



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ  
ČVUT V PRAZE**

## Electroceuticals for Electrical and Magnetic Neurostimulation Therapies

### PROTOKOL O MĚŘENÍ k úloze číslo 2:

Therapeutic medical devices for electrical and magnetic  
neurostimulation therapies

<b>Protokol vypracoval</b>	
Jméno a příjmení:	Lukáš Malena
Studijní obor / studijní skupina	Biomedicínské inženýrství / 1
<b>Měření bylo provedeno ve spolupráci s</b>	
Jméno a příjmení	-
<b>Sériové číslo a celkový počet stran protokolu</b>	
Sériové číslo:	Protokol-17DIEC-2022-UČ2-LukasMalena-20-01-22
Celkový počet stran:	6
<b>Místo a datum provedení měření</b>	
Datum / místo měření:	20. 1. 2022 / Laboratoř Bioelektromagnetismu, KL: B-126, FBMI, ČVUT v Praze
<b>Podpis studenta, který měření provedl a vypracoval protokol:</b>	



## Obsah

1. Úvod .....	3
1.1. Cíl úlohy .....	3
2. Materiály a metody .....	3
2.1. Použité přístroje a součástky .....	3
3. Výsledky měření .....	4
3.1. Homogenní model lidské hlavy v prostředí Sim4Life .....	4
3.2. Rozložení Intenzity magnetického pole v simulátoru Sim4Life .....	4
3.3. Rozložení magnetické indukce v simulátoru Sim4Life .....	5
3.4. Rozložení proudové hustoty v simulátoru Sim4Life .....	5
4. Diskuze .....	6
5. Závěr .....	6
6. Reference .....	6



## 1. Úvod

Excitabilitu neuronů můžeme ovlivňovat působením nestacionárního elektromagnetického pole. Při použití transkraniální magnetické stimulace (TMS) je excitace dosaženo proudovým pulzem procházejícím skrze vinutí stimulační cívky umístěné nad hlavou pacienta podle Faradayova zákona. Vlivem elektromagnetické indukce vznikají v hlavě pacienta Foucaultovy vířivé proudy, díky rozdílným dielektrickým parametrům tkání dochází k nerovnoměrné distribuci elektrického náboje, čímž je ovlivněn výsledný membránový potenciál neuronů. Nejčastěji používanou geometrií stimulační cívky, je vinutí ve tvaru číslice 8, které vytváří v místě, kde se cívky nacházejí co nejbližší k sobě ohnisko s vysokou hodnotou magnetické indukce. Působením TMS dochází k inhibici nebo excitaci jednotlivých mozkových center, čehož se využívá při mírnění projevů deprese, mrtvice nebo psychiatrických poruch. Neinvazivnost je největší výhodou metody rTMS a pro její zachování není možné měřit velikost elektrického pole v hlavě pacienta klasickými metodami. K zjištění velikosti a rozložení elektromagnetického pole se s výhodou používají numerické simulace [1,2].

### 1.1. Cíl úlohy

V simulátoru Sim4Life vytvořit numerickou simulaci s homogenním modelem lidské hlavy a vinutím cívky ve tvaru číslice 8. Vypočítat rozložení intenzity magnetického pole, magnetické indukce a proudové hustoty v průběhu jednoho pulzu TMS.

