

TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION AND TRANSCRANIAL ELECTRIC STIMULATION: APPLICATIONS IN NEUROLOGY AND PSYCHIATRY

Transkrania magneta stimulado kaj transkrania elektra stimulado: aplikadoj en Neŭrologio kaj Psikiatrio

Joaquim P. BRASIL-NETO

Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro Brasília-DF 70910-900

Abstract

Cerebral plasticity plays an important role in learning and in neurological recovery after nervous lesions. However, in certain nervous diseases that same plasticity may lead to nervous system malfunction. Nowadays there are new methods that seem to be able to modulate nervous system function, namely transcranial magnetic stimulation and transcranial direct current stimulation. By use of these methods it may be possible, for example, to transiently improve learning and other mental abilities in normal volunteers or to treat symptoms of maladaptive brain plasticity in various neurological and psychiatric conditions.

In this article we review the history, the fundamentals and the most important uses of these techniques.

Keywords: TMS, TES, transcranial magnetic stimulation, transcranial direct current stimulation, brain plasticity

Corresponding author: Joaquim P. Brasil-Neto, neurounb@gmail.com

Enkonduko

La nuna neŭropsikologio estas rapide progresanta danke al novaj teknikoj por esplorado de la fiziologio de la nerva sistemo. Inter la plej gravaj novaj metodoj oni povas mencii la magnetan resonadon, MR, kaj la transkranian magnetan stimulado, TMS [1]. Dume la MR permesas al scientistoj detale ekzameni la vivan cerbon pere de alt-kvalitaj bildoj, la TMS estas ilo kiu ebligas stimuli neŭronojn tra la netuŝita kranio de pacientoj kaj normalaj volontuloj. La TMS jam permesas al la neŭroscientistoj malkovri gravajn aspektojn de la fiziologio de la centra nerva sistemo, precipe dum la 90-a jaroj, kiam tiu tekniko helpis demonstri la altan gradon de plasteo de la plenkreŝka homa cerbo ĉe normalaj volontuloj kaj pacientoj [2,3,4,5,6]. Dum la lastaj du jardekoj oni ankaŭ malkovris, ke ĉiutagaj seancoj de TMS dum kelkaj semanoj povas daŭre moduli, t.e., plialtigi aŭ malpliiigi la ekcitemon de diversaj cerbaj areoj; tio estus potencia ilo por kuraci cerbajn malsanojn. Krome, alia tekniko, pli facila, portebla kaj malpli multekosta, nome la transkrania elektra stimulado (TES), komencis esti uzata denove, post multaj jaroj [7,8,9]. Same kiel TMS, TES povas moduli cerban ekcitemon kiam ĝi estas aplikata je ĉiutagaj seancoj.

En ĉi tiu artikolo ni revizios la historion, la bazajn principojn kaj la plej gravajn aplikadojn de tiuj teknikoj.

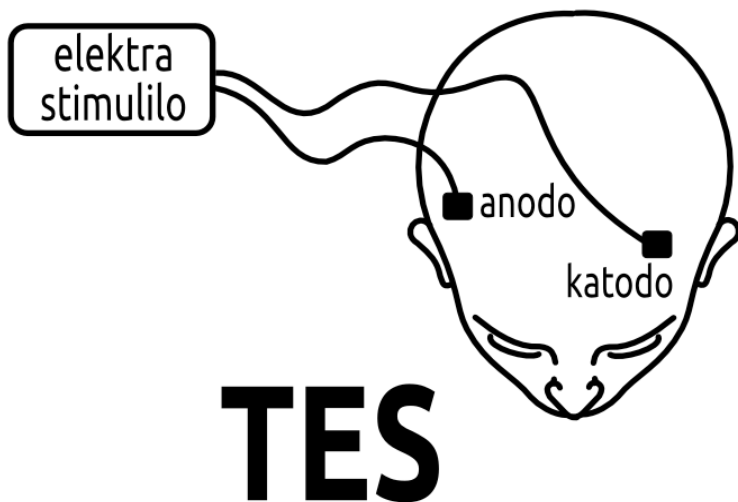
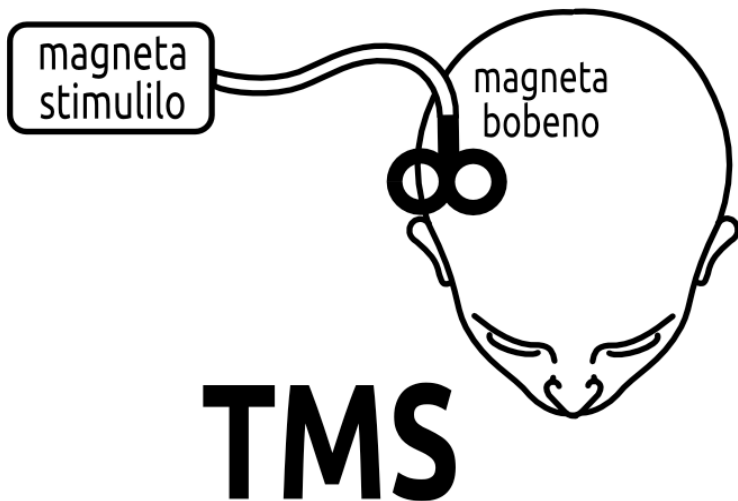
Historio

