

MOFT

2026



MAGYAR ORVOSFIZIKAI TÁRSASÁG
XXIII. Konferenciája

ABSZTRAKT KÖNYV

Szekszárd, 2026. Március 19-21.



A Magyar Orvosfizikai Társaság XXIII. Konferenciájának Absztraktkönyve

A SUGÁRVÉDELEM című online folyóirat különszáma

A SUGÁRVÉDELEM című online folyóirat impresszuma:

Kiadó: az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakosztálya

Kiadásért felelős: Pesznyák Csilla, a Szakosztály elnöke

Szerkesztőbizottság elnöke: Vincze Árpád

Főszerkesztő: Vincze Árpád

Szerkesztőbizottság tagjai:

Antus Andrea

Bujtás Tibor

Elek Richárd

Katona Tünde

Kristóf Krisztina

Machula Gábor

Pázmándi Tamás

Pesznyák Csilla

Petrányi János

Solymosi József

Szűcs László

Veres Mihály

Vincze Árpád

Elérhetőség:

Szerkesztőség címe: 1539 Budapest, PF. 676.

E-mail: avincze67@gmail.com

HU ISSN 2060-2391

A borítót szerkesztette: Gazdag-Hegyesi Szilvia

A kiadványt előkészítette: Gazdag-Hegyesi Szilvia, Pesznyák Csilla

A konferencia tudományos és szervező bizottságának tagjai:

Elek Richárd

Gáldi Ádám

Herein András

Kolozsi Zoltán

Pesznyák Csilla

Simon Mihály

Szegedi Domonkos

Ungvári Tamás

Integrált minőségellenőrző rendszer üzembehelyezése

Balogh István, Hócza Gergely, Mocsár Gábor, Simon Mihály, Soha Rudolf Ferenc,
Szuszik Piroska, Kállai Eleonóra, Márkus Vince, Varga Emese, Kovács Árpád

Debreceni Egyetem Klinikai Központ, Onkoradiológiai Klinika, Debrecen
balogh.istvan@med.unideb.hu

Célkitűzés: Az IQM (Integral Quality Monitor) rendszer a sugárterápiás kezelések valós idejű ellenőrzését teszi lehetővé egy, a gyorsítófejre rögzített transzmissziós ionizációs kamra felhasználásával. A rendszer alkalmas a kezelés közbeni frakciónkénti szegmensek ellenőrzése mellett, tervellenőrzésre és a gyorsítók minőségellenőrzésére is. Az előadásom célja az üzembe helyezés előkészületeinek, valamint folyamatának bemutatása.

Módszerek: Intézetünkben 2026 januárjában került sor az IQM rendszer telepítésére. Jelenleg egy IQM detektort használunk, felváltva egy-egy műszakban két Elekta Versa HD RS lineáris gyorsítón. A kezelési tervek többsége VMAT technikával és 6 MV és 6 MV FFF energiákkal készül, a rendszerünk ezen energiákkal készült tervek kezelés közbeni ellenőrzését teszi lehetővé. A gyorsítófejre felhelyezett detektor csökkenti a kilépő nyaláb által létrehozott dózist. A csökkenés mértéke energiafüggő, ez a hatás kiküszöbölhető tray faktor megadásával a tervező rendszerben, vagy a gyorsító outputjának az állításával a felhelyezett detektor mellett. Intézetünkben az utóbbi módszert választottuk.

Eredmények: A rendszer telepítése fizikusi (bunkerekben jeltovábbítók felszerelése, RS232 kábel kivezetése, tervek előkészítése) és informatikai (IQM felhasználók, SQL-szerver) előkészületeket igényel. A telepítést a gyártó végzi, távkapcsolattal, majd a detektor beüzemelését helyben, nekünk a megfelelő számítástechnikai háttérrel kellett biztosítani. A helyszíni telepítéshez szabad gyorsítóidőt kellett biztosítani a használni kívánt gyorsítókra. Biztosítottuk a gyártó által küldött tervek (AOF, GAO, DOC factor, inclinometer calibration, machine QA) leadhatóságát Mosaiq rendszerbe importálásával, valamint a megfelelő beállítások elvégzésével. Továbbá előkészítettünk 30-30 db SRS illetve egyéb saját tervet. A telepítés után a felhelyezett detektorral/szervizlappal elvégeztük a gyorsítók output-kalibrálását. Az így beállított gyorsítók esetén minden kezelésnél szükséges az IQM detektor vagy az ugyanolyan dóziselnyelést biztosító szervízlap (service attenuator) gyorsítófejre felhelyezése.