## 2. Materiály a metody

### 2.1. Použité přístroje a součástky

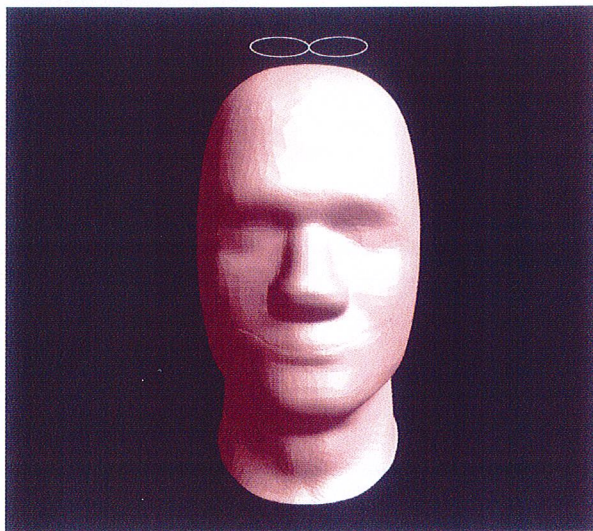
#### Pracovní stanice pro výpočty

- Software Sim4Life



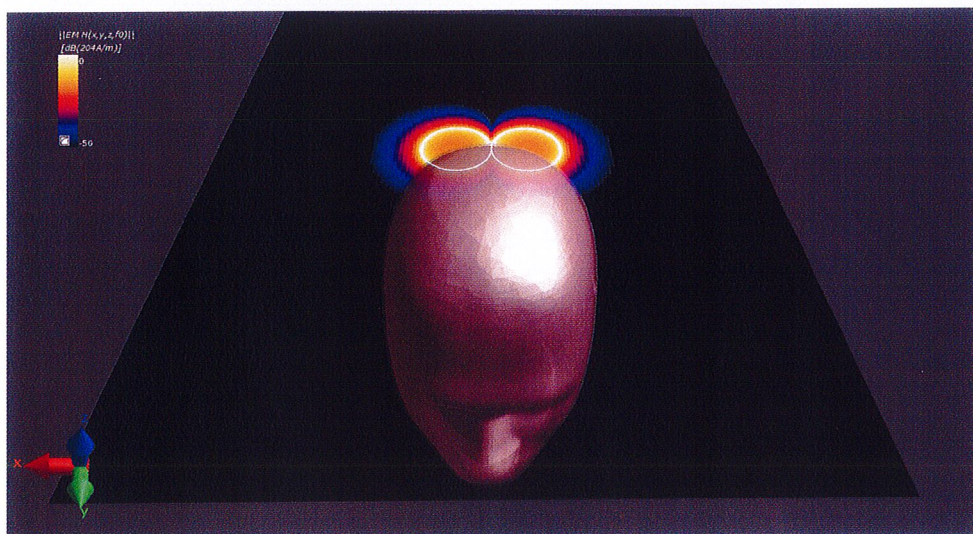
### 3. Výsledky měření

#### 3.1. Homogenní model lidské hlavy v prostředí Sim4Life



Obrázek č. 1: Geometrické uspořádání modelu hlavy včetně cívký v programu Sim4Life

#### 3.2. Rozložení Intenzity magnetického pole v simulátoru Sim4Life



Obrázek č. 2: Rozložení intenzity magnetického pole v rovině XY procházející vinutím cívký

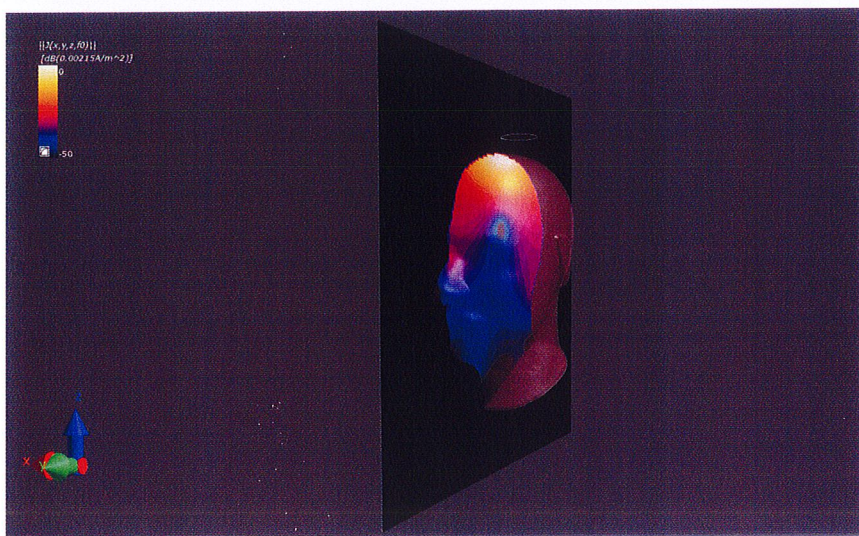


### 3.3. Rozložení magnetické indukce v simulátoru Sim4Life



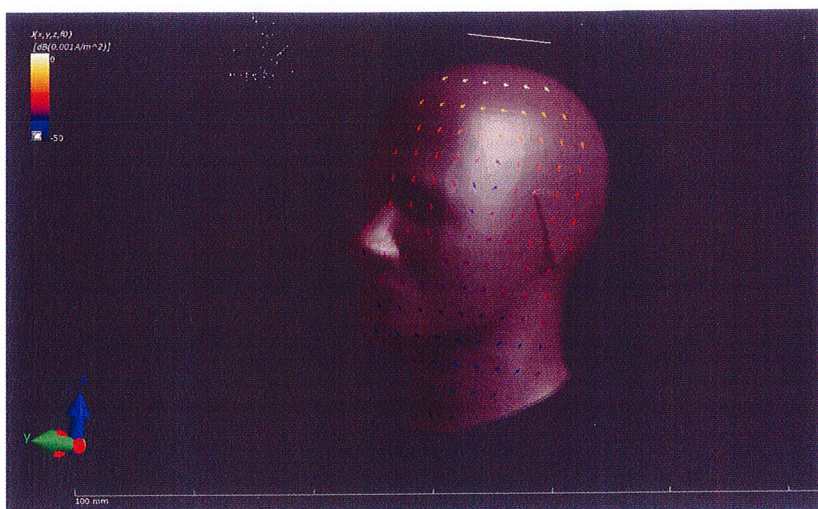
Obrázek č. 3: Rozložení magnetické indukce v rovinách XY a ZX

### 3.4. Rozložení proudové hustoty v simulátoru Sim4Life



Obrázek č. 4: Rozložení proudové hustoty v modelu hlavy v rovině ZY





Obrázek č. 5: Průběh vektorového pole proudové hustoty

## 4. Diskuze

Simulací působení transkraniální magnetické stimulace s použitím homogenního modelu hlavy (Obrázek č. 1) bylo zobrazeno rozložení veličin popisujících elektromagnetické pole (Obrázky č. 2, 3, 4) během jednoho pulzu. Homogenní model zavádí vysokou míru abstrakce, od které se ve výzkumu již upouští. Výhodou homogenního modelu je jednoduchost a rychlost výpočtu pro získání základního přehledu o velikosti a rozložení sledovaných veličin. Trend vývoje směřuje k anatomicky přesným modelům vzniklých segmentací snímků z výpočetní tomografie nebo magnetické rezonance. Snahou je vyvinout automatické algoritmy, které by sloužily k individuálnímu plánování terapie spojené s výpočtem optimálních hodnot veličin popisujících elektromagnetické pole v cílové oblasti. Simulátor Sim4Life umožňuje propojení segmentačního programu s prostředím simulátoru a schopností zobrazit výsledky nejen numericky, ale také graficky. Možnost zobrazení vektorových polí (Obrázek č. 5) je doplněna o možnost animace v průběhu doby trvání pulzu.

## 5. Závěr

Provedená simulace rozložení elektromagnetického pole během transkraniální magnetické stimulace na homogenním modelu hlavy se shoduje s předpokládaným rozložení intenzity magnetického pole, magnetické indukce a proudové hustoty (Obrázky 2, 3, 4).

## 6. Reference

- [1] ILMONIEMI, R. J., J. RUOHONEN a J. KARHU. Transcranial magnetic stimulation--a new tool for functional imaging of the brain. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*. 1999, 27(3-5), 241-284. ISSN 0278-940X.
- [2] S. Yang, G. Xu, L. Wang, Y. Chen, H. Wu, Y. Li, Q. Yang, 3D Realistic Head Model Simulation Based on Transcranial Magnetic Stimulation, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, 2006. Suppl.: 6469-6472