

OPONENTSKÝ POSUDEK

na dizertační práci Ing. Lukáše Opálky

„On-line mapování sekundární radiace v průběhu hadronové terapie“

Dizertační práce má 100 stran včetně 19 tabulek, 70 obrázků a 41 literárních citací. Text práce je rozdělen na několik částí, a to: úvod, kde velmi přehledně a srozumitelně popisuje radiobiologické účinky ozáření urychlovače částic a ozářovací módy, věnuje se PET verifikaci a rozdílu mezi ozářáním protony a ^{12}C (17-32). V další teoretické části popisuje hybridní polovodičové detektory, věnuje se zejména detektoru Timepix na kterém prováděl svoje experimenty (32-47). Vlastní experimentální část (47-96) je rozsáhlá a ověřuje hlavní cíle práce. Práce je doplněna seznamem zkratk, tabulek, obrázků a přílohou s vlastní publikační činností doktoranda. V textu jsou odkazy na periodické a monografické práce, v rejstříku autorů jsou úměrně významu zastoupeni zástupci zahraničních i domácích pracovních skupin, kteří se zabývají touto problematikou, rovněž výběr citovaných prací pokrývá celou probíranou oblast. Práce je kvalitně vytištěna, obrázky jsou dobře čitelné, tabulky jsou přehledné a srozumitelně dokumentují rozsah zpracovaného souboru. Dizertace je sepsána dobrou češtinou.

Hadronová terapie klinicky patří mezi nejpřesnější metody ozáření nádorů pro velice kvalitní zacílení radiací dávky do ozářovaného cíle. I při této terapii je však nutno počítat s určitou radiací zátěží zdravých tkání v okolí nádoru. Autor si vytýčil za cíl navrhnout metody pro minimalizaci vznikajících nežádoucích efektů, a to za pomoci měření sekundární radiace vytvořené v průběhu ozáření těžkými nabitými částicemi v reálném čase. Použil pixelový detektor Timepix, který umožňuje vizualizovat stopu detekované částice a profil deponované energie. Tento postup mu umožnil online monitorování zacílení terapeutického svazku, které se běžně dělá pomocí PET verifikace. Aby dosáhl minimalizování toxicity ozáření použil principu zpětné rekonstrukce interakcí primárních částic s okolním materiálem. Současně ověřoval čistotu primárního svazku (eliminace možné kontaminace sekundárními fragmenty) a určení částicového složení terapeutického svazku. Měření byla prováděna s pomocí protonového a uhlíkového terapeutického svazku na zařízení hadronové terapie v Heidelbergu.

Autorovi se podařilo rozlišit jednotlivé nabitě částice na základě LET, s možností stanovení rozdílných energií u stejných částic. Při měření čistoty svazku se potvrdilo dominantní zastoupení primárních částic, potvrdil i zastoupení sekundárních částic ovlivňujících výsledek

ozařování. Potvrdil tak účinnost detektoru Timepix pro určení složení terapeutického svazku. Potvrdil i schopnost tohoto detektoru rekonstruovat dráhu terapeutického svazku. Svými měřeními prokázal, že jedním dvouvrstvým detektorem je možné detekovat dvě různé částice v jednom okamžiku, což vzniká fragmentací primárního iontu v jednom místě. Všechny tyto výsledky vedou k možnosti zlepšení terapeutického ozařování se snížením radiacní zátěže okolních tkání, což vidím jako největší přínos pro klinickou praxi.

Zpracování tématu, tak jak se ho doktorand zhostil, je zdařilé. K jednotlivým oddílům práce prakticky nemám větších připomínek.

Dotazy:

1. Při měření profilu svazku pro jednotlivé částice jste použil dvě různé intenzity záření terapeutického svazku, různý Aeq time a rozdílnou délku měření. Experimentálně změřené FWHM svazku činilo 11,7 mm, kdežto hodnota udávána obsluhou ozařovače byla 9,8 mm. Čím si tento poměrně velký rozdíl vysvětľujete a jak by mohlo dojít k zpřesnění měření?
2. V práci jste použil jeden dvouvrstvý detektor, který pomáhá určit místo vzniku sekundární částice zpětnou projekcí vektoru letu detekované sekundární částice s rovinou procházející osou svazku. Jaký výsledek byste mohl očekávat při použití většího množství vícevrstvých detektorů pro přesnější rekonstrukci dráhy letu primárního svazku?

Závěr

Dizertační práce Ing. Lukáše Opálky je sepsána srozumitelně, nemám k ní žádných vážnějších výhrad. Z předložené práce je zřejmé, že autor dokonale ovládá vědecké metody práce a má dostatečné teoretické a praktické znalosti. Dizertační práce, dle mého soudu, splňuje beze zbytku podmínky stanovené podle § 47 VŠ zákona 111/98 Sb., a proto doporučuji komisi pro obhajoby doktorských dizertačních prací ve studijním programu Biomedicínská a klinická technika, aby Ing. Lukáši Opálkovi byla udělena vědecká hodnost Ph.D.

prof. MUDr. Petr Vlček, CSc./MHA

8.1.2020