

Adaptívna rádioterapia s podporou umelej inteligencie

RNDr. Martin Jasenčák, PhD, Východoslovenský onkologický ústav a. s., Košice

Úvod: Anatómia pacienta sa počas niekoľko týždňov dlhého kurzu rádioterapie mení. K zmenám dochádza aj v priebehu každého dňa. V dnešnej dobe používaná stratégia s jedným CT zobrazením slúžiacim ako referenčný podklad pre výpočet aj verifikačné nastavenia má z tohto vyplývajúce nedostatky. Adaptívna rádioterapia (ART) je stratégia, ktorá predpokladá použitie viacerých aktuálnych zobrazení pacienta na prispôbenie jeho ožarovacieho plánu. Existujú dve základné implementácie – off-line ART a on-line ART. Off-line adaptívna RT využíva priebežne aktualizované plánovacie CT pacienta s následným kontúrovaním a plánovaním obdobným spôsobom, ako pri konvenčnom prístupe. Aktualizovaný plán následne nahradí v kurze liečby ten pôvodný. Pri on-line adaptívnej rádioterapii je zámerom využiť aktuálne, denné zobrazenie pacienta na účel vytvorenia nového denného plánu, alebo výberu vhodnejšieho. Realizovateľnosť tohto prístupu je priamo závislá od možnosti vykonať všetky potrebné úkony pracovného postupu v akceptovateľnom čase. To v súčasnosti nie je možné vykonať ľudskými silami. Algoritmy umelej inteligencie sú aplikovateľné v tejto oblasti na účel automatickej segmentácie a automatického plánovania podľa vopred zadaných parametrov, pričom je možné dosiahnuť čas prípravy denného plánu rádovo v minútach od vykonaného zobrazenia.

Ciele a obsah: Cieľom príspevku je prezentovať súčasný stav on-line adaptívnej rádioterapie. Bližšie opísať dva rozšírené prístupy – s využitím CBCT a MR zobrazenia. Ukázať rozdiely v kvalite zobrazenia, ktoré majú vplyv na možné indikácie takéhoto prístupu a priblížiť úlohu a možnosti algoritmov umelej inteligencie pre urýchlenie plánovacieho procesu.

Záver: Adaptívna on-line rádioterapia je prístup k liečebnému procesu, ktorý nie je nevyhnutný pre každého pacienta, existuje však dostatočné množstvo vhodných indikácií, u ktorých možno predpokladať benefit v podobe nižšej toxicity a vyššej presnosti dodanej dávky do cieľového objemu. Obe riešenia (s CBCT aj MR) sú už v tomto čase komerčne dostupné a počet ich inštalácií globálne rastie. Možno preto predpokladať, že s ďalšou obnovou technológií v rádioterapii, bude táto dostupná aj v SR.

Použitie systému ExacTrac Dynamic pri ožarovaní prsníka v hlbokom nádychu

RNDr. Matúš Zgola, Východoslovenský onkologický ústav a. s., Košice

Cieľ: Zhodnotenie použitia systému ExacTrac Dynamic pri ožarovaní ľavostranného prsníka v hlbokom nádychu v klinickej praxi.

Úvod: Zhubné nádory prsníka predstavujú celosvetovo najčastejšiu diagnózu v ženskej populácii. Voľné dýchanie pri ožarovaní prsníka môže vplývať nepriaznivo na presnosť dodania dávky a môže viesť k zvýšenej dávke v srdci a pľúcach. Keď sa pacientka zhlboka nadýchne, vzdialenosť medzi srdcom a hrudnou stenou sa zväčší, čím sa zníži riziko srdcovej toxicity počas liečby. Významné je to predovšetkým pri ožarovaní ľavostranného prsníka. Technológia ExacTrac Dynamic umožňuje automatizované polohovanie spojené s overením vonkajšej aj vnútornej anatómie pri zadržanom dychu v hlbokom nádychu.

Súbor a metodika: Jedným z dostupných nástrojov redukcie dopadu dýchacích pohybov na našom Oddelení radiačnej onkológie je systém ExacTrac Dynamic. Umožňuje automatické polohovanie pacientky, monitorovanie jej polohy pomocou kamery sledujúcej povrch a teplotu povrchu tela a následné overenie vnútornej anatómie röntgenovou projekciou.

Výsledky: Naše pracovisko používa viacero systémov pre zadržanie dychu v hlbokom nádychu. Posledným systémom implementovaným do klinickej praxe v máji 2022 je ExacTrac Dynamic firmy Brainlab. Proces liečby prebieha podľa protokolu pre liečbu karcinómu prsníka. Dôležitý je výber kompliantnej pacientky a jej zaškolenie, keďže ona sama participuje na ovládaní systému. Vzhľadom na komfort pacientky a efektivitu pracovného postupu bol stanovený limit na zadržanie dychu na dobu minimálne 20 sekúnd. Zadržanie dychu je nutné počas plánovacieho CT zobrazenia, verifikácie polohy pacientky a pri ožarovaní liečebných polí. Používaná je technika s modulovanou intenzitou žiarenia (IMRT), s fotónovým zväzkom bez homogenizačného filtra s energiou 6 MV. Nateraz je manažment systému úlohou klinického fyzika.

