

# Przeznaczkowa stymulacja prądowa w leczeniu bólu fantomowego – opis przypadku

## Transcranial direct current stimulation (tDCS) for phantom limb pain - case report

**Anna Przeklasa-Muszyńska**

Zakład Badania i Leczenia Bólu, Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, Polska

**ABSTRACT:** Chronic pain treatment with transcranial direct current stimulation (tDCS) can be effective in chronic pain treatment, according to the recent years publications. In this technique the weak current, causing only a moderate change in the polarity and excitability of the cortex laying under the stimulating electrode is being used. Positive, anodal stimulation increased the level of excitation, cathodal stimulation causes inhibition of the excitation. The efficacy of transcranial direct current stimulation was confirmed in studies in patients with central pain after stroke, pain after spinal cord injury, visceral pain, migraine headaches, complex regional pain syndrome (CRPS), fibromyalgia, phantom pain. Limb amputation may lead to chronic painful sensations referred to the absent limb (phantom limb pain). This phenomenon is probably caused by the reorganization of the cerebral cortex, particularly in the motor cortex and primary somatosensory cortex (this changes include increase of neuronal excitability and decrease of GABA activity). Phantom limb pain is often refractory to the treatment, therefore treatment with the tDCS can be useful for this patients. In presented case the tDCS was used for the treatment of the patients suffering for the phantom limb pain after traumatic amputation of the left lower limb. Previously applied therapy wasn't effective. Pharmacotherapy caused unacceptable side effects. In this patients the anodal tDCS technique performed 10-times over the motor cortex and primary somatosensory cortex resulted in clinically significant improvement: reduced frequency of phantom limb pain episodes, pain intensity was lower compared with the period before stimulation.

**KEY WORDS:** Phantom limb pain • Cortical reorganization • Transcranial direct current stimulation

**STRESZCZENIE:** Zastosowanie przeznaczkowej stymulacji prądowej (*transcranial direct current stimulation*, tDCS) w leczeniu bólu przewlekłego przynosi obiecujące wyniki, jak wynika z publikacji z ostatnich lat. W technice tej wykorzystywany jest słaby prąd stały, powodujący jedynie polaryzację i umiarkowaną zmianę stopnia wzbudzenia kory położonej pod miejscem przyłożenia elektrody stymulującej. Dodatnia stymulacja anodowa zwiększa poziom wzbudzenia, a stymulacja katodowa powoduje hamowanie wzbudzenia. Skuteczność przeznaczkowej stymulacji prądowej potwierdzono między innymi w badaniach prowadzonych u pacjentów z bólem ośrodkowym po udarze, po urazie rdzenia kręgowego, bólu trzewnym, zespołach bólu wielomiejscowego (CRPS), migrenowym bólu głowy, fibromialgii, bólu fantomowym. Amputacja kończyny może prowadzić do powstania bólu przewlekłego, który m.in. może mieć charakter bólu fantomowego. Spowodowane jest to reorganizacją w obrębie kory mózgu, szczególnie w obrębie kory motorycznej i pierwotnej kory somatosensorycznej (m.in. zwiększenie pobudliwości neuronów, zmniejszenie aktywności GABA). Ból fantomowy często jest oporny na leczenie, dlatego tDCS może być przydatną metodą leczenia. W prezentowanym przypadku zastosowano tDCS u pacjentki z bólem fantomowym po urazowej amputacji

kończyny dolnej lewej. Wcześniej stosowana terapia nie przynosiła zadowalających efektów. Farmakoterapia powodowała objawy niepożądane, które ograniczały jej skuteczność. Wykonana 10-cio krotnie anodowa tDCS okolicy kory motorycznej i pierwotnej kory somatosensorycznej spowodowała istotną klinicznie poprawę: zmniejszyła się częstość epizodów bólu, ból miał mniejsze natężenie w porównaniu z okresem przed leczeniem.