Oni jam klopodis stimuli la homan cerbon pere de elektraj kurentoj antaŭ la Krista Erao. En 43–48 a. K. *Scribonius Largus* trovis ke, kiam oni metis vivan elektran fiŝon – kaj do aplikis fortan elektrikan kurenton – ĉe la kapo de paciento kun migreno tio kaŭzis subitan, paseman stuporon kaj plibonigon de la doloro. Aviceno, mahometana kuracisto, kiu vivis ekde 980 ĝis 1037, proponis la aplikadon de elektraj fiŝoj super la frunta osto por kuracado de epilepsuloj [10].

En la 18a jarcento Walsh, Galvani kaj Volta sendepende studis la efikojn de elektraj kurentoj ĉe la fiziologio de la nerva sistemo. En 1804, la nevo de Galvani, Giovanni Aldini, priskribis sukcesan kranian aplikadon de galvanana kurento por kuracado de melankolio. Aliaj kuracistoj ankaŭ uzis galvanajn kurentojn ĉe psikiatraj pacientoj kun variaj rezultoj, sed en 1940 Cerletti malkovris elektroŝokon por kuracado de gravaj depresioj, kaj la elektra stimulado estis preskaŭ tute forgesita dum multaj jaroj [10].

Bazaj principoj kaj plej gravaj aplikadoj

La unua aplikado de TMS ĉe homo okazis en Britio en 1985, kiam Barker kaj Jalinous stimulus siajn proprajn motorajn korteksojn transkranie kaj sen doloro [11]. Ekde tiam, multaj esploroj pri TMS estis publikigitaj, unue kiel ilo por studado de la fiziologio,



kaj poste kiel terapeŭtika metodo kontraŭ diversaj neŭrologiaj malsanoj, danke al la malkovro de daŭraj efikoj je la korteksa ekcitemo post seancoj da TMS.

Metodo de aplikado de TMS: la paciento sidas sur komforta seĝo. Magneta bobeno, simila al tiuj uzataj ĉe flughavenoj por kontroli portadon de armiloj, estas tenata sur la koncerna parto de la kranio. Magneta kampo, kun intenseco de 2 Tesloj, estas produktita kiam forta elektra kurento trairas la bobenojn, kiu estas ligita al granda kondensilo. Tiam, laŭ la leĝo de Faraday, tiu magneta kampo indukas malfortajn elektrajn kurentojn ĉe la cerba histo, kaj tiel nervoĉeloj estas ekscitataj.

Kiam oni deziras plialtigi la kortikan ekcitemon, alta frekvenca stimulado (pli ol 1 Hz) devas esti uzata; kiam oni celas malaltigiĝon de la ekcitemo, malalta frekvenco (malpli ol 1 Hz) estas indikata.

Pere de TMS oni povas produkti neŭronajn agajn potencialojn ĉe la cerba histo kaj kiam la bobeno estas sur motoraj areoj, la paciento povas sperti nevolajn, videblajn movojn, ekzemple, de siaj fingroj.