Záver: Pri ožarovaní ľavostranného prsníka má technika zadržania dychu v hlbokom nádychu preukázaný význam pre šetrenie rizikových orgánov. Výhodou systému ExacTrac Dynamic v porovnaní s ostatnými systémami používanými na našom pracovisku (Anzai a Active Breathing Coordinator) je jednoduchosť použitia, polohovanie pacientky, rýchle overenie vnútornej anatómie s rádovo nižšou radiačnou záťažou a automatický gating. Technológia je súčasťou bežnej klinickej prevádzky, nie je potrebná príprava prídavných zariadení. Systém je inštalovaný na dvoch lineárnych urýchľovačoch (Versa HD), ktoré sú vzájomne kompatibilné, je teda možné zabezpečiť pre pacientky kontinuitu v liečbe v prípade servisu alebo kontroly jedného z urýchľovačov.

Manažment plánovania ožarovacích plánov po predchádzajúcej rádioterapii na inom RT pracovisku

Ing. Dalibor Lojko, Nemocnica AGEL Komárno s.r.o.

Cieľ: Poukázať na problematiku plánovania ožarovacích plánov po predchádzajúcej rádioterapii na inom RT pracovisku, ukázať niektoré riešenia a vyvolať širšiu diskusiu na túto tému.

Úvod: V posledných rokoch evidujeme rastúci počet pacientov, ktorí absolvovali prvý kurz rádioterapie na jednom RT pracovisku, ale z rôznych dôvodov už ďalšie ožarovanie podstupujú na inom pracovisku. Pacienti najmä v období výmeny urýchľovačov na Slovensku a následných výpadkoch poskytovania rádioterapie častejšie dochádzali aj do vzdialenejších nemocníc.

Súbor a metodika: Jednou z povinností rádioterapeuta pri vstupnom vyšetrení je overiť, či už pacient v minulosti neabsolvoval rádioterapiu, a ak áno, je nutné zistiť ožarovanú oblasť, obdobie a aplikovanú dávku. V prípadoch, keď už bola daná oblasť ožiarená istou dávkou v minulosti je proces tvorby ožarovacích plánov pomerne zložitý a situácia sa ešte komplikuje, keď k tomu došlo na inom RT pracovisku. Vtedy je nevyhnutné vyžiadať z pôvodného pracoviska kompletne DICOM dáta - plánovacie CT so zakreslenými štruktúrami a dávkovou maticou. Následne je potrebná registrácia s novým plánovacím CT a vizualizácia pôvodnej dávkovej distribúcie. Až na základe týchto dát sa vieme zodpovedne rozhodnúť o predpísanej dávke a technike ožarovania. Pri optimalizácii nového plánu vie byť veľmi nápomocné, keď sa určité izodózy z pôvodného plánu konvertujú do štruktúr a následne sa skopírujú do nového CT.

Výsledky: Dostupné informácie z patientskej dokumentácie sú veľmi často nedostatočné. Pri komplexných technikách ako IMRT a VMAT v kombinácii so SIB, už nie je možné z parametrov plánu (napr. veľkosť poľa) určiť ožarovanú oblasť ako pri jednoduchých technikách 3D CRT. Vytlačený izodózový plán ani DVH tiež nedávajú úplnú informáciu o priestorovom rozložení dávky.

Príspevok prináša rôzne zaujímavé príklady, keď sa cieľové objemy čiastočne prekrývajú alebo aj keď sú relatívne vzdialené od seba, nový cieľový objem je do istej miery ožiarený výstupnou dávkou z pôvodného plánu. Bez DICOM dát by sme v týchto prípadoch buď zbytočne poddávkovali oblasť, ktorá ešte nebola ožiarená, alebo predávkovali prekrývajúce sa objemy a hlavne okolité rizikové štruktúry. DVH by sa malo vyhodnocovať vždy vo výslednom sumárnom pláne aj so zohľadnením rádiobiologických efektov. Najväčšia limitácia tohto postupu je v nepresnosti registrácie dvoch CT z rôznych období a z rôznych pracovísk (anatomické zmeny, fixácia atď.), preto treba vždy počítat' aj s rezervou zohľadňujúcou túto nepresnosť.

Záver: Veľmi dobrá spolupráca medzi RT pracoviskami je kľúčová najmä pri výmene patientských údajov. Tu treba oceniť prácu klinických fyzikov, lebo často import dát z rôznych plánovacích systémov vôbec nie je jednoduchý a bezproblémový.

Know how k stanoveniu reziduálnej tolerancie OaR pomocou SW BioGray pri plánovaní re-ožarovania pacienta

doc. RNDr. Pavol Matula, CSc., RNDr. Ján Končík, RNDr. Martin Jasenčák, PhD.