**SŁOWA KLUCZE:** Ból fantomowy • Reorganizacja korowa • Przechaszczkowa stymulacja prądowa

Eksperymenty przeprowadzone w latach 60-tych XX wieku wykazały, że przepuszczanie przez korę mózgu słabego, jedynie polaryzującego tkanki, prądu stałego (1 lub 2mA) powoduje umiarkowaną zmianę stopnia wzbudzenia kory. Charakter indukowanej zmiany korowej zależy od biegunowości elektrod. Dodatnia stymulacja anodowa zwiększa poziom wzbudzenia znajdującej się pod nią tkanki, a stymulacja katodowa powoduje hamowanie wzbudzenia. W stymulacji przechaszczkowej elektroda aktywna umieszczona jest nad jedną półkulą, a elektroda nieaktywna nad drugą półkulą (umieszczenie elektrody nieaktywnej w innym rejonie ciała ogranicza stymulację do jednej półkuli. Badania Prioriego z 1998r. wykazały, że przechaszczkowej stymulacji towarzyszą zmiany parametrów funkcji ruchowych, percepcyjnych i poznawczych [11]. Okazało się, że wzbudzenie i jego funkcjonalne następstwa ujawniają się nie tylko podczas trwania zabiegu, ale utrzymują się także po jego zakończeniu, w zależności od natężenia prądu i czasu trwania neuromodulacji, nawet do 90 min. [10]. Badania nad działaniem prądu na mózg oraz wiedza o neuronalnych podstawach pamięci i uczenia się dają podstawy, aby przypuszczać, że swoiste efekty obserwowane w pomiarach behawioralnych wynikają z podprogowej modulacji potencjału spoczynkowego błon neuronalnych związanej z depolaryzującym wpływem anody i hyperpolaryzującym działaniem katody [13]. Wyzwolone zmiany pobudliwości są wzmacniane i podtrzymywane w postaci efektu następczego dzięki mechanizmom synaptycznym, wśród których najważniejsza jest aktywacja receptora NMDA i następowy proces długotrwałego wzmacniania synaptycznego (*long-term potentiation*, LTP). Pobudzenie kompleksu NMDA oraz LTP są niezbędne dla procesu uczenia się i innych przejawów neuropatyczności, także z udziałem systemu dopaminergicznego i/lub serotonergicznego [16]. TDCS może być przydatną metodą w leczeniu różnych zespołów bólowych. Ostatnio pojawiają się doniesienia na temat skuteczności tej metody w leczeniu różnych zespołów bólu neuropatycznego (CRPS, ból fantomowy), gdzie zastosowanie tDCS może przyczynić się do reorganizacji nadpobudliwej - w przypadku tych schorzeń - kory motorycznej [1]. W literaturze na przestrzeni lat znaleźć można informacje na temat skuteczności stymulacji nieinwazyjnej w różnych zespołach bólowych. W 2001r pojawiły się pierwsze doniesienia o skuteczności stymulacji przechaszczkowej w leczeniu bólu ośrodkowego, związanego z przebyłym udarem. W kolejnych latach publikowane były doniesienia o skuteczności przechaszczkowej

stymulacji prądowej w innych zespołach bólowych, takich jak migrenowe bóle głowy, ból trzewny towarzyszący guzom trzustki, ból rdzeniowy, fibromialgia [1, 2, 5, 6, 7, 12, 14, 15]. W badaniu Fregniego [6], w którym zastosowano stymulację anodową kory motorycznej M1(C3) u 17 pacjentów z bólem po urazie rdzenia wykazano skuteczność tej metody, szczególnie w postaci istotnego statystycznie zmniejszenia natężenia bólu [6, 7]. W przypadku bólu fantomowego, którego mechanizmy powstawania nie są do końca wyjaśnione, podobnie jak w przypadku bólu ośrodkowego, czy bólu w przebiegu CRPS, dochodzi do zaburzeń w zakresie plastyczności ośrodkowego układu nerwowego, przejawiającej się głównie poprzez reorganizację kory motorycznej i pierwotnej kory somatosensorycznej. W przypadku bólu fantomowego dochodzi między innymi do wzrostu pobudliwości neuronów, zmniejszenia aktywności GABA, szczególnie w obrębie kory motorycznej [3, 4]. Złożony charakter bólu fantomowego powoduje, że jest on bardzo trudny do leczenia, a większość metod farmakologicznych zawodzi [8]. Ze względu na zaburzenia plastyczności neuronalnej w obrębie ośrodkowego układu nerwowego, przydatne mogą być techniki rehabilitacyjne, które pozwalają zahamować i odwrócić zaburzone procesy [6, 7]. Jedną z możliwości jest zastosowanie przechaszczkowej stymulacji prądowej, która może oddziaływać na aktywność neuronalną poprzez jej pobudzenie - stymulacja anodowa lub hamowanie - stymulacja katodowa [9].

## OPIS PRZYPADKU

58 letnia kobieta skierowana na konsultację do poradni leczenia bólu przez chirurga. Pacjentka w wypadku komunikacyjnym, w 2011 roku doznała urazu (zmiżdżenie) podudzia lewego wymagającego amputacji. W kilka dni po zabiegu (pacjentka nie potrafi podać dokładnie, kiedy) pojawił się ból fantomowy: uczucie miażdżenia stopy i jej skręcania. Ból miał charakter nawracający, nasilał się wieczorem i w nocy, przy większym stresie, niekiedy wrażenie „wysuwania się” stopy poza obręb nogi (objaw teleskopowy). Natężenie bólu 5-8 w skali numerycznej (NRS). Były także dni bez bólu. Kolejnym rodzajem bólu odczuwanym przez pacjentkę, który pojawił się w kilka tygodni po amputacji był stały ból kikuta. Ból miał charakter piekący, mrowiący, o natężeniu 3-5 NRS, okresowo towarzyszył mu ścisający ból w obrębie kikuta o natężeniu 5-7 NRS. W 10 miesięcy po urazie wykonano rewizję kikuta, która nie przyniosła poprawy. Dodatkowo u pacjentki współwly

