy S, Teasell RW, Loh E. Effectiveness of transcranial direct current stimulation for the management of neuropathic pain after spinal cord injury: a meta-analysis. *Spinal Cord.* 21 de novembro de 2015;53(11):780–5.
6. Teixeira PEP. The Analgesic Effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) combined with Physical Therapy on Common Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Principles and Practice of Clinical Research Journal.* 21 de maio de 2020;6(1):23–6.
7. Varoto R, Cliquet A. Experiencing Functional Electrical Stimulation Roots on Education, and Clinical Developments in Paraplegia and Tetraplegia With Technological Innovation. *Artif Organs.* outubro de 2015;39(10):E187–201.
8. Maffiuletti NA, Gondin J, Place N, Stevens-Lapsley J, Vivodtzev I, Minetto MA. Clinical Use of Neuromuscular Electrical Stimulation for Neuromuscular Rehabilitation: What Are We Overlooking? *Arch Phys Med Rehabil.* abril de 2018;99(4):806–12.
9. de Andrade D, Ferreira KA, Nishimura CM, Yeng LT, Batista AF, de Sá K, et al. Psychometric validation of the Portuguese version of the Neuropathic Pain Symptoms Inventory. *Health Qual Life Outcomes.* 2011;9(1):107.
10. Varoli FK, Pedrazzi V. Adapted version of the mcgill pain questionnaire to Brazilian Portuguese. *Braz Dent J.* 2006;17(4):328–35.
11. Carvalho AB, Garcia JBS, Silva TKM, Ribeiro JVF. Translation and transcultural adaptation of Pain Quality Assessment Scale (PQAS) to brazilian version. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition).* janeiro de 2016;66(1):94–104.
12. Campolina AG, Bortoluzzo AB, Ferraz MB, Ciconelli RM. Validação da versão brasileira do questionário genérico de qualidade de vida short-form 6 dimensions (SF-6D Brasil). *Cien Saude Colet.* julho de 2011;16(7):3103–10.
13. Reis PAM, Carvalho ZM de F, Tirado Darder JJ, Oriá MOB, Studart RMB, Maniva SJC de F. Cross-cultural adaptation of the Quality of Life Index Spinal Cord Injury - Version III. *Revista da Escola de Enfermagem da USP.* junho de 2015;49(3):401–8.
14. Kirshblum S, Snider B, Rupp R, Read MS. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* agosto de 2020;31(3):319–30.
15. Santos JG, Brito JO, de Andrade DC, Kaziyama VM, Ferreira KA, Souza I, et al. Translation to Portuguese and Validation of the Douleur Neuropathique 4 Questionnaire. *J Pain.* maio de 2010;11(5):484–90.