Következtetések: A megfelelő előkészületek után az IQM rendszer telepítését követően az üzembe helyezés rövid időn belül elvégezhető. A valós idejű ellenőrzés kezelésenként végezhető beavatkozás nélkül. A mért eredmények azonnal, kezelés közben kijelzésre kerülnek és utólag is elemezhetőek.

Kulcsszavak: IQM, minőségellenőrzés

Külső sugárkezelés előkészítési munkafolyamatának változása az Országos Onkológia Intézetben

Pócza Tamás¹, Herein András¹, Stelczer Gábor^{1,2}, Tódor István Szabolcs¹, Sudár Ákos^{2,3},
Pesznyák Csilla^{1,2}, Major Tibor^{1,4}

¹ Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézet

³ Országos Onkológiai Intézet, Onkológiai Képző és Invazív Diagnosztikai Központ

⁴ Semmelweis Egyetem, Sugárterápia Tanszék

Célkitűzés:

A közlemény célja a külső sugárkezelés előkészítési munkafolyamat fejlődésének bemutatása, különös tekintettel a heterogén eszközpark (lineáris gyorsítók, 'Record and Verify' rendszerek, képalkotó rendszerek) integrációjára, valamint a minőségbiztosítási és statisztikai rendszerek szerepére és digitalizációjára.

Módszerek:

Az Országos Onkológiai Intézet Sugárterápiás Központjában az elmúlt bő évtizedben jelentős technológiai és szervezeti átalakulás ment végbe, valamint az évente kezelésre érkező betegek száma is jelentősen emelkedett. A papíralapú munkaszervezéstől eljutottunk egy komplex, digitálisan támogatott, nagyrészt standardizált betegútszerűig amit a „Record and Verify” rendszer „Care Path” részében implementáltunk. Retrospektív módon áttekintettük a munkafolyamat-szervezés főbb állomásait a papíralapú dokumentáció korszakától kezdve a digitális „Quality” rendszer és statisztikai adatgyűjtés bevezetésén át a jelenleg bevezetés alatt álló rendszer kialakításáig. Összefoglaltuk az bevezetés során tapasztalt lehetséges problémás pontokat.

Eredmények:

A papíralapú, kevésbé strukturált munkaszervezést fokozatosan egy egységes, digitálisan támogatott rendszer váltotta fel. A „Care Path” bevezetése lehetővé tette a betegutak standardizálását, a felelősségi körök pontosabb meghatározását, valamint a folyamatlépések nyomon követhetőségét. A heterogén technológiai környezet integrációja kezdetben jelentős szervezési kihívásokat eredményezett, ugyanakkor hosszú távon javítja a kezelések rugalmasságát és szakmai színvonalát. A minőségbiztosítási és statisztikai rendszerek alkalmazása hozzájárulhat a teljesítménymutatók objektív értékeléséhez, a kapacitástervezés optimalizálásához és a hibalehetőségek csökkentéséhez.

Következtetések:

A külső sugárkezelés előkészítési munkafolyamatának digitalizációja és standardizálása kulcsszerepet játszik egy nagy forgalmú, heterogén technológiai környezetben működő centrum hatékony és biztonságos működésében. Az új rendszer bevezetése nem csak informatikai fejlesztést jelent, hanem szemléletváltást is, amivel egyszerűbbé válhat a minőségközpontú betegellátás, az erőforrások optimális felhasználása és a jövőbeni technológiai innovációk integrációja.