Východoslovenský onkologický ústav, a. s., Košice

Úvod: Reožarovanie sa v súčasnosti stalo významnou opciou pre recidivujúce tumory a „in-field“ sekundárne malignity, pokiaľ je chirurgia kontraindikovaná. Rozvoj zobrazovacích metód, nových techník v rádioterapii a plánovacích systémov vytvorili priestor pre vývoj a aplikáciu presnejších postupov reožarovania s využitím rádiobiologického modelovania účinkov v režimoch hypofrakcionácie a jej extrémneho módu – stereotaxie. Normálne tkanivá a orgány po rádioterapii dokážu parciálne regenerovať a opraviť svoje poškodenie. Zvyšková tolerančná dávka orgánov v riziku (OaR) je multiparametrickou funkciou **DVH**, **V_{eff}**, **EQD₂** z I. a II. série a pauzy medzi sériami. Tieto parametre (okrem DVH) však dosiaľ nie sú dostupné v plánovacích systémoch.

Cieľ: Poskytnúť prehľad o reziduálnych tolerančných dávkach pre vybrané orgány v riziku (OaR) v miere % EQD₂ extirpovaných z retrospektívnych štúdií EBM v závislosti od ich dávkovo-volumovej záťaže v iniciálnej sérii, plánovanej sérii reožarovania a pauzy medzi sériami.

Materiál a metódy: V príspevku je popísaný pôvodný model “REGpauza” zahrnutý do výpočtu NTCP (normal tissue complication probability) s možnosťou simulovať rôzne klinické scenáre re-ožarovania v programe BioGray vyvinutom na pracovisku autorov.

Výsledky: Použitie je demonštrované na prípade re-ožarovania Ca laryngu s porovnaním klinických scenárov zhodného verzus odlišného cieľového objemu CTV v primárnej a sekundárnej sérii. Dokumentuje prínos prezentovanej metodológie, ktorá v mnohých situáciách otvára šancu zmeny paliatívneho zámeru na kuratívny zámer re-ožarovania.

Závery: Použitie metodológie rádiobiologického modelovania prináša posun v paradigma od verbalizmu a odhadov v manažmente re-ožarovania ku kvantitatívnemu hodnoteniu týchto procesov a uplatneniu výstupov translačného výskumu prepojeného so súčasnými technologickými možnosťami IMRT, VMAT, SRS/FSRT a protónovej terapie.

Kľúčové slová: Re-ožarovanie, REG pauza, NTCP, SW BioGray

Téma bola publikovaná v čas.: Cancer Research Journal 9(4) 202-208 (30.12.2021).

Upgrade programu BioGray je užívateľom i záujemcom dostupný.

Úloha klinického fyzika pri zabezpečení bezpečnosti MRI prostredia

RNDr. Marek Chmelík, PhD., univ. doc.^{1,2,3}, Mgr. Samuel Holly²

¹*Katedra medicínsko-technických odborov, Fakulta zdravotníckych odborov PU v Prešove*

²*JESSENIUS - diagnostické centrum a. s. Nitra*

³*Rádiodiagnostické oddelenie, Nemocnica AGEL Levoča*

Magnetická rezonancia (MRI) je metódou voľby pre zobrazovanie mnohých častí tela. MRI ponúka nielen snímky tkanív s vysokým kontrastom a rozlíšením, ale aj neinvazívne metabolické a funkčné informácie bez rizík spojených so zobrazovacími technikami využívajúcimi ionizujúce žiarenie.

MRI používa silné statické magnetické polia, časovo premenné gradientové magnetické polia a rádiovfrekvenčné elektromagnetické polia. Z každého z nich vyplývajú potenciálne riziká a bezpečnostné problémy.

Nedávny prieskum bezpečnostných odporúčaní a predpisov pre inštalácie MRI v európskych krajinách od Európskej federácie lekárskeho fyzikov (EFOMP) ukázal, že existujú veľké rozdiely postupov v rámci Európy.

Medicínsky (klinický) fyzik je povolanie uznané Medzinárodnou klasifikáciou zamestnaní (ISCO-08). Medicínski fyzici sú zapojení do správnej aplikácie fyziky v zdravotníctve. Hoci vo väčšine krajín zohrávajú kľúčovú úlohu medicínski fyzici pri zabezpečovaní bezpečnosti v prostredí MR nie je to pravda vo všetkých prípadoch.

V tejto prednáške prezentujeme najdôležitejšie riziká spojené s vyšetreniami pomocou MRI a úlohu fyzika pri dodržiavaní správnych postupov a posudzovaní pacientov s implantátmi pred MRI vyšetrením.

Fletcher vs. Venezia aplikátor - porovnanie v praxi

RNDr. Vladimír Vojtek, Východoslovenský onkologický ústav, a. s., Košice

Cieľ: Porovnanie dvoch vybraných gynekologických aplikátorov používaných pri ožarovaní krčka maternice v brachyterapii.

Úvod: Gynekologický aplikátor Fletcher sa na pracovisku brachyterapie v Košiciach používa už niekoľko desiatok rokov, no v roku 2020 bol do prevádzky uvedený nový hybridný aplikátor Venezia, ktorý frekvenciou používania postupne predčil svojho predchodcu. Nakoľko sú na tomto pracovisku dlhodobo dosahované uspokojujúce výsledky liečby, je na mieste, čo možno najobjektívnejšie zhodnotiť, či je modernizácia týchto gynekologických aplikátorov v prospech pacienta a zlepšovania dávkovej distribúcie ožarovacích plánov.