Metodo de aplikado de la TES: la paciento sidas sur komforta seĝo. Elektrodoj estas fiksataj ĉe la haŭto de la kranio pere de Velkraj[®] rimenoj. La elektrodoj estas ligitaj al aparato kiu generas malfortan elektran kurenton (1,0 ĝis 2,0 mAmp).

La paciento ĝenerale sentas nenion krom iom da formika sento dum la enŝaltiĝo de la kurento. Ĝenerale, ĉiu seanco daŭras proximome 20 minutoj.

Kiam oni deziras plialtigi la kortikan ekcitemon, la anodo estas fiksita ĉe la koncerna cerba regiono kaj la katodo ĉe la kontraŭa fronto, ĵus super la okulo. Kiam oni celas malaltigiĝon de la ekcitemo, oni fiksas la katodon ĉe la koncerna cerba regiono.

Kontraŭe al TMS, TES ne produktas neŭronajn agajn potencialojn.

La bildo montras ekzemplojn de aplikado de TMS kaj TES.

Aplikado de TMS kaj TES en Neŭrologio kaj Psikiatrio

TMS jam estis aprobita en diversaj landoj por kuracado de depresio. Ĝiaj efikoj estas similaj al tiuj de farmaciaj rimedoj [12]. Aliaj aplikadoj estas ankoraŭ eksperimentaj: kronikaj doloroj [13], zumado [9], malsano de Parkinson [14], ktp. Terapia uzado de TES ankoraŭ estas eksperimenta, sed verŝajne ĝi povas havi similajn efikojn al TMS. La avantaĝoj de TES estas portebleco kaj malalta prezo.

Efikoj de TES ĉe normalaj voluntuloj

Nuntempe, multaj raportoj pri plibonigo de normalaj cerbaj funkcioj pere de TES estas publikigitaj: memoro [15], lingva lerteco [16], lingvolernado [17], manlerteco [18].

Bedaŭrinde, danke al la facileco de ĝia aplikado, kelkaj laikaj homoj nuntempe trozadas TESon pere de hejmfaritaj stimuloj kaj eĉ de apokrifaj maŝinoj aĉeteblaj pere de Interreto, celante plibonigi, ekzemple, sian lertecon je komputilaj ludoj!

Konkludoj

TMS kaj TES estas ambaŭ gravaj novaj terapiaj iloj (aŭ rimedoj) por neŭrologiaj kaj psikiatriaĵoj pacientoj. Nuntempe amaso da artikoloj pri ilia uzado je diversaj malsanoj kaj eĉ je normalaj voluntuloj estas ĉiutage publikigitaj. Paŝo post paŝo la vera utileco de tiuj teknikoj estos konata. Dume, oni devas atendi plian esploron por taŭge uzi ilin je multaj malsanoj, kiel oni povas fari hodiaŭ, ekzemple, por kuraci depresion pere de TMS.

Espereble, la koncernaj aŭtoritatoj ankaŭ batalos kontraŭ la oferto de apokrifaj elektraj stimuloj pere de la interreto, kiu nuntempe instigas trouzon de tiu tekniko.

Resumo

Cerba plasteco ludas gravan rolon je lernado kaj resaniĝo post nervaj lezoj. Tamen, je kelkaj malsanoj tiu sama plasteco povas kaŭzi malfunkciadon de la nerva sistemo. Hodiaŭ estas novaj metodoj, kiuj povas moduli la funkciadon de la nerva sistemo, nome transkrania magneta stimulado kaj transkrania elektra stimulado. Pere de tiuj ĉi metodoj oni povas, ekzemple, kelktempe plibonigi la lernadon kaj aliajn mensajn kapablojn je sanaj voluntuloj aŭ pritrakti la simptomojn kaŭzatajn pro maltaŭga cerba plasteco je diversaj neŭrologiaj kaj psikaj malsanoj.

En ĉi tiu artikolo oni revizios la historion, la bazajn principojn kaj la plej gravajn aplikadojn de tiuj teknikoj.