Kulcsszavak:

külső sugárkezelés; munkafolyamat-szervezés; Care Path; minőségbiztosítás; digitális transzformáció

Sztereotaxiás sugársebészeti eljárás nagy méretű érhártya-melanómák kezelésében

Soha Rudolf Ferenc¹, Simon Mihály¹, Fodor Mariann², Surányi Éva², Balogh István¹,
Hócza Gergely¹, Kállai Eleonóra¹, Mocsár Gábor¹, Szuszik Piroska¹, Varga Emese¹,
Kovács Árpád¹

¹Debreceni Egyetem Klinikai Központ, Onkoradiológiai Klinika

²Debreceni Egyetem Klinikai Központ, Szemklinika

soha.ferenc@med.unideb.hu

Célkitűzés: Érhártya-melanóma sztereotaxiás sugársebészeti (SRS) kezelését követően a lehető legmagasabb látásélesség (vízus) megőrzése, illetve javítása gyors és nagy pontosságú sugártervezés és optimalizálás alkalmazásával.

Módszerek: A kezelési protokoll első lépéseként a daganat nagy dózisu, egyszeri frakcióban adott külső besugárzásban részesül. Retrobulbáris érzéstelenítést, szemizom-immobilizációt követően a tervezéshez szükséges MRI- és CT-vizsgálatok készülnek, majd a céltérfogat és a rizikó szervek meghatározása történik. A besugárzási tervet a RayStation tervezőrendszerben többkritériumos optimalizációval (MCO, Multi-Criteria Optimization) készítjük el parciális íveket alkalmazva, egyszeri 22 Gy dózisu SRS-kezelésre. Az optimalizálás célja a tumorszövet ablációja mellett a környező egészséges struktúrák dózisterhelésének minimalizálása.

A nagyfokú tumorsejt-pusztulás következtében kialakuló gyulladásos reakció a szemgolyó súlyos károsodásához vezethetne, ezért ennek megelőzésére a sugárkezelést követő napon a daganatot vitreoretinális sebészeti beavatkozás során eltávolítják. A preoperatív besugárzás jelentősen csökkent az intraoperatív vérzés kockázatát.

Eredmények: 2023 decembere óta összesen 35 beteg részesült sikeres kombinált kezelésben és műtétben. A céltérfogat dózislefedettsége minden esetben meghaladta a 95%-ot ($V_{95\%} > 95\%$). A nervus opticusra kitűzött 10 Gy maximális dóziskorlát a daganatok mérete és lokalizációja miatt nem minden esetben volt tartható, mivel a céltérfogat gyakran érintette a látóideget. Ennek ellenére a betegek mindössze ~10%-ánál jelentkezett 50%-ot meghaladó vízusromlás. A betegek 10% -a számolt be panaszokról (szemszárazság, csökkent könnymirigy-funkció), mely esetekben a glandula lacrimalis dózisterhelése legalább 13,5 Gy volt. Folyamatban van a szakirodalomban eddig kevésbé vizsgált corpus ciliare dózisterhelésének és funkcionális változásainak elemzése; a magas dózisterhelés ellenére eddig klinikailag jelentős funkciókárosodást nem észleltünk.

Következtetések: A kombinált sugársebészeti és sebészeti kezelés lehetővé tette az érhártya-melanómában szenvedő betegek számára a szemgolyó megőrzését, ezáltal az enukleáció és a szemprotézis viselésének elkerülését. A betegek közel 20%-ánál a teljes látásélesség megőrizhető volt, míg a betegek mintegy háromnegyedénél a vízusromlás mértéke nem haladta meg a 30%-ot. A kezelés alacsony mellékhatás-profillal járt, és klinikailag kedvező funkcionális eredményeket mutatott. Összességében megállapítható, hogy a mellékhatások és a vízusromlás mértéke szoros összefüggést mutat a melanóma méretével és anatómiai elhelyezkedésével, különösen a nervus opticustól mért távolsággal.

