

Oponentský posudek dizertační práce

„Energy sensitive X-ray radiography and tomography optimized for small animal imaging“

Autor práce: Ing. Jan Dudák

Předložená dizertační práce Ing. Jana Dudáka se týká použití Timepix detektorů při mikro-CT zobrazování biologických a preklinických vzorků. Popisuje HW a SW úpravy stávajících přístrojů, případně konstrukci nových, porovnává nové a dosud používané způsoby detekce RTG záření a v neposlední řadě ukazuje vhodnost nové technologie na konkrétních měřeních biologických vzorků. Významných výsledků bylo dosaženo při měření se submikrometrovým rozlišením a také při diferenciaci měkkých tkání pokusného zvířete, tzv. virtuální histologii.

Dizertační práce má 137 stran. Text je doplněn 101 obrázky, které vhodně doplňují a vysvětlují text, a 1 tabulkou. Citace (170) jsou relevantní a zahrnují recentní zdroje.

Práce má na dizertaci poměrně nezvyklé členění. Je koncipována spíše jako kniha, je členěna po jednotlivých tematicky orientovaných kapitolách a nemá striktně oddělený literární úvod, metody, vlastní výsledky a diskuzi/závěr. To poněkud znesnadňuje orientaci v tom, co je vlastní experimentální přínos práce.

Dizertace začíná stručným Úvodem, v němž je uveden hlavní cíl práce: vývoj metod a odpovídajícího zařízení pro mikro-CT s vysokým rozlišením a spektrální detekcí za použití Timepix detektorů. Následují tři specifické cíle: 1) zhodnotit zobrazovací možnosti a výhody Timepix detektorů, 2) vyvinout a otestovat metody a včetně HW a SW přístupů pro využití Timepix detektorů v biologickém a preklinickém mikro-CT zobrazování, 3) využít spektrálních záznamových možností Timepix detektorů v mikro-CT zobrazování. Na konci úvodu je stručný popis obsahu jednotlivých kapitol, který pomáhá v orientaci v obsahu práce.

První tři kapitoly jsou věnovány vysvětlení principu RTG (CT) zobrazování, způsobům detekce RTG záření a možnostem mikro-CT zobrazování v biologii a preklinickém výzkumu. Čtvrtá a pátá kapitola popisují funkci Timepix detektorů a dále mikro-CT zařízení použítá v této práci. Ve druhé polovině práce jsou už demonstrovány také vlastní experimentální výsledky. V šesté až osmé kapitole jsou ukázána naměřená data pro porovnání Timepix detektorů se stávající metodou detekce RTG záření, úpravy mikro-CT skenerů a HW a SW přístupy použítá v rámci práce. Devátá kapitola je věnovaná využití upravené mikro-CT konfigurace pro zobrazování se submikrometrovým rozlišením, pro preklinické zobrazování a pro virtuální histologii ex vivo. Poslední, desátá kapitola popisuje využití spektrální detekce k rozlišení různých (kontrastních) materiálů.

Dizertační práci uzavírá kapitola Závěry shrnující dosažené výsledky a budoucími plány běžícího výzkumu a vývoje.

Předloženou práci hodnotím velmi kladně. Prokázala vhodnost využití Timepix detektorů pro mikro-CT zařízení a demonstruje výhody tohoto způsobu detekce RTG záření nad současně používanou technologií. K práci nemám žádné zásadní připomínky. Je napsána velmi dobrou angličtinou s minimem chyb a překlepů. V obr. 64 je špatně uvedené měřítko (tam místo μm).

Prosím o zodpovězení následujících dotazů k předkládané práci:

1. Jednou z limitací použití mikro-CT pro preklinické in vivo zobrazování je poměrně vysoká dávka ionizujícího záření absorbovaná vyšetřovaným objektem. Vyšetření mohou ovlivnit biologické vlastnosti objektu – viabilitu, stav imunitního systému, hematopoézu, růst vyšetřovaného nádoru. Nové Timepix detektory umožňují vysokorychlostní snímání. V práci diskutujete limitace klasického CT uspořádání (otáčení zdroje a detektorů, množství snímaných řezů) navrhuje jejich optimalizaci. Existuje i jiná možnost urychlení snímání CT obrazu a tím i řádově větší redukce absorbované dávky? Např. snímání za pomoci více zdrojů pod různými úhly, natáčení zdroje, a následná SW 3D rekonstrukce? Podobný přístup je používán při optickém 3D zobrazování (Perkin Elmer, IVIS Spectrum).
2. Jak hodnotíte možnost využití spektrálního snímání pro nativní (in vivo) zobrazování měkkých tkání bez kontrastní látky?
3. Přineslo by použití konstrukčního uspořádání současných Dual Energy CT zařízení spolu s Timepix detektory nějakou další výhodu v in vivo zobrazování, především v lepším rozlišení měkkých tkání?

Na závěr musím zdůraznit, že autor splnil všechny cíle disertační práce a plně prokázal schopnost samostatné vědecké práce. Samotná práce je multioborová, na pomezí matematiky, fyziky, techniky i medicíny. Šlo o komplexní úkol, kterého se autor úspěšně zhostil. Jeho publikační aktivita je vynikající. Šest prvoautorských impaktovaných článků, čtyři spoluautorské a jedna knižní kapitola, vše související s tématem práce a dosaženými výsledky, vysoce překračuje průměr a požadavky na udělení Ph.D. titulu.

Doporučuji práci k obhajobě a po její případné úspěšné průběhu doporučuji autorovi udělit titul Ph.D.



V Praze dne 15.1. 2020

RNDr. Luděk Šefc, CSc.
Centrum pokročilého preklinického zobrazování (CAPH)
1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Praha