Súbor a metodika: Príspevok ponúka porovnanie základných charakteristík vybraných gynekologických aplikátorov, ich možnosti použitia, ale aj porovnanie pomocou optimalizačných kritérií, t.j. obsadenie cieľového objemu a krytie kritických štruktúr. Za týmto účelom bolo porovnaných 40 pacientiek, pričom polovica z nich absolvovala liečbu s Fletcher aplikátorom a druhá s Venezia.

Výsledky: Novší aplikátor Venezia ponúka viacero výhod v porovnaní so starším aplikátorom Fletcher. V prvom rade, vďaka prstencovému tvaru ovoidov, aplikátor lepšie kopíruje tvar cieľového objemu, resp. ponúka väčšie množstvo aktívnych polôh v tesnej blízkosti ožarovanej oblasti. Vďaka tomu Venezia aplikátor ponúka lepšie optimalizačné možnosti pri príprave plánu ožarovania. Jeho ďalšou nespornou výhodou je zároveň možnosť intersticiálnej aplikácie, čo je veľkým prínosom pri asymetrickom tvare cieľového objemu. Na druhej strane medzi nevýhody tohto aplikátora patrí jeho krehkosť, spôsobená jeho lepenou konštrukciou a bezskrutkovým systémom skladania jednotlivých jeho častí.

Záver: Venezia aplikátor predstavuje moderný hybridný gynekologický aplikátor, spájajúci výhody intrakavitárnej a intersticiálnej brachyterapie, vďaka čomu ponúka jedinečné optimalizačné možnosti pri príprave plánu ožarovania smerujúce k zvyšovaniu kvality poskytovanej zdravotnej starostlivosti.

Špecifiká QA pri SRCH a fSRT

Mgr. Jozef Grežďo, PhD., RNDr. Kristína Kontrišová, PhD., Ing. Mária Filipová,
Onkologický ústav sv. Alžbety, Bratislava

Úvod: S celoplošným upgrade vybavenia pre rádioterapiu na Slovensku v predchádzajúcich rokoch sme na určité obdobie dostali možnosť takmer na všetkých RT pracoviskách konkurovať špičkovým klinikám v zahraničí. Takéto relatívne nové, nadštandardné vybavenie je zároveň veľkým lákadlom pre mnohé menšie pracoviská "vrhnúť sa" aj na špeciálne techniky, ako napr. stereotaktická rádiochirurgia (SRCH) alebo frakcionovaná stereotaktická rádioterapia (fSRT). Nesmieme však zabúdať, že okrem vhodného vybavenia je neoddeliteľnou súčasťou pri zavádzaní špeciálnych techník aj nadštandardná úroveň personálneho vybavenia s veľmi vysokou úrovňou vedomostí a skúsenosti. To je dôvod, prečo sa takéto techniky stále sústreďujú v zahraničí do veľkých centier, ktoré majú možnosť vyčleniť ľudí, venujúcich sa takýmto technikám, extrémne náročným na čas, kvôli sústavnému "doladovaniu" každého detailu v každom kroku rádioterapie.

Cieľ: Na základe našich osobných skúsenosti detailne rozobrať niektoré kroky, v ktorých sa skrýva v súčasnosti najväčší zdroj vzniku potenciálnych chýb a nezrovnalostí a ktoré nie sú odhaliteľné pri používaní štandardných techník alebo sú pri nich málo významné, či až zanedbateľné. Pre používanie špeciálnych techník je absolútnym základom mať vypracované precízne postupy na zabezpečenie kvality na pracovisku a samozrejme aj do detailov vypracovaný a striktno dodržiavaný workflow pre ožiarenie pacienta. Existuje mnoho drobností, ktoré sú samé osebe relatívne zanedbateľné, ale pri špeciálnych technikách môže naakumulovanie takých "zanedbateľných maličkostí" viesť aj k závažnému neplánovanému lekárskeму ožiareniu. Stručne sa budeme venovať všetkým krokom, od plánovacieho CT, presnosť zakreslenia v MR, presnosť fúzie CT/MR, a aj najdôležitejším detailom nastavenia v plánovacom systéme. Z dozimetrického pohľadu poukážeme aj na odporúčanú "nutnosť" využitia antropomorfných fantómov ale tiež dedikovanej absolútnej dozimetrii pre stereotaktické ožarovanie. Stručne zhrnieme aj nedostatky v súčasnosti predovšetkým pre dozimetriu pri extrakraniálnej stereotaxii, taktiež nutnosť využívania nezávislej kalkulácie. A v neposlednom rade relatívne zložitú zabezpečenie kvality samotného ožarovača - korelácia všetkých izocentier, ktoré sa štandardne nedodáva so žiadnym urýchľovačom - presnosť, ktorú požadujeme pri špeciálnych technikách je totiž ďaleko vyššia ako predpísaný štandard urýchľovača.

