Universitatea Tehnică a Moldovei

STUDIU AL METODELOR STIMULĂRII MAGNETICE TRANSCRANIENE

Student:

Tihon Victor

Conducător:

Prof.univ., dr.hab. Vovc Victor

Chișinău – 2019

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de masterat "Inginerie Biomedicală"

Co-funded by the Tempus Programme of the European Union

Cu suportul proiectului TEMPUS Inițiativa Tempus Educație în Inginerie Biomedicală în Aria de Vecinătate Estică (BME-ENA)

Admis la susținere

Șef department MIB:

Prof.univ., dr. Șontea Victor

"___" _____ 2019

STUDIU AL METODELOR STIMULĂRII MAGNETICE TRANSCRANIENE

Teză de master

Masterand: _____ **(Tihon Victor)**

Conducător: _____ **(Vovc Victor)**

Chișinău - 2019

REZUMAT

la teza de master cu tema “Studiu al metodelor stimulării magnetice transcraniene”,

Teza cuprinde introducerea, patru capitole, concluzii, bibliografia din 43 titluri, 54 pagini text de bază, inclusiv 56 figuri şi 10 tabele.

Cuvinte cheie: stimulare magnetică transcraniană, bobină, sistem nervos, cap, model numeric, neuroni, cîmp magnetic.

Domeniul de cercetare îl constituie aspectele teoretice şi practice ale modelării şi simulării unor metode de stimulare magnetică transcraniană.

Scopul lucrării constă în simularea unor metode, tehnici şi algoritmi de sinteză stimulării magnetice transcraniene cu diferite bobine și modele, 2D, și respectiv 3D.

Metodologia cercetării științifice se bazează metodele de modele matematice a structurilor, proprietățile magnetice ale sistemelor și echipamentelor și propietățile mediilor biologice.

Noutatea şi originalitatea științifică a rezultatelor obținute constă în: dezvoltarea domeniului de stimulare magnetică transcraniană, și anume evidențierea acestei față de alte metode. Vine în ajutorul producătorilor de echipamente medicale, pentru o cunoaștere mai bună a repartiției cîmpului magnetic.

Semnificaţia teoretică a lucrării o constituie studierea modelelor numerice de simularea și legătura acestora cu bobinele de stimulare.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în studierea mai multor aspecte ale acestei metode medicale de stimulare magnetică. Astfel, se permite dezvoltarea cunoștințelor mai profunde. Din alt punct de vedere, se poate folosi ca o bază pentru producătorii de echipamente medicale de stimulare magnetică pentru proiectarea bobinelor cu diferite proprietăți și forme.

SUMMARY

to the master thesis with the theme “Study of transcranial magnetic stimulation methods”,

The thesis includes the introduction, four chapters, conclusions, bibliography of 43 titles, 54 basic text pages, including 56 figures and 10 tables.

Keywords: transcranial magnetic stimulation, coil, nervous system, head, numerical model, neurons, magnetic field.

The research field is the theoretical and practical aspects of modeling and simulation of transcranial magnetic stimulation methods.

The purpose of the paper is to simulate methods, techniques and algorithms for synthesis of transcranial magnetic stimulation with different coils and models, 2D and 3D respectively.

The methodology of scientific research is based on the methods of mathematical models of structures, magnetic properties of systems and equipment and properties of biological environments.

The novelty and the scientific originality of the obtained results consists in: the development of the transcranial magnetic stimulation domain, namely the highlighting of this compared to other methods. It comes to the aid of medical equipment manufacturers, for a better knowledge of the distribution of the magnetic field.

The theoretical significance of the paper is the study of numerical models by their simulation and their connection with the stimulation coils.

The applicative value of the paper consists of studying several aspects of this medical method of magnetic stimulation. Thus, the development of deeper knowledge is allowed. From another point of view, it can be used as a basis for the manufacturers of medical magnetic stimulation equipment for designing coils with different properties and shapes.

