

Vpliv volumskih tokov na zaznavo možganskih tokov z JMR pri zelo nizkih frekvencah

Vojko Jazbinšek¹, Rainer Körber² in Martin Burghoff²

1. Oddelek za fiziko, IMFM, Ljubljana

2. Physikalisch Technische Bundesanstalt, Institut Berlin

Na PTB Institutu v Berlinu so razvili merski sistem za zaznavo jedrske magnetne resonance (JMR) pri zelo nizkih poljih (ZNP), pri katerem magnetiziramo vzorec s polarizacijskim poljem do 50 mT in potem s SQUID merilnikom posnamemo JMR signal, ki precesira v polju, ki je reda nekaj μT . S tem sistemom smo želeli pokazati, da je z njim možno neposredno zaznati možgansko aktivnost [1]. Magnetoencefalografske raziskave stimulirane možganske aktivnosti so pokazale, da lahko električno aktivnost nevronov opišemo s tokovnimi dipoli z momenti do 50 nAm. Z JMR ZNP sistemom smo preizkusili dve možnosti direktnega slikanja tokov. Pri prvem, tako imenovanem AC-pojavu, uporabimo hitro nevronske aktivnosti kot sunek, s katerim obračamo magnetizacijo. Pri tem mora Larmorjeva frekvenca sovpadati s frekvenco nevronske aktivnosti, ki je v območju od nekaj Hz do $\sim\text{kHz}$. Pri drugem, tako imenovanem DC-pojavu, dolgotrajna možganska aktivnost premakne Larmorjevo frekvenco protonov v bližini aktivnih nevronov. Možganske signale smo simulirali z dipolarnim tokovnim izvorom v fizičnem fantomu v obliki krogle napolnjene z elektrolitom. Rezultati meritev so pokazali, da so najmanjši izvori, ki jih še zaznamo s tem merskim sistemom $\sim 10 \mu\text{Am}$ za AC-pojav in $\sim 50 \text{nAm}$ za DC-pojav, kar pomeni, da je le slednji potencialno uporaben za neposredno zaznavo možganskih tokov z JMR ZNP.

K signalom JMR ne prispevajo samo tokovi v vzbujenih nevronih, ampak tudi povratni volumski tokovi, ki se širijo po prevodni okolici in zmanjšajo izmerjeno vrednost. To smo demonstrirali tako, da smo kroglo tik pod dipolnim izvorom zapolnili z izolatorjem in pri DC-pojavu izmerili približno štirikrat večjo vrednost signala JMR. V tem prispevku bomo pokazali, kako računsko pokažemo vpliv volumskih tokov na izmerjeni signal JMR. V primeru idealne krogelne geometrije polje izračunamo analitično, medtem ko ga v primeru krogelne kapice, ki predstavlja z izolatorjem delno zapolnjeno kroglo, izračunamo numerično z metodo mejnih elementov. Za vsako točko smo določili še občutljivost sprejemne tuljave in izračunali celotni prispevek k signalu JMR. Rezultati kažejo, da prerazporeditev volumskih tokov zaradi izolatorja poveča signal JMR za faktor 1.55, medtem ko lahko preostalo povečanje pripišemo odstranitvi prevodnega prostora pod izvorom.

Ti rezultati kažejo na to, da bi za uspešno uporabo trenutne JMR ZNP tehnologije pri zaznavi DC-pojava možganskih tokov morali zmanjšati vpliv volumskih tokov. To bi na primer lahko dosegli z izbiro posameznih rezin, ki se uporablja pri slikanju z JMR.

[1] R. Körber, J.O. Nieminen, N. Höfner, V. Jazbinšek, H-J. Scheer, K. Kim, M. Burghoff. An advanced phantom study assessing the feasibility of neuronal current imaging by ultra-low-field NMR. *Journal of Magnetic Resonance* **237**, 182-190 (2013)