Kulcsszavak: érhártya-melanóma; sztereotaxiás sugársebészet (SRS); sugártervezés; többkritériumos optimalizáció (MCO); szemgolyó-megőrzés

Másodlagos dózisszámoló algoritmusok teljesítményének vizsgálata sztereotaxiás tüdőbesugárzási tervek szoftveralapú minőségbiztosítási rendszerében

Szegedi Domonkos^{1,2}, Pócza Tamás^{1,3}, Major Tibor^{1,4}, Pesznyák Csilla^{1,3}

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizikai Tudományok Doktori Iskolája

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézet

⁴Semmelweis Egyetem, Sugárterápia Tanszék

szegedi.domonkos@oncol.hu

Célkitűzés:

Vizsgálatunk célja a szoftveralapú minőségbiztosítási (QA) rendszerbe integrált másodlagos dózisszámoló algoritmusok teljesítményének értékelése, valamint a klinikailag releváns riasztási szintekhez illeszkedő paraméterek meghatározása sztereotaxiás tüdőbesugárzási tervek esetében.

Módszerek:

A klinikai gyakorlatban egyre elterjedtebb szoftveralapú minőségbiztosítási rendszerek körütekintő implementációja a mérések alternatíváját kínálhatja a betegspecifikus minőségbiztosításban. Vizsgálatunkban 15 anonimizált, sztereotaxiás technikával kezelt tüdőtumoros beteg tervét elemeztük. Az eredeti dózisszámítás az Eclipse 16.1 AcurosXB (szemi-Monte Carlo alapú) algoritmussal történt. A másodlagos dózisszámítást a Sun Nuclear Corporation DoseCheck (SN) és a LAP GmbH RadCalc rendszerekben implementált Collapsed Cone Convolution (CCC), Pencil Beam (PB), valamint Monte Carlo (MC) alapú algoritmusokkal végeztük. Dozimetriai eltéréseket vizsgáltunk az eredeti dózis és a különböző algoritmusokkal másodlagosan számolt dózisok közötti átlageltérések tekintetében a céltérfogatokra, valamint gamma-analízis módszerrel a teljes számolási térfogatra vagy a céltérfogatokra megszorítva. A számolási algoritmust, illetve a gamma-analízis paramétereit változtatva riasztási szinteket kerestünk a hétköznapi klinikai gyakorlathoz, és vizsgáltuk, hogy a paraméterek mely változtatásaira érzékenyebb a gamma-analízis módszere a teljes számolási térfogat, illetve a céltérfogatra vett elemzés mellett.

Eredmények:

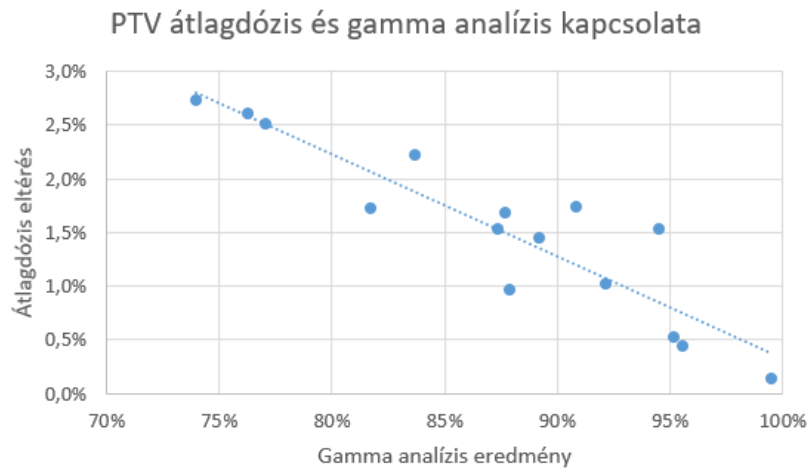
A PB algoritmus adatai minden esetben messze az elfogadási tartományon kívül estek, ami a klinikai alkalmazást nem teszi lehetővé. Ez az eredmény a tüdő alacsony sűrűségű, inhomogén struktúrájából adódó fizikai sajátosságok alapján előre várható volt. A Sun Nuclear DoseCheck és a RadCalc CCC alapú algoritmusai esetében a céltérfogat átlagdózisának eltérése szoros korrelációt mutatott ($r^2 > 0,8$) a céltérfogatra szűkített gamma-analízis eredményeivel (2%/2 mm lokális normalizáció mellett $r^2 = 0,83$) (1.ábra.). Más algoritmusok esetében ilyen összefüggés nem volt kimutatható. A teljes számolási tartományra vett globális normalizáció minden esetben 100%-hoz közeli gamma-analízis eredményt adott (2.ábra). A céltérfogatra megszorított elemzés esetén az SN algoritmus és a RadCalc CCC algoritmusai még globális normalizálás mellett is adott 90% alatti, azaz a gamma-analízisen megbukó, eredményt különböző dózis és távolsági kritériumok mellett.