CUPRINS

INTRODUCERE 7

I. PRINCIPIILE FIZICE ALE METODEI DE STIMULARE MAGNETICĂ TRANSCUTANATĂ ŞI CARACTERISTICILE TEHNICE ALE ECHIPAMENTELOR 9

1.1. Proprietăţile electrice şi magnetice ale mediilor biologice. 9

1.2. Metode de măsurare a semnalelor electrice şi magnetice din creierul uman. 12

1.2.1. Electroencefalografia 12

1.3. Principiile inducţiei cîmpului magnetic de joasă frecvenţă variabil în timp. Mecanisme de interacţiune 16

1.4. Mecanismul stimulării pe cale magnetică 18

1.4.1. Regimul tranzitoriu al circuitului de stimulare 19

1.5. Caracteristici ale bobinelor de stimulare 24

1.5.1. Caracteristici ale bobinei circulare 25

1.5.2. Caracteristici ale bobinei avînd forma cifrei 8 27

II. ELEMENTE DE ANATOMIE ŞI FIZIOLOGIE PENTRU CORTEX ŞI SISTEMUL NERVOS CENTRAL. CATEGORII DE AFECŢIUNI CARE SUNT INVESTIGATE ŞI TRATATE PRIN STIMULARE MAGNETICĂ 29

2.1. Elemente de anatomie şi fiziologie pentru cortex şi sistemul nervos central. 29

2.2. Aplicaţii medicale ale stimulării magnetice a ţesutului nervos. 34

III. MODELARE ȘI SIMULARE A MODELELOR NUMERICE PENTRU STIMULAREA PROCEDURII – NIVELURI DE IDEALIZARE ŞI DE EVALUAREA MODELELOR 40

3.1. Modelarea în domeniul 2D 40

3.2. Bobina de stimulare 41

3.3. Modelarea țesuturilor capului uman 42

3.3.1. Capul reprezentat ca o sferă omogenă 42

3.3.2. Capul reprezentat sub formă de elipsoid stratificat 43

3.4. Date fizice despre modelele numerice 44

3.5. Analiza rezultatelor 46

3.6. Modelarea în domeniul 3D 51

3.6.1. Geometria 3D a modelului de cap cu structură omogenă 52

3.6.2. Bobina de stimulare 52

IV. ANALIZA REZULTATELOR MODELĂRII ȘI SIMULĂRII 57

CONCLUZII 59

BIBLIOGRAFIE 61

INTRODUCERE

Stimularea magnetică transcraniană reprezintă o tehnică ce permite aprecierea modificărilor tractului cortico-spinal în ansamblu, ceea ce constituie un avantaj, deoarece simptomele motorii reprezintă unele din cele mai frecvente şi invalidante sindroame în stimularea magnetică. Stimularea magnetică transcraniană oferă multiple avantaje în evaluarea motorie.

Stimularea magnetică transcraniană este o nouă metodă pentru studiul creierului uman si pentru terapii neurologice. Stimularea magnetică transcraniană poate excita sau inhiba temporar activitatea neuronală. Designul bobinei folosite în această procedură este unul dintre cele mai importante aspecte ales tehnicii stimulării magnetice transcraniene şi ale aplicaţiilor sale.

În primul rînd, stimularea magnetică transcraniană constituie o tehnică neivazivă, usor acceptată de pacienţi.

În al doilea rînd oferă o măsură obiectivă a răspunsului motor în termeni de latenţă şi amplitudine care nu pot fi influenţaţi nici de pacient nici de evaluator.

În al treilea rînd fiind o tehnică neinvazivă poate fi usor repetată oferind informaţii asupra evoluţiei bolii a efectului unui puseu sau asupra reversibilităţii acestuia.

În al patrulea rînd fiind o tehnică neurofiziologică oferă informaţii asupra funcţionalităţii căii motorii ceea ce diferă faţă de evaluarile imagistice clasice care ofera informaţii morfologice şi nu şi asupra impactului funcţional al leziunilor [1].

Deasemenea costurile acestei evaluări sunt destul de modeste. Dezavantajele tehnicii sunt destul de puţine constînd în posibila inducere de cefalee dar şi anumite limite care ţin de puterea aparatului, tipul de magnet folosit ceea ce face ca uneori să nu se poată obţine un răspuns motor în special pentru membrul inferior deşi pe plan funcţional există un grad de motilitate care certifică funcţionalitatea căii motorii [3].

Un impact care nu trebuie neglijat este şi cel de ordin psihologic în special la pacienţii care prezintă evaluări repetate şi deja cunosc parametrii de răspuns anterior, în masura în care realizează o degradare a funcţiei motorii [1].

În aceste condiţii este foarte important ca medicul să găsească resursele necesare susţinerii psihologice şi oferirea de explicaţii corecte dar încurajatoare pentru a nu induce sau accentua o eventuală depresie.

Principiile de bază ale stimulării magnetice transcraniene sunt construite pe stimularea neuronilor prin aplicarea unei schimbări rapide a cîmpului magnetic. În stimularea magnetică transcraniană stimularea este obţinută prin intermediul unui puls de curent care trece printr-o bobină situată în vecinătatea capului.[10]

Deşi stimularea magnetică transcraniană este promiţătoare pentru anumite aplicaţii, procedura şi-ar putea găsi o utilizare mai largă dacă ar putea ajunge la structurile profunde ale creierului. Cîmpuri stimulării magnetice de mare intensitate ar putea penetra mai departe prin creier, dar ele pot produce convulsii, leziuni ale ţesutului sau disconfort. Astfel un cîmp magnetic care poate penetra sigur şi activa regiunile interioare ale creierului rămase încă nedescoperite în cazul stimulării magnetice de ceva vreme. Crearea unui asemenea cîmp ar putea oferi posibilitatea tratării unor stări dificile cum ar fi maladia Parkinson. Deci stimularea magnetică este limitată la stimularea suprafeţei creierului.

BIBLIOGRAFIE

[1]. A Guide to Magnetic Stimulation,Chris Hovey BSc, Reza Jalinous, Ph.D., online, pag.3-37

[2]. Morega M, Fenomene şi semnale bioelectrice, Bucureşti, 2011

[3]. Malmivuo J, Plonsey R, Bioelectromagnetism – Principles and Aplications of Bioelectric and Biomagnetic Fields, Oxford University Press, Oxford, 1995

[4]. Cohen D (1968): Magnetoencephalography, evidence of magnetic fields produced by alpha-rhythm currents. Science 161: 784-6

[5]. Nunez PL (1981): Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG, 484 pp. Oxford University Press, New York

[6]. Pleşa M, Teză de doctorat, Contribuţii privind studiul stimulării magnetice funcţionale a măduvei spinării, Cluj, 2012

[7]. http://www.bem.fi/book/13/13x/1301x.htm, accesat la 30.09.2019

[8]. Permeabilitate magnetică, http://ro.wikipedia.org/wiki/Permeabilitate_magnetic%C4%83, accesat la 20.09.2019

[9]. Roth B. J., Basser P. J., A Model of the Stimulation of a Nerve Fiber by Electromagnetic Induction, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 37, June 1990

[10]. Bernhardt J. H, Matthes R., McKinlay A., Vecchia P., Veyret B., Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences, - Review of the Scientific Evidence and Health Consequences, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Munchen; 2003.

[11]. Timotin A., s.a. Lecţii de bazele electrotehnicii. Bucuresti, Editura Didactică şi Pedagogică, 1970.

[12]. Hsu K. H., Nagarajan S. S., Durand D. M., Analysis of Efficiency of Magnetic Stimulation, IEEE Transaction on Biomedical Engineering, Vol. 50, No. 11, pp. 1276-1285, November 2003

[13]. Potențial de membrană, **http://www.scoopweb.com/Membrane_Potential ,** accesat la 17.09.2019

[14]. Transcranial Magnetic Stimulation, O'Reardon, J.P. Biological Psychiatry, Dec. 1, 2007;vol 62: pag. 1208-1216.

[15]. Scientific American (numar special) Nr.1/2004; pag. 40; 43 & 44-45.

[16].http://www.hospimedicaintl.com/index.php?cPath=9_54&crdID=cba31e5a46ec0bf6da0cc602f4102a7

[17]. Stimularea magnetică transcraniană, http://www.medicalstudent.ro/publicatii/stimularea-magnetica-transcraniana.html , accesat la 19.10.2019

[18]. Magstim, http://www.magstim.com/ , accesat la 19.10.2019

[19]. APORTUL STIMULĂRII MAGNETICE TRANSCORTICALE LA DIAGNOSTICUL ŞI URMĂRIREA EVOLUŢIEI PACIENŢILOR CU SCLEROZĂ MULTIPLĂ, Teză de doctorat, Bolbocean Orest, Iaşi, 2010.

[20]. 3D Modeling of the Induced Electric Field of Transcranial Magnetic Stimulation, D. Rafiroiu, S.Vlad, L.Cret, R. Ciupa, MediTech 2009.

[21]. The Optimal Design of Magnetic Coil in Transcranial Magnetic Stimulation, Guizhi Xu, Yong Chen, Shuo Yang, Mingshi Wang and Weili Yan, Enginneering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, 2005.

[22]. 3D Stimulation Analysis of Transcanial Magnetic Stimulation, C. Curta, S. Crisan and R.V. Ciupa, MediTech 2011.

[23]. Positioning System for Transcranial Magnetic Stimulation, D. Rafiroiu, S.Vlad, L.Cret, R. Ciupa, MediTech 2009.

[24]. Numerical Models of Biological Tissues for Applications in Microwave Dosimetry, Mihaela Morega, Alina Machedon, ATEE 2004, Bucuresti.

[25]. http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/htmlclie/htmlclie.htm#atsftag , accesat la 9.10.2019

[26]. Stimulus intensity and coil characteristics influence the efficacy of rSMT to suppress cortical excitability, Nicolas Lang, Jochen Harms, Thomas Weyh, Roger N. Lemon, Walter Paulus, Jhon C. Rothwell, Clinical Neurophisyology Volume 117, Issue 10, October 2006, Pages 2292–2301

[27]. Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation, Pedro Cavalerio Miranda, Mikhail Lamerov, Mark Hellett, Clinical Neurophisyology Volume 117, Issue 7, July 2006, Pages 1623-1629

[28].Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Depression http://www.e-psikiyatri.com/transcranial-magnetic-stimulation-in-the-treatment-of-depression-24378 , accesat la 20.10.2019

[29]. Modeling the Effects of Transcranial Magnetic Stimulation on Cortical Circuits Steve K. Esser, Sean L. Hill, and Giulio Tononi University of Wisconsin–Madison, 2004

[30]. Medlist, Neuronul http://www.medlist.ro/resurse/referate-medicina/neuronul.html , accesat la 23.10.2019

[31]. Imagini Creier http://www.corpul-uman.com/2010/12/imagini-creier-anatomia-creierului-uman.html , accesat la 23.10.2019

[32]. Olteanu, A.& Lupu, V. (2000). Neurofiziologia sistemelor senzitivo-senzoriale. Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca

[33]. Sistem nervos, http://ro.wikipedia.org/wiki/Sistem_nervos , accesat la 23.10.2019

[34]. Sistem nervos central, http://omenesc.ro/nervos-central.html , accesat la 25.10.2019

[35]. Neuronul, https://cyd.ro/neuronul/ , accesat la 26.10.2019

[36]. Specific absorption rate and temperature distributions in human head subjected phone radiation at different frequencies, T Wessapan, S Srisawatdhisukul, P Rattanadecho, International Journal of Heat and Mass Transfer, 2012, p. 347-359

[37]. Model cap, http://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0017931011005242-gr2.sml , accesat la 3.11.2019

[38]. Magnetic Stimulation of the Human Brain with Low-Intensity Field, MSc Dmitry Lazutkin, Dr. Ashwani Harkara and Prof. Dr. Peter Husar, Ilmenau University of Technology, Germany, COMSOL Conference 2010, Paris

[39]. Comsol, http://www.comsol.com/ , accesat la 10.11.2019

[40]. Gordon, C.C., Churchill, T., Clauser, C.E., Bradtmiller, B., McConville, J.T., Tebbetts I. and Walker, R.A., "1988 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics". Technical Report NATICK/TR-89/044, U.S. Army Natick

[41]. Andreuccetti D., Fossi R. and Petrucci C. , "An Internet resource for the calculation of the dielectric properties of body tissues in the frequency range 10 Hz - 100 GHz." , Based on data published by C.Gabriel et al. in 1996, Website at http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/. IFAC-CNR, Florence (Italy), 1997.

[42]. Levoy M., "MRI data originally from Univ. of North Carolina", downloaded from the Stanford volume data archive at http://graphics.stanford.edu/data/voldata/

[43]. Comsol Multiphysics, v. 3.5a, RF Module Model Library and RF Module Users' Guide, 2010