Záver: Musíme plne súhlasiť so všetkými zahraničnými publikáciami, že zavedenie špeciálnych techník do klinickej praxe vyžaduje veľmi veľa úsilia. V každom prípade táto námaha stojí za to, aby sme pacientom poskytli možnosť tohto precízneho druhu ožarovania s vedomím, že sme urobili naozaj maximum pre zvýšenie kvality ich liečby. Ostáva otázka, že nakoľko Slovensko je malá krajina s veľkým počtom malých pracovísk, či naozaj nie je vhodné nenechať špeciálne techniky iba pre zopár vyhradených pracovísk, na ktorých by sa vyhradil priestor a ľudia na vytvorenie špecifického, časovo veľmi náročného QA. Posledný, nemenej dôležitý aspekt je počet pacientov, nakoľko evolúcia skúseností personálu môže nastať iba pri vyššom počte pacientov, a nie keď sa rozdelia medzi mnohé pracoviská.

Spinálna stereotaktická rádioterapia so systémom ExacTrac Dynamic

Ing. Miroslav Olejár, Východoslovenský onkologický ústav, a. s., Košice

Cieľ: Zhodnotenie systému ExacTrac Dynamic pri stereotaktickej rádioterapii spinálnych nádorov.

Úvod: Indikácia stereotaktickej rádioterapie (SBRT) s vysokými dávkami predstavuje výrazný posun v manažmente liečby spinálnych nádorov. Prechod od klasickej, 3DCRT rádioterapie, k extrémnej hypofrakcionovanej stereotaktickej rádioterapii v jednej alebo malom počte frakcií do presne definovaného objemu si vyžaduje vysokú technologickú presnosť lokalizácie tumoru, konformity distribúcie dávky a verifikácie polohy pacienta počas samotného ožarovania.

Integráciou moderných polohovacích a monitorovacích systémov, ako je ExacTrac od firmy BrainLab, s lineárnym urýchľovačom, získavame vysoký stupeň presnosti nastavenia pacientov pred ožarovaním a zároveň nám umožňuje online monitorovanie a korekciu polohy aj počas ožarovania.

Súbor a metodika: Vo VOÚ a. s. máme 2 systémy ExacTrac Dynamic v kombinácii s lineárnymi urýchľovačmi Versa HD od firmy Elekta. Súčasťou systému je aj plánovací systém Elements, špeciálne určený pre stereotaktické plánovanie rádioterapie aj spinálnych nádorov.

Výsledky: Plánovací systém Elements umožňuje automatické zakreslenie cieľového objemu a rizikových štruktúr priamo do CT a fúzovaných MR obrazov. Používame komplanárnu techniku VMAT s 6 alebo 10MV FFF zväzkom. Pomocou systému ExacTrac Dynamic verifikujeme a kontrolujeme polohu pacienta pri stereotaktickom ožarovaní rôznych regiónov chrbtice. Systém nám umožňuje online termálnu detekciu povrchu pacienta a x-ray verifikáciu aj počas ožarovania. Spolu s použitím robotického stola HexaPod so 6 stupňami voľnosti vieme korigovať nepresnosti v polohe pacienta a zabezpečiť tým vysokú presnosť dodania dávky.

Záver: Submilimetrová presnosť nastavenia systému ExacTrac a monitorovanie a kontrola polohy pacienta počas ožarovania výrazne zvyšujú presnosť a bezpečnosť dodania dávky do cieľového objemu a zároveň prispievajú k šetreniu okolitých zdravých tkanív. Liečba ožarovaním so systémom ExacTrac je komfortná pre pacientov, výrazne skraca čas ožarovania a prináša nižšiu radiačnú záťaž pri verifikácii nastavenia pacienta.

Kraniospinálne ožiarenie detí technikou VMAT

RNDr. Jitka Pupalová, *FNsP F. D. Roosevelta, Banská Bystrica*

Meduloblastóm je pomerne zriedkavá diagnóza, incidencia je na našom pracovisku 1-2 prípady ročne.

Doteraz sme meduloblastómy ožarovali na starom Clinacu 2100 C/D konformne z dvoch izocentier, jedno na hlave, resp. C chrbtici a druhé v oblasti Th chrbtice s tým, že po 4-5 frakciách sme dolný HB horného izocentra skrátili o 3-5 cm a naopak horný HB dolného izocentra o rovnakú vzdialenosť predĺžili, aby sme zabránili vzniku hotspotov a coldspotov. Konformita takéhoto ožiarenia nebola veľmi vysoká.

S nástupom nových linakov Truebeam a Vitalbeam od Varianu umožňujúcich použiť nové techniky IMRT a VMAT nastala potreba modernizovať aj techniku ožiarenia meduloblastómu. V literatúre sme našli dva nové prístupy: techniku IMRT a VMAT.

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22436794/>
- <https://ro-journal.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s13014-020-01690-5.pdf>

My sme sa rozhodli, na základe výsledkov autorov, použiť techniku VMAT. Vzhľadom na veľkosť poľa, nutnosť ožiarenia od hlavy až po S3, bolo nutné použiť dve izocentrá, jedno v hlave a jedno na chrbtici. Pri ožiarení mozgu boli doporučené 3 oblúky a pri ožiarení spinálneho kanála tiež 3 oblúky, usporiadané ako 3 a 3 štvrtoblúky na zadnej strane chrbta s vynechaním kruhovej výseče 40° v oblasti obličiek tzv. AVD (avoidance sectors). Na spodných oblúkoch sa doporučuje otočenie kolimátora len o pár stupňov kvôli dĺžke poľa (40 cm), my sme dali 5°. Oblasť prekryvu horného a dolného VMATu sa mení od 2 do 4 cm.

