

Konstrukce radiofrekvenční cívky pro zobrazování magnetickou rezonancí

Martin Vít, Pavel Márton

Abstrakt

Práce se zabývá konstrukcí snímací cívky, která se využívá při zobrazování magnetickou rezonancí. Zvláštní pozornost je věnována specifickým požadavkům na její výrobu. Cílem je seznámit čtenáře s metodami charakterizace vlastností cívek a možnostmi jejich ladění. Výsledkem práce je návrh funkční cívky upevněné na vhodném držáku. Ověření výsledku proběhlo na pracovišti IKEM s výstupem skutečných naměřených dat. V práci jsou diskutovány alternativní přístupy ke stavbě cívek a jejich vyhodnocení. Po teoretické stránce jsou poznatky podloženy simulací elektromagnetických polí v okolí snímací cívky a analytickými výpočty.

Úvod

V poslední době dochází k prudkému nárůstu využití zobrazování pomocí magnetické rezonance (MRI) ve většině praktických oborů. Rozšíření MRI v posledních dvaceti letech je způsobeno jednak objevenými materiály pro konstrukci supravodivých magnetů a také vývojem výpočetní techniky a softwaru, který je schopen zpracovat velké množství informací.

Tato práce je zaměřena na konstrukci držáku pro experimentální vyšetření drobných hlodavců pomocí MRI ve statickém magnetickém poli 4,7 T a vývoj radiofrekvenční cívky přeladitelnou mezi snímáním signálu odezvy jader vodíku a snímáním odezvy jader fluoru. Tato práce byla provedena ve spolupráci s centrem klinické a experimentální medicíny (IKEM).

Vývoj držáku a cívky

Po zjištění požadavků na měření byl navržen držák pro radiofrekvenční cívku. Držák se vyznačuje velkou mechanickou pevností, je přizpůsoben fyziologii těla drobného hlodavce (myši domácí). V držáku je vytvořen kanál pro stabilizaci teploty zvířete pomocí teplé vody. Výrobek byl vytištěn na 3D tiskárně na TUL.



Obrázek 1: Fotografie navrženého stojanu s cívkou (vlevo), radiofrekvenční cívka (vpravo)

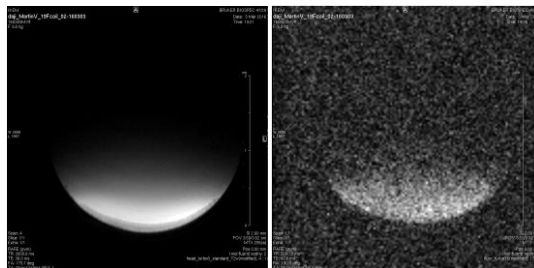
Po inspiraci v literatuře a využití znalostí získané v IKEMu byla navržena radiofrekvenční cívka pro vysílání a příjem měřicího a měřeného signálu. Cívku, která má obdobnou konstrukci jako televizní anténa je možno přeladit v rozsahu 187 – 205 MHz, což odpovídá potřebám měření.

Experiment

Zkonstruovaná RF cívka byla testována pomocí tzv. vodního (fluorového) fantomu, což je zkumavka určité velikosti naplněná destilovanou vodou (destilovanou vodou s obsahem fluoridu sodného). Je výhodné využít vodu zejména pro vysoký obsah atomů vodíku. Vodík je důležitým prvkem pro své zastoupení v živých tkáních. Na obrázku (2) je zobrazeno srovnání naměřeného vodního a fluorového scanu fantomu. Pro měření fluoru byl zvolen rozpuštěný fluorid sodný v koncentraci 1 mol/l, kterým je možno značit měřené orgány. Z obrázku (2) je patrné, že měření na fluoru má horší vypovídací hodnotu a menší odstup signál-šum, měření je však proveditelné na obou materiálech se stejnou cívkou. Příčina slabého signálu pro fluor je způsobena zejména přítomností malého počtu jader fluoru (který je zde použit jako marker), oproti počtu jader vodíku v čisté vodě.

Výsledky a diskuze

V požadavcích práce je zkonstruovat cívku, která by svými rozměry byla vhodná pro měření na malých hlodavcích. Druhým požadavkem je přeladitelnost mezi dvěma rezonančními frekvencemi: 200MHz pro vodík a 188,6MHz pro fluor. Význam použití pro dvě různé rezonovatelné látky spočívá v možnosti provedení dvou nezávislých měření na jednom objektu, kdy není potřeba měnit cívku. Změnou cívky by došlo k pohybu těchto dvou obrazů proti sobě a nebylo by možno obrazy vhodně porovnat.



Obrázek 2: Scan vodíkového (vlevo) a fluorového fantomu (vpravo)

Závěr

Po konzultacích se zástupci IKEM se podařilo navrhnout vhodný držák, který byl vytištěn na 3D tiskárně na TUL. Držák slouží k fixaci měřeného zvířete a radiofrekvenční cívky v magnetu tomografu. Bylo vyřešeno vyhřívání držáku kvůli stabilizaci teploty zvířete.

Podařilo se navrhnout cívku s přesně nastavitelnou rezonanční frekvencí v požadovaném frekvenčním rozsahu. Cívka je schopna pracovat na frekvencích jak vodíkové, tak fluorové magnetické rezonance ve stejném obvodovém zapojení.

Navržené cívky spolu se byly testovány v experimentální laboratoři, která je vybavena MR tomografem Bruker Biospec 4.7 T pro výzkum na malých zvířatech na pracovišti v IKEM.

Poděkování

Rád bych věnoval poděkování panu Ing. Pavlu Mártonovi, Ph. D. za jeho podporu a kladný přístup k věci u této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Prof. Ing. Aleši Richterovi za to, že mi umožnil přístup k problematice. Závěrem děkuji panu Ing. Danielu Jirákoví, Ph.D. za umožnění pracovat na této práci.

Reference

- [1] J. P. HORNAK. *The Basic of MRI (2014)* [online]. [cit. 2.3.2016]. Dostupný na WWW: www.cis.rit.edu/htbooks/mri/
- [2] A. Haase et al., *Concepts in Magnetic resonance* 12, 361 (2000).
- [3] F. D. Doty, *NMR Biomed.* 20, 304 (2007).