stępowała bezsenność. Leczenie przeciwbólowe dotychczas stosowane: początkowo ketoprofen, zmieniony przez chirurga na celekoksyb ze względu na bóle żołądka, paracetamol+tramadol 3-4xdz, tramadol 200mg w zaostrzeniu bólu fantomowego. Leczenie nie było skuteczne.

## LECZENIE ZAPROPONOWANE NA PIERWSZEJ WIZYCIE

Zaproponowano następujące leczenie: amitryptylina w dawkach wzrastających do 75mg/dobę, wlewy dożylnie lidokainy w dawce 5mg/kg w ciągu pięciu kolejnych dni, zmieniono dawkowanie tramadolu do 2x150mg (preparaty o kontrolowanym uwalnianiu), w zaostrzeniu bólu tramadol+paracetamol do 3x dziennie, pregabalina 75mg/dobę, stopniowe zwiększanie dawki do 2x150mg/dobę. Zaproponowano także konsultacje i leczenie w gabinecie psychologicznym, a także przezskórną elektrostymulację kikutka.

## DALSZE LECZENIE

Kolejna wizyta: natężenie bólu fantomowego, NRS 5-7, ilość epizodów bólu nie uległa zmianie w porównaniu z okresem przed leczeniem. Zmienił się nieco charakter bólu kikutka, który nie był tak dokuczliwy dla pacjentki (NRS 3), zmniejszyła się także ilość epizodów bólu ściskającego, a także zmniejszyło się natężenie tego rodzaju bólu do NRS 4-5. Poprawił się sen pacjentki. Pacjentka rozpoczęła psychoterapię „*mirror therapy*”, relaksację. Wykonano wlewy lidokainy w dawce 5mg/kg. W dniu wykonania wlewu nastąpiło zmniejszenie natężenia bólu do NRS 4. Ze względu na suchość w ustach, kołatania serca, złe samopoczucie odstawiono amitryptylinę. Włączono do leczenia citalopram 20 mg na noc. Ze względu na koszt leku, zamieniono pregabalinę na gabapentynę. Zaproponowano pacjentce zabiegi przezczaszkowej stymulacji prądowej (tDCS). U pacjentki wykonano 10-cio krotnie zabiegi przezczaszkowej stymulacji prądowej (tDCS) przy pomocy urządzenia *TCT Research model M101-*

*-R-2012*. Elektroda anodowa (aktywna) zlokalizowana była nad korą motoryczną (punkt C3), elektroda katodowa (nieaktywna) umieszczana była nad prawym łukiem brwiowym. Każdorazowo stymulacja trwała 20 min, zastosowany prąd stały o natężeniu 2mA. Zabieg zastosowano 10-cio krotnie, 2x tygodniu. W trakcie zabiegu pacjentka odczuwała delikatne mrowienie w miejscu przyłożenia elektrody aktywnej. Dwukrotnie po wykonanym zabiegu u pacjentki wystąpiła senność w godzinach popołudniowych. Nie obserwowano innych objawów niepożądanych.

## KONTROLNA WIZYTA PO STYMULACJI

Po zastosowaniu przezczaszkowej stymulacji prądowej pacjentka zaobserwowała następujące zmiany: punktowy ból kikutka, nasilający się przy dotyku (bardzo mały obszar, około 4cm<sup>2</sup>) o natężeniu NRS 3. Konsultacja chirurgiczna - zaproponowano rewizję nerwiaka. Ból fantomowy: zmniejszyła się znacznie ilość dni, w których występował ból. Jeśli ból pojawiał się, to jego natężenie nie przekraczało NRS 4. Pacjentka nie odczuwała objawu teleskopowego. Zmniejszono dawki tramadolu do 2x50 mg, utrzymano gabapentynę w dawce 3x300mg.

## KONKLUZJA

Przezczaszkowa stymulacja prądowa może być przydatną metodą leczenia wspomagającego u pacjentów z bólem fantomowym. Szczególnie jest to metoda atrakcyjna ze względu na bardzo niewielkie ryzyko wystąpienia objawów niepożądanych. tDCS wpływając na struktury ośrodkowego układu nerwowego poprzez polaryzacje błon komórek nerwowych może skorygować zaburzone procesy neuroplastyczności u pacjentów z bólem fantomowym. Dodatkowo tDCS może przyczynić się do zwiększenia efektywności stosowanej farmakoterapii i innych elementów leczenia wielokierunkowego w tej grupie pacjentów. Konieczne jest prowadzenie dalszych badań.