Naša prvá (a zatiaľ jediná) pacientka bolo 5,5 ročné dievča, slepé v dôsledku postihnutia menzecefalonu, malo dve ložiská v mozgu: vo frontálnom laloku a v zadnej jame. Podľa protokolu pediatrov, mala byť ožiarená v prvej fáze celá CNS (mozog + miecha) dávkou do 36 Gy v 20 frakciách po 1,8 Gy a nasledoval boost na ložiská v mozgu do dávky 55,8 Gy v 11 frakciách po 1,8 Gy. Bola ožarovaná v celkovej anestéze. Jej liečbu od samého začiatku sprevádzali problémy, mala kašeľ a nádchu, čo komplikovalo uspatie a nastavenie pacientky.

Náš pôvodný plán ožiarenia musel byť zmenený, nakoľko po 14 frakciách a 25,2 Gy do celej CNS bola liečba pacientky z uvedených dôvodov prerušená. Po zlepšení zdravotného stavu pacientky rozhodol lekár - radiačný onkológ doboostovať samotný mozog do dávky 36 Gy a potom dve ložiská v mozgu do dávky 55,8 Gy.

Na záver len toľko, že nám chýba „Follow up“ pacientov po liečbe, málokedy sa dozvieme, s akým (ne)úspechom sme pacienta ožiarili. Dúfame, že viac pacientov s touto diagnózou, nám pomôže získať väčšiu prax a rutinu pri uvedenej technike.

Plánovanie modulovanej rádioterapie v (ne)štandardných situáciách - tipy a triky do praxe

Ing. Dalibor Lojko, Nemocnica AGEL Komárno s.r.o.

Cieľ: Demonštrovať na názorných príkladoch komplikácie, ktoré môžu vzniknúť v rôznych neštandardných situáciách pri použití inverzne plánovanej modulovanej rádioterapie. Kvantifikovať dozimetrické efekty a ukázať niektoré riešenia používané na našom pracovisku.

Úvod: Po výmene urýchľovačov na Slovensku už väčšina pracovísk zaviedla do klinickej praxe aj moderné liečebné techniky ako IMRT a VMAT. Pri dodržaní všetkých odporúčaní je implementácia týchto techník v štandardných podmienkach relatívne bezpečná. V rutinej klinickej praxi sa ale často stretávame aj s rôznymi neštandardnými situáciami, pri ktorých môže mať inverzne plánovaná modulovaná rádioterapia v porovnaní s 3D CRT mnohé skryté úskalía.

Súbor a metodika: Všetky príklady budú prezentované v plánovacom systéme Eclipse v. 15.6 s použitím lineárneho urýchľovača Halcyon (Varian), ktorý umožňuje liečbu len technikami IMRT a VMAT. Prediskutované budú niektoré zaujímavé prípady, kde sa v jednom pláne ožaruje viac cieľových objemov naraz. Ďalej budú ukázané špecifiká optimalizácie IMRT a VMAT plánov pri cieľových objemoch, ktoré sa nachádzajú na povrchu pacienta. Veľmi častým zdrojom neštandardných situácií, s ktorými sa v praxi stretávame sú aj nedokonalé plánovacie CT pacientov. Komplikácie môžu vzniknúť pri malom FOV (orezaná BODY štruktúra), nedostatočnej dĺžke CT (PTV v poslednom reze), alebo v nepresnosti HU hodnôt.

Výsledky: V mnohých prezentovaných prípadoch na výslednom izodózovom pláne ani na DVH nie sú viditeľné žiadne abnormality, aj keď sú v skutočnosti veľmi málo odolné voči rôznym zmenám. Prehliadnutie niektorých problémov môže mať aj výrazné klinické následky (predávkovanie alebo poddávkovanie). Zvýšenie robustnosti IMRT a VMAT plánov vieme dosiahnuť využitím rôznych pomocných štruktúr v procese optimalizácie. Veľmi dôležitá je tiež vhodná voľba geometrie jednotlivých ožarovacích polí. Pri pacientoch, u ktorých predpokladáme väčšie intrafrakčné pohyby preferujeme použitie techniky IMRT, kde kontrola výslednej sekvencie pohybov MLC môže tiež odhaliť mnohé potenciálne problémy.

Záver: Je veľmi dôležité poznať svoj plánovací systém a vedieť, ako sa správa aj v rôznych neštandardných situáciách. Pri technikách IMRT a VMAT treba byť obzvlášť obozretný, lebo mnohé z týchto problémov neodhalí ani kvalitná predliečebná dozimetrická verifikácia.

myQA SRS – presnosť filmovej dozimetrie

Ing. Richard Nachtmann, Amedis s.r.o.

