

Oponentní posudek disertační práce Ing. Ondřeje Macíčka vypracované na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně, rok 2019

Název práce: Pokročilé metody perfuzní analýzy v MRI

Obor: Biomedicínská elektronika a biokybernetika

Předložená disertační práce se zabývá způsobem měření a zejména vyhodnocení perfuzních MRI dat. Jedná se o aktuální téma, jehož výstupy mohou přispět k dalšímu vědeckému rozvoji metod MRI perfuze, ale také mají aplikační potenciál v oblasti klinické diagnostiky. Téma odpovídá oboru disertace Biomedicínská elektronika a biokybernetika.

Práce včetně povinných příloh má 135 stran a obvyklou strukturu s členěním na úvod, teoretickou část, vymezení cílů disertační práce, praktickou část, závěr, přehled literatury, seznamy a přehled publikační aktivity autora. V teoretické části autor popisuje základní principy MRI perfuzních metod DCE-MRI (Dynamic contrast enhanced MRI) a DSC-MRI (Dynamic susceptibility contrast).

Cíle disertace byly stanoveny v souhrnu jako zvýšení přesnosti DCE a DSC perfuzní analýzy pomocí kombinace těchto metod a simultánního zpracování, přičemž autor konkretizoval dílčí cíle do pěti bodů od porovnání pokročilých farmakokinetických modelů přes návrh akvizice DCE a DSC dat, porovnání samostatně zpracovaných DCE a DSC až po návrh simultánní DCE-DSC perfuzní analýzy a vyhodnocení na simulovaných i reálných datech. Jednotlivě formulovaným cílům pak odpovídá i členění praktické části, kde autor postupně předkládá dílčí otázky a problémy k řešení a následně odpovídající řešení s výsledky a interpretací. Jednotlivé části na sebe logicky navazují a dílčí výsledky jednotlivých fází/částí, často prezentované formou konferenčních příspěvků, přispívají k finálnímu cíli navrzení a vyhodnocení metody simultánního zpracování DCE-DSC perfuzních dat.

I přesto, že je práce logicky členěná a srozumitelná, objevují se v ní ojediněle drobné gramatické chyby či překlepy a občas také nejasnosti, ovšem v míře akceptovatelné vzhledem k rozsahu práce. Např. na str. 19 spojení „ze nichž“. V kapitole 1.2.4 je pravděpodobně zaměněn v první větě termín DSC za DCE. V kapitole 1.1.1 autor zmiňuje, že perfuzně váhované obrazy jsou většinou měřeny s nižším prostorovým rozlišením – zde bych uvítal konkrétní číselný příklad u animálních a humánních dat, protože ne každý má představu o rozlišení morfologických obrazů a s ohledem na diverzitu a vývoj MRI HW i sekvencí a na různé účely pořízení morfologických obrazů neexistuje jednoznačný standard. V kapitole 1.1.2 se píše o „fyziologických pohybech“, což je termín, u něhož si nejsem jist, zda bude napříč vědními obory chápán identicky. V práci se objevují označení T_R a T_S , ale není jednoznačně vysvětlen vztah mezi nimi. V různých MRI metodách se jako perioda vzorkování používá označení T_R , a tak by pro přehlednost bylo vhodnější T_S jasně definovat již v popisu principu DCE a DSC. Na str. 63 se objevuje ve větě slovní spojení „akvizici pulsních sekvencí“, což evokuje jako by předmětem měření byla pulzní sekvence, ale tato je prostředkem k naměření požadovaných dat. Na str. 83 se objevil pojem „temporální rozlišení“, ale jinde v textu se používá český tvar „časové rozlišení“. Na straně 91 není z popisu akvizice zřejmé kolik vrstev bylo snímáno (zda jedna nebo více) s MGE a Multi-TR sekvencemi na potkaních datech. Na obrázku 3.37 není vůbec patrné, zda se všechny modely perfektně překrývají nebo došlo k chybě vykreslení, protože je viditelná prakticky jen žlutá barva odpovídající modelu GCTT na dalších obrázcích již jsou drobné odchylky křivek pro jiné modely viditelné.

Závěr: I přes drobné nejasnosti je práce srozumitelná a za velmi pozitivní hodnotím kombinaci simulací, animálních i humánních dat, což zvyšuje věrohodnost uváděných závěrů. Práce splňuje požadavky kladené na disertační práci a naplňuje zadání. Dílčí části byly publikovány zejména formou konferenčních příspěvků, ale některé i formou prvoautorského či spoluautorského článku a uchazeč tak prokázal potřebnou vědeckou erudici. Doporučuji tak práci k obhajobě a udělení titulu Ph.D. v případě úspěšného obhájení před komisí.

Otázky k obhajobě:

- 1) Na str. 60 je zmínka o konferenčním příspěvku zabývajícím se vlivem obrazové registrace na kvalitu aproximace pomocí GCTT modelu. Jsou Vaše výsledky zobecnitelné i na další modely použité v práci zejména na ATH, který byl ve finále použit jako nejvhodnější model? A máte postup využívající registrace obrazů implementován pro rutinní použití, popř. byl pak využit v dalších částech práce?
- 2) V kapitole 3.1.2 se popisuje sekvenční použití dvou kontrastních látek. Bylo v rámci prezentovaného výzkumu či publikovaných článků prokázáno, že při daném odstupu nedochází k žádnému ovlivnění druhého měření předchozí aplikací jiné kontrastní látky? Pokud toto není jednoznačné, uvažovalo se o randomizaci pořadí aplikace jednotlivých látek, což bývá běžný postup pro vyloučení efektu pořadí?
- 3) Vyjádřete se, prosím, k použitému vzorci pro výpočet SNR. Používají se k ohodnocení kvality perfuzních dat i jiné definice SNR? Je Vámi použitý postup aplikovatelný věrohodně i na reálná data? Pokud ne, jaký jiný vzorec/algoritmus pro výpočet SNR na reálných datech byste doporučil?
- 4) V práci se provádělo fitování křivky $T2^*$ relaxace, ale není blíže popsán postup. Můžete toto blíže rozvést s ohledem na různé verze popisované v literatuře? (např. použití/nepoužití konstantního členu modelujícího nenulový šumový signál, případné vynechání prvního bodu, dostatečnost pokrytí relaxační křivky použitými echy atd.)

Ve Šlapanicích 3.12.2019

Ing. Michal Mikl, Ph.D.

Masarykova Univerzita, CEITEC