Referencoj

1. Cohen LG, Lelli S, Hallett M. Noninvasive mapping of human motor cortex with magnetic stimulator. *Neurology*. 1988;38(suppl.) 386-7.
2. Bara-Jimenez W, Catalan MJ, Hallett M, Gerloff C. Abnormal somatosensory homunculus in dystonia of the hand. *Ann Neurol*. 1998;44:828-31.
3. Brasil-Neto JP, Cohen LG, Panizza M. Optimal focal transcranial magnetic activation of the human motor cortex as a function of coil orientation, shape of the energizing electric pulse and stimulation intensity. *Neurology*. 1991;41(suppl.)1:249.
4. Garraux G, Bauer A, Hanakawa T, Wu T, Kansaku K, Hallett M. Changes in brain anatomy in focal hand dystonia. *Ann Neurol*. 2004;55:736-9.
5. Miranda PC, Lomarev M, Hallett M. Modeling the current distribution during transcranial

- direct current stimulation. *Clin Neurophysiol* [Internet]. 2006 Jul;117(7):1623–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2006.04.009>
6. Roth Y, Zangen A, Hallett M. A coil design for transcranial magnetic stimulation of deep brain regions. *J Clin Neurophysiol*. 2002;19(4):361–70.
 7. Edwards DJ, Krebs HL, Rykman A, Zipse J, Thickbroom GW, Mastaglia FL, et al. Raised corticomotor excitability of M1 forearm area following anodal tDCS is sustained during robotic wrist therapy in chronic stroke. *Restor Neurol Neurosci* [Internet]. 2009;27(3):199–207. Available from: <http://dx.doi.org/10.3233/RNN-2009-0470>
 8. Jefferson S, Mistry S, Singh S, Rothwell J, Hamdy S. Characterizing the application of transcranial direct current stimulation in human pharyngeal motor cortex. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* [Internet]. 2009;297(6):G1035–G1040. Available from: <http://dx.doi.org/10.1152/ajp-gi.00294.2009>
 9. Plewnia C. Brain Stimulation: New Vistas for the Exploration and Treatment of Tinnitus. *CNS Neurosci Ther* [Internet]. 2010 Jul; Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-5949.2010.00169.x>
 10. Priori A. Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability. *Clin Neurophysiol*. 2003;114:589–95.
 11. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. Noninvasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet*. 1985;II:1106–7.
 12. Kim E, Kim W, Chi S, Lee K, Park E. Repetitive transcranial magnetic stimulation protects hippocampal plasticity in an animal model of depression. *Neurosci ...* [Internet]. 2006 [cited 2014 Jun 15]; Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394006005994>
 13. Antal A, Terney D, Kühnl S, Paulus W. Anodal transcranial direct current stimulation of the motor cortex ameliorates chronic pain and reduces short intracortical inhibition. *J Pain Symptom Manage* [Internet]. 2010 May [cited 2011 Dec 7];39(5):890–903. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20471549>
 14. Benninger DH, Lomarev M, Lopez G, Wassermann EM, Li X, Conside E, et al. Transcranial direct current stimulation for the treatment of Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 2010;81(10):1105–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.2009.202556>
 15. Galea JM, Celnik P. Brain polarization enhances the formation and retention of motor memories. *J Neurophysiol* [Internet]. 2009 Jul;102(1):294–301. Available from: <http://dx.doi.org/10.1152/jn.00184.2009>
 16. Fiori V, Coccia M, Marinelli C V, Vecchi V, Bonifazi S, Ceravolo MG, et al. Transcranial direct current stimulation improves word retrieval in healthy and nonfluent aphasic subjects. *J Cogn Neurosci* [Internet]. 2011 Sep [cited 2012 Feb 16];23(9):2309–23. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20946060>
 17. Flöel A, Rösser N, Michka O, Knecht S, Breitenstein C. Noninvasive brain stimulation improves language learning. *J Cogn Neurosci* [Internet]. 2008;20(8):1415–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2008.20098>
 18. Fregni F, Boggio PS, Santos MC, Lima M, Vieira AL, Rigonatti SP, et al. Noninvasive cortical stimulation with transcranial direct current stimulation in Parkinson's disease. *Mov Disord* [Internet]. 2006;21(10):1693–702. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/mds.21012>