Mgr. Mária Fríbortová, *Onkologický ústav sv. Alžbety, Bratislava*

Liečba pacientov s malígnym ochorením pomocou rádioterapie je dnes na vysokej úrovni a v tomto boji neustále napreduje. Tak ako diagnostika nám umožňuje lokalizovať tumory na rôznych miestach s čoraz menšími objemami, aj terapia sa zameriava na tumory minimálnych rozmerov s väčšou presnosťou. Úspech pri liečbe závisí od presnosti dodania dávky do ložiska, čo je hlavnou úlohou moderných ožarovačov.

Úlohou dozimetrie nie je len verifikácia dávky v cieľovom bode, ale aj rozloženie dávky v objeme nehomogénneho charakteru. So znižovaním objemu a zvyšovaním počtu ložísk, hlavne pri lokalite CNS, sa dozimetria stáva veľkou výzvou.

Filmová dozimetria je jednou z možností pri ložiskách s rozmermi niekoľkých mm, ako overiť rozloženie dávky pred liečbou pacienta za pomoci fantómu. Takéto meranie, resp. získavanie výsledkov, je náročné a štandardné detektory pre takéto overenie dávky v liečbe SRS nemajú dostatočné rozlíšenie.

Firma IBA Dosimetry sa popasovala s týmto problémom a prichádza na trh so zariadením myQA – SRS, ktorého rozlíšenie je porovnateľné s filmovou dozimetriou.

myQA – SRS za pomoci bezdrôtového digitálneho inklinometra je schopné vďaka rozmerom detektora bez posunu zosnímať súčasne vo viacerých izocentrách rozloženie dávky počas rotácie ramena ožarovača.

Štúdie z mnohých kliník celého sveta dokazujú, že veľkosť aktívneho detektora a jeho rozlíšenie predurčujú myQA - SRS na kontrolu dávky a jej distribúcie, nielen pri liečbe SRS nádorov CNS, ale aj v extrakraniálnej SRS terapii.

myQA – SRS je komplexný balík SW a HW, ktorý je plne autonómny, obsahuje nielen detektor, inklinometer, príslušenstvo, ale aj fantóm na ktorom sa vykonávajú merania.

IBA Dosimetry sa nezastavuje a neustále pracuje na vývoji dozimetrie s vyššou presnosťou a rozlíšiteľnosťou, pracuje na integrácii jednotlivých častí dozimetrie do celkov tak, aby sa výsledky dali ľahšie spracovávať či porovnávať.

IBA Dosimetry je pri Vás, pri každom Vašom kroku, pri kvalite Vašej práce a pri Vašich pacientoch.

Dicom Studio – nástroj nie len na portálovú dozimetriu

Ing. Václav Bednář, Všeobecná nemocnica Rimavská Sobota, Svet zdravia, a. s.

Úvod: Portálovú dozimetriu možno okrem rýchlej dozimetrickej verifikácie ožarovacích plánov použiť aj na machine QA lineárneho urýchľovača. Komerčné produkty disponujú rôznymi možnosťami a presnosťou, nie vždy sú však dostatočne integrované a bývajú finančne značne nákladné. Cieľom tejto práce je vytvoriť efektívny nástroj pre machine QA pomocou portálovej dozimetrie na urýchľovači Elekta.

Metódy: Pre geometrické testy lineárneho urýchľovača sme 3D tlačou zostrojili Peppu fantóm s 16 kontrastnými guľôčkami umiestnenými na cylindrickej ploche. Fantóm sme navrhli tak, aby geometrické nepresnosti pri jeho výrobe mali minimálny vplyv na výslednú presnosť merania. Následne sme vytvorili algoritmy, ktoré analyzujú EPID snímky a vyhodnocujú vybrané geometrické a radiačné veličiny. Algoritmy sme implementovali v programe Dicom Studio napísanom v jazyku C#.

Výsledky: Pomocou Dicom Studia a Peppu fantómu možno v priebehu 10 minút na urýchľovači vyhodnotiť šum v EPID obraze, odchýlku v dávke a indexe kvality zväzku, polohu radiačného izocentra voči fantómu, uhol rotácie kolimátora a gantry v základných uhloch a ďalšie parametre. Rozšírené neistoty merania ($k = 2$) sú 0,4 % (dávka), 0,05 mm (poloha izocentra), 0,03° (rotácia kolimátora), 0,05° (rotácia gantry).

Diskusia: Dosiahnutá presnosť merania pomocou Dicom Studio je plne dostačujúca pre rutinnú prax. Výhodou je jednoduchosť použitia, rýchlosť samotného merania a následného vyhodnotenia meraných parametrov. Ďalší vývoj by mohol rozšíriť analýzu radiačných parametrov zväzku žiarenia a pridať testy zamerané na MLC kolimátor.

Záver: Nami vytvorené Dicom Studio spolu s Peppu fantómom predstavujú efektívny nástroj pre machine QA pomocou portálovej dozimetrie, ktorý nám šetrí čas v rutinnej praxi.

Virtualizácia onkologického informačného systému MOSAIQ

Mgr. Július Pál, Ing. Václav Bednář,

Všeobecná nemocnica Rimavská Sobota, Svet zdravia, a. s.