## Piśmiennictwo

- [1] Antal A, Kriener N, Lang N, Boros K, Paulus W. Cathodal transcranial direct current stimulation of the visual cortex in the prophylactic treatment of migraine Cephalalgia 2011; 31: 820-828.
- [2] Boggio PS, Amancio EJ, Correa CF, Cecilio S, Valasek C, Bajwa Z, Freedman SD, Pascual-Leone A, Edwards DJ, Fregni F. Transcranial DC stimulation coupled with TENS for the treatment of chronic pain: a preliminary study. Clin J Pain 2009; 25(8): 691-695.
- [3] Chen R, Corwell B, Yaseen Z, Hallett M, Cohen LG. Mechanisms of cortical reorganization in lower-limb amputees. J Neurosci 1998; 18: 3443-3450.
- [4] Cohen LG, Bandinelli S, Findley TW, Hallett M. Motor reorganization after upper limb amputation in man: a study with focal magnetic stimulation. Brain 1991; 114: 615-627.
- [5] Fenton BW, Palmieri PA, Boggio P, Fanning J, Fregni F. A preliminary study of transcranial direct current stimulation for the treatment of refractory chronic pelvic pain. Brain Stimul 2009; 2(2): 103-107.
- [6] Fregni F, Boggio PS, Lima MC, Ferreira MJ, Wagner T, Rigonatti SP, Castro AW, Souza DR, Riberto M, Freedman SD, Nitsche MA, Pascual-Leone A. A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury. Pain 2006; 122(1-2): 197-209.
- [7] Fregni F, Gimenes R, Valle AC, Ferreira MJ, Rocha RR, Natalle L, Bravo R, Rigonatti SP, Freedman SD, Nitsche MA, Pascual-Leone A, Boggio PS. A randomized, shamcontrolled, proof of principle study of transcranial direct current stimulation for the treatment of pain in fibromyalgia. Arthritis Rheum 2006; 54(12): 3988-3998.
- [8] Manchikanti L, Singh V. Managing phantom pain. Pain Physician 2004; 7(3): 365-375.
- [9] Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. J Physiol 2000; 527: 633-639.
- [10] Nitsche MA, Seeber A, Frommann K, Klein CC, Rochford C, Nitsche MS, Fricke K, Liebetanz D, Lang N, Antal A, Paulus W, Tergau F.

Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of human motor cortex. *J Physiol* 2005; 568: 291-303.

- [11] Priori A, Berardelli A, Rona S, Accornero N, Manfredi M. Polarization of the human motor cortex through the scalp. *Neuroreport* 1998; 9: 2257-2260.
- [12] Soler MD, Kumru H, Pelayo R, Vidal J, Tormos JM, Fregni F, Navarro X, Pascual-Leone A. Effectiveness of transcranial direct current stimulation and visual illusion on neuropathic pain in spinal cord injury. *Brain* 2010; 133(9): 2565-2577.
- [13] Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *Neuroscientist* 2011; 17: 37-53.
- [14] Valle A, Roizenblatt S, Botte S, Zaghi S, Riberto M, Tufik S, Boggio PS, Fregni F. Efficacy of anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) for the treatment of fibromyalgia: results of a randomized, shamcontrolled longitudinal clinical trial. *J Pain Manag* 2009; 2(3): 353-361.
- [15] Viganò A, D'Elia TS, Sava SL, Auvé M, De Pasqua V, Colosimo A, Di Piero V, Schoenen J, Magis D. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) of the visual cortex: a proof-of-concept study based on interictal electrophysiological abnormalities in migraine. *J Headache Pain* 2013; 14(1):23.
- [16] Zaghi S, Acar M, Hultgren B, Boggio PS, Fregni F. Noninvasive brain stimulation with low-intensity electrical currents: putative mechanisms of action for direct and alternating current stimulation. *Neuroscientist* 2010; 16: 285-307.

---

**Adres do korespondencji/Address for correspondence**

Anna Przeklasa-Muszyńska  
Zakład Badania i Leczenia Bólu  
Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii  
Collegium Medicum  
Uniwersytet Jagielloński  
ul. Śniadeckich 10  
31-831 Kraków, Polska  
e-mail: apzemusz@wp.pl

---

**Tables:** –

**Figures:** –

**References:** 16

---

**otrzymano/received:** 27-03-2014

**otrzymano po recenzji/revised:** 28-04-2014

**zaakceptowano/accepted:** 05-05-2014

---

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów interesów.