Következtetések:

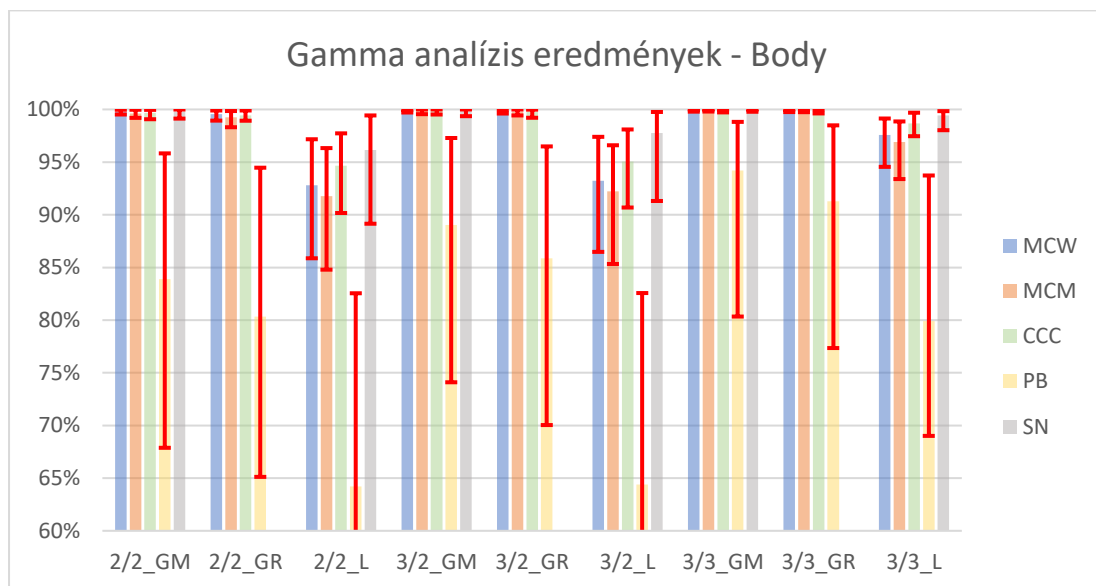
Sztereotaxiás tüdőbesugárzási tervek másodlagos dózisszámolása globális normalizációval kiváló egyezést mutat az eredeti AcurosXB dózissal a teljes számolási térfogatban. Kiszűrhető anomáliák detektálásához azonban az érzékenyebb lokális normalizáció, valamint 2%/22%/2 mm vagy 3%/23%/2 mm paraméterválasztás javasolt. Potenciálisan szuboptimális tervek azonosítására portál dozimetriai (Sun Nuclear Fraction0; RadCalc EPID Dosimetry) méréssel való kiegészítés ajánlott. Megfelelő paraméterezéssel ezek a rendszerek automatizált visszajelzést nyújthatnak a

rutin klinikai minőségbiztosításban a napi munkaterhelés számottevő növekedése nélkül.

