

Posudek školitele na disertační práci

Ing. Terezy Hanušové

Pseudo-3D IMRT Verification with Film and Its Sensitivity to Errors Compared to 2D Methods

V této dopracované verzi disertační práce doktorandka vypořádala připomínky oponenta a členů komise vzešlé z obhajoby disertační práce dne 2.3.2020. Přepočítala metodiku k radiochromickým filmům, statistickým testem potvrdila hypotézu o nezávislosti jednonábové a tříkanábové metody vyhodnocování filmů, doměřila a vyhodnotila pacientské plány na ozařovači TrueBeam (pro v současnosti běžně používané techniky IMRT sliding window a VMAT – rotační radioterapie s modulovanou intenzitou svazku), včetně plánů s chybou. Všechna tvrzení v práci, vzešlá z naměřených výsledků, podložila statistickým testem. Prokázala praktické využití její pseudo 3D filmové metody při konkrétním uvádění do provozu nového urychlovače a nových nástrojů pro verifikaci pacientských plánů.

Pro připomenutí. Disertační práce Ing. Hanušové se zabývá předléčebnou experimentální verifikací plánů pacientů při radioterapii s modulovanou intenzitou fotonového svazku při stacionární i rotační poloze ramene. S ohledem na rychlý rozvoj ozařovací techniky a jejího příslušenství, na složitost plánů v současné radioterapii a na vysoké požadavky na přesnost dodání plánu je to téma nesmírně důležité a stále aktuální. Předléčebná verifikace ověřuje pouze plán na fantomu, nikoliv dodání plánu pacientovi při konkrétním ozáření, což ale nebylo předmětem disertace. Každá verifikační metoda má svoje specifika a svoje omezení. Neexistuje jednotný způsob verifikace pacientských plánů. A je vždy na daném pracovišti, jakou metodu si v daných podmínkách zvolí jako optimální, jako dostatečně citlivou a zároveň v praxi proveditelnou (z časového a finančního hlediska). Právě pro účely optimalizace předléčebné verifikace pacientských plánů může být využita pseudo 3D filmová metoda navržená autorkou.

Cílem disertační práce bylo vytvořit novou v praxi dostupnou metodu pro verifikaci IMRT plánů, která by dobře pokryla verifikovaný prostor a která by vycházela pouze ze změřených (nikoliv dopočítaných) dat. Verifikace spočívá v porovnání změřených dat s distribucí dávek z plánovacího systému. Výsledky verifikace mohou poukazovat jak na přesnost dodání zamýšleného plánu, tak na přesnost výpočtu algoritmem daného plánovacího systému. Dobrá verifikační metoda může odhalit různé nedostatky a omezení celého systému dodání dávky, se kterými pak je nutné v klinické praxi počítat. Obvykle se při verifikaci používají pouze 2D dávkové distribuce nebo fluenční mapy a k vyhodnocení se používá gama analýza, která však nedává odpověď na otázku, zda je 3D dávková distribuce uvnitř v pacientovi dostatečně přesně a správně doručena. Cílem práce bylo zjistit přínos této nové metody oproti stávajícím metodám používaným v klinické praxi a dále zjistit přínos pseudo 3D filmové metody oproti 2D filmové metodě, zejména z hlediska možných falešně negativních nebo falešně pozitivních výsledků běžných 2D metod. To vše s využitím klinických plánů a plánů se zavedenými chybami. Jde zejména o schopnost dané metody správně odhalit plány, které nejsou vhodné k aplikaci na pacienta.

Disertační práce má celkem 139 stran. Je členěna na část teoretickou a experimentální. V experimentální části práce je představena autorkou zavedená 2D filmová metoda (charakterizovaná způsobem pokrytí prostoru detektorem, způsobem nazáření plánu,

způsobem vyhodnocení filmů), verifikace této metody pomocí v praxi používaných 2D metod využívajících jiné detektory, rozšíření na pseudo 3D filmovou metodu (pseudo 3D pokrytí prostoru, 3D vyhodnocení) a její aplikace při verifikaci reálných IMRT plánů a IMRT plánů se zavedenými chybami. Jsou pak porovnávána jednak zjištění (odhalení chyb v plánu) nové pseudo 3D filmové metody oproti stávajícím 2D metodám, jednak zjištění nové pseudo 3D filmové metody oproti 2D filmové metodě. Diskutován je přínos nově zavedené pseudo 3D filmové metody a možnosti jejího praktického využití.

Nedílnou součástí práce je i rozbor nejistot a seznam použité literatury (je citováno 150 relevantních citací). Kladně lze hodnotit, že práce je napsaná v angličtině. Po formální stránce lze konstatovat, že práce má velmi dobrou grafickou úroveň, je přehledná a instruktivní. Má pečlivě a přehledně zpracované obrázky, grafy i tabulky. Práce nabyla na rozsahu díky oponenty požadovanému navýšení provedených měření (pacientských plánů) a jejich zpracování. Proto doktorandka vložila řadu přehledových tabulek a odkazů, které usnadňují orientaci v textu. Také průběžně zvýraznila důležité závěry práce (výsledky chi-kvadrát testů nezávislosti).

Práce splňuje všechny náležitosti i po stránce odborné. Jsou navrženy a využity adekvátní metody (filmová dozimetrie, gama analýza), potvrzené dalšími měřeními a porovnáními. Zpracování experimentálních dat a rozsáhlá diskuse svědčí o hlubokém proniknutí autorky do všech aspektů dané problematiky.

Práce jednoznačně prokazuje, že při pečlivém zavedení je filmová metoda vynikajícím nástrojem pro verifikaci patientských plánů, zejména při zavádění nových metod radioterapie, při nejasných výsledcích verifikace konkrétního plánu nebo při optimalizaci verifikace patientských plánů. Autorkou zavedená pseudo 3D filmová metoda má pak potenciál odkrýt řadu informací, které by metody běžně používané v klinické praxi neodkryly. Nevýhodou této metody je větší časová náročnost pro zavedení i pro provedení a vyhodnocení.

Ing. Hanušová pracovala během celé disertační práce samostatně, svědomitě, vytrvale a se zájmem o problematiku. Prokázala schopnosti pro samostatnou vědeckou práci.

Všechny cíle disertační práce byly splněny. Práce předkládá novou metodu kontroly patientských plánů v radioterapii dobře využitelnou při zavádění nových radioterapeutických metod do klinické praxe a při optimalizaci verifikačních metod radioterapie. Práce splňuje všechny požadavky kladené na disertační práci. Doporučuji proto, aby práce byla přijata k obhajobě a po úspěšné obhajobě, aby byla Ing. Tereze Hanušové udělena vědecká hodnost doktora (Ph.D.).

Praha 29.9.2022

Ing. Ivana Horáková, CSc.