Úvod: Serverová virtualizácia prináša zvýšenú bezpečnosť, jednoduchšiu správu, minimalizáciu alebo odstránenie výpadkov, rýchlejšie vytváranie nových prostredí, flexibilné pridelovanie výpočtových zdrojov, zvýšenie dostupnosti a ochranu proti udalostiam typu disaster recovery. Zálohovací a verifikačný systém Mosaiq na našom pracovisku sa skladá zo 6 modulov a pre každý modul je použitý dedikovaný výpočtový stroj. Naším cieľom bolo zredukovať ich fyzický počet, vytvoriť zálohy jednotlivých strojov aj s nastaveniami.

Metódy: Použili sme virtualizačnú platformu XCP-ng, ktorá je open-source riešením a je podporovaná v našej IT infraštruktúre. Postupne sme si vytvorili kópie jednotlivých strojov a následne sme ich virtualizovali. Samotnú virtualizačnú platformu sme nasadili na pôvodné fyzické servery.

Výsledok: Podarilo sa nám vytvoriť združenie virtuálnych strojov, ktoré sú hostované na identicky nakonfigurovaných virtuálnych serveroch, ktoré podporujú zdvojené napájanie. Nepotrebné fyzické počítače sme vypli. Každý virtuálny stroj prevádzkuje svoj vlastný operačný systém a aplikácie. Jednotlivé virtuálne stroje zálohujeme v pravidelných časových intervaloch. Aplikačné dáta zálohujeme na externé sieťové úložisko s inkrementálnym backupom.

Záver: Virtualizácia nám umožnila použiť jednotnú centrálnu správu, flexibilitu pri priradovaní výpočtového zdroja, obnovenie jednotlivých staníc už s funkčnými nastaveniami, bez potreby konfigurovania jednotlivých strojov. A tiež aj úsporu energie a efektívnejšie využitie výpočtového výkonu.

Modernizácia pracoviska rádioterapie v Banskej Bystrici

RNDr. Jitka Pupalová, FNsP F. D. Roosevelta, Banská Bystrica

Naše rádioterapeutické pracovisko prešlo behom roka 2021 výraznou modernizáciou, a to ako strojového parku, tak aj ostatných priestorov: pracovní lekárov, fyzikov a čakárni pacientov.

Aké bolo vybavenie prístrojovou technikou pred rokom 2020?

Od mája 2011 sme mali k dispozícii len jeden lineárny urýchľovač Clinac 2100 C/D inštalovaný v roku 2008, nakoľko starý Clinac 2100C inštalovaný v roku 1996 sa pokazil a jeho oprava nebola rentabilná. 10 rokov sme žiadali vedenie našej nemocnice o nový urýchľovač, ale neúspešne. Tak sme boli nútení 10 rokov ožarovať takmer 80 pacientov v dvoch posunutých zmenách. Prísľub zlepšenia prišiel v roku 2017, kedy sme od MZ dostali ponuku na nákup dvoch veľkých linakov a vlastného CT. Mali sme byť prví pri výmene prístrojovej techniky, no nakoniec sme boli poslední.

Okrem starého linaku sme mali ešte kobaltový ožarovač TERAGAM 100, inštalovaný v roku 2003, ktorý sme pre dlhé ožarovacie časy využívali už len na protizápalovú terapiu a ožarovanie krvi a krvných derivátov, čo mimochodom pri SSD=80 cm trvalo vyše 1,5 hodiny.

Na brachyterapiu sme využívali MicroSelectron HDR, ktorý sme vymenili za nový v roku 2014. No využívali sme len 2D brachyterapiu, nakoľko sme nedisponovali CT/MR kompatibilnými aplikátormi a vlastným CT.

Pacientov sme simulovali na simulátore Acuity, inštalovanom v roku 2008 súčasne s linakom.

Koncom roka 2020 sme uzavreli naše pracovisko pre kompletnú rekonštrukciu. Vyradili sme starý linak, kobaltový ožarovač a simulátor a postupne sme inštalovali a pustili do prevádzky lineárny urýchľovač TrueBeam, céziový ožarovač krvi GSR-C1 (prvý a jediný na Slovensku), CT simulátor Siemens Somatom Confidence 64 a posledný bol urýchľovač VitalBeam, ktorý sme spustili do prevádzky vo februári 2022.

Medzitým sme ešte kúpili nové CT/MR kompatibilné aplikátory vhodné pre 3D plánovanie brachy a nový HW a SW pre 3D brachyterapiu.

Modernizovala sa aj pracovňa fyzikov výmenou starého nábytku za nový plus zakúpenie veľkého TV pre prezentáciu plánov pri ranných sedeniach. Vznikla aj nová pracovňa lekárov z pôvodnej dielne na odlievanie blokov a do čakárni pacientov sa inštalovali veľkoplošné obrazy a TV a umožnil sa im bezplatný prístup na wifi.

Do budúcnosti plánujeme ešte dovybavenie TrueBeam stereotaxiou a nákup terapeutického RTG ožarovača pre protizápalovú terapiu, ktorý nemáme k dispozícii od konca 90. rokov.

Táto modernizácia priviedla naše pracovisko do 21. storočia a umožnila nám používať nové techniky IMRT a VMAT.