Kulcsszavak: szoftver alapú minőségbiztosítás, másodlagos dózisszámolás, QA



1.ábra A másodlagos dózisszámoló algoritmus (RadCalc CCC) által számolt PTV átlagdózisának eltérése az eredeti dózistól a PTV-re megszorított gamma-analízis eredményének függvényében (2%/2mm lokális dózisznormalizálással), $r^2=0,83$.



2.ábra Gamma-analízis eredmények különböző másodlagos dózisszámoló algoritmusokkal. MCW – Monte Carlo Dose to Water, MCM – Monte Carlo Dose to Medium, CCC – Collapsed Cone Convolution/Superposition, PB – Pencil Beam, SN – Sun Nuclear. Adatsor jelölése: 2/2: 2%/2mm, 3/2: 3%/2mm, 3/3: 3%/3mm, GM: globális normlizálás dózismaximummal, GR: globális normlizálás referencia dózissal, L: lokális normalizáció (átlagok mellett a minimum és maximum értékek tartománya pirossal jelezve)

Bőrjelölés alapján történő betegbeállítás pontosságának vizsgálata sztereotaxiás tüdőbesugárzások esetén

Herein András¹, Pócza Tamás¹, Pesznyák Csilla^{1,2}, Major Tibor^{1,3}

¹ Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, TTK, Nukleáris Technika Intézet

³ Semmelweis Egyetem, Sugárterápia Tanszék

E-mail: herein.andras@oncol.hu

Célkitűzés: Vizsgálatunk célja a képvezérlés alapú betegbeállítási bizonytalanság nagyságának elemzése sztereotaxiás tüdőbesugárzást kapott betegeknél, annak függvényében, hogy mekkora és milyen irányokban történő eltolást kell alkalmazni a bőrjelölés alapján adódó kezdeti beállítási és a tervezett kezelési pozíció között.

Módszerek: Vizsgálatunkhoz a 2025-ben intézetünkben 6D kezelőasztalos besugárzókon, sztereotaxiás tüdőbesugárzást kapott betegek közül választottunk 20 beteget. Kigyűjtöttük az összesen 98 frakció képvezérlési információit, a képvezérlés során alkalmazott eltolások, illetve forgatások mértékét, továbbá betegenként a bőrjelölés alapján történő kezdeti beállítási és a tervezett kezelési pozíció közötti eltolás értékeit. Az eltolási adatok abszolút értékét, illetve a hosszvektort is korreláltattuk a képvezérlésből származó eltolási és forgatási értékekkel, illetve az eltolási értékekből számolt vektorhosszal is. Vizsgáltuk továbbá az egy beteghez tartozó képvezérlésből származó eltolások vektorhosszainak szórását a kezdeti eltolási vektor hosszának a függvényében.

Eredmények: A vizsgált 20 beteg alapján az abszolút átlagos kezdeti eltolások és intervallumok laterális, vertikális és longitudinális irányban rendre 7,17 cm (0-12 cm), 5, 94 cm (0,4-11,35) és 8,9 cm (1,8-17,2) voltak. Az ezekből számolt átlagos eltolási vektorhossz 14 cm volt. Az átlagos képvezérlés során történt eltolási értékek és intervallumok laterális, vertikális és longitudinális irányban rendre 0,69 cm (0,01-3,26 cm), 0,75 cm (0-2,75 cm) és 0,77 cm (0,01-3,03 cm) voltak. A 6D asztal forgatási paramétereiből számolt átlagos „pitch”, „roll” és „rot” érték 1,73° (0-3°), 1,51° (0-3°) és 2,23° (0-9,2°) volt. A húsz beteg fenti adatait vizsgálva korrelációt nem találtunk az eredeti eltolás és a betegpozicionálás során szükséges eltolás között. Megvizsgálva azonban a képvezérlésből származó vektorhosszak szórását az eredeti eltolás függvényében, gyenge korreláció jelenik meg.

Következtetések: Húsz beteg eredményei alapján megállapítható, hogy a kezdeti eltolás mértéke nem, vagy csak nagyon kis mértékben befolyásolja a képvezérlés alapú betegbeállítás során szükséges korrekciókat, és leginkább arra van hatással, hogy a napi frakciók egymástól mennyire térnek el. Lehetséges, hogy a vizsgált betegszám növelésével a megtalált gyenge korreláció megerősíthető.

Kulcsszavak: betegpozicionálás, SBRT, CBCT, geometriai pontosság

Az elektronsűrűség CT rekonstrukciójának fantomméret függése

Sudár Ákos^{1,2}, Tamás Pócza³, Domonkos Szegedi^{3,2} és Pesznyák Csilla^{3,4}

¹Országos Onkológiai Intézet, Onkológiai Képző és Invazív Diagnosztikai Központ

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizikai Tudományok Doktori Iskola

³Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

⁴Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Tanszék

Elérhetőség: sudar.akos@oncol.hu

Célkitűzés: Az elektronsűrűség (ED) rekonstruálása egy CT-felvételből nem triviális, mivel az, hogy egy anyag mennyi vízzel egyenértékűnek látszik (azaz mennyi a HU értéke) függ a nyaláb minőségétől [1]. A detektoron megjelenő nyalábminőség már magában foglalja a páciens szűrőhatását is, aminek következtében ugyanaz az anyag eltérő pozícióban vagy eltérő irányból más vízekvivalens sűrűségűnek látszhat. Jelenlegi kutatás célja különböző kalibrációs- és rekonstrukciós eljárások fantomméret függésének meghatározása volt.

Módszerek: A jelenlegi kutatás során három rekonstrukciós kernel és három HU – ED kalibráció pontosságát vizsgáltuk különböző vízekvivalens átmérőjű fantomok segítségével:

1. Hagyományos rekonstrukció nyalábminőségenkénti kalibrációs görbével (Qr--saját).
2. Mesterséges 120 kVp képet rekonstruáló kernel (artificial 120, Siemens Healthineers, Erlangen, Németország), ami magában foglalja a gyári kalibrációs görbét, amivel minden csőfeszültség 120 kVp ekvivalensre konvertálható [2]. Ekkor a klinikumban csak a 120 kVp-el felvett HU – ED kalibrációs görbét szükséges alkalmazni (Sa--120). Teszteltük a kernelt nyalábminőségként felvett kalibrációs görbével is (Sa--saját).
3. Közvetlen sűrűség rekonstrukciós kernel (direct density, Siemens Healthineers, Erlangen, Németország), ami a relatív elektronsűrűséggel lineárisan arányos CT-számot rekonstruál [3]. Az algoritmus a képet először vízképpé és csontképpé bontja, amelyek segítségével pontosabban modellezi a különböző nyalábminőségek elnyelődését, minek következtében alacsonyabb fantomméret-függést várunk. A kernelt teszteltük a gyári, lineáris kalibrációs görbével (Sd--gyári), csak 120 kVp-en kalibrálva (Sd--120) és nyalábminőségként kalibrálva (Sd--saját).

A méréseket egy házilag fejlesztett, változtatható vízekvivalens-átmérőjű fantomban végeztük (1. ábra). A vízekvivalens átmérőt a fantom széléhez hozzáadott szilárdvíz rétegekkel növeltük. A fantomban a Gammex RMI 467 betéteit használtuk. Minden fantomméret esetén méréseket végeztünk 70 kVp és 140 kVp között 10 kVp-es lépésközzel. A méréseket egy Somatom Go.Sim CT-n (Siemens Healthineers, Erlangen, Németország) végeztük. A HU-ED kalibrációs görbét a klinikumnak megfelelően egy Gammex RMI 467 fantomban vettük fel.

Eredmények: A kalibrációs görbét alkalmazó módszerek (Qr—saját, Sa—saját és Sa—120) csak minimális fantomméretfüggést mutattak, mind az átlagos elektronsűrűség hibája, mind az elektronsűrűség hibájának négyzetes átlaga esetében (2. ábra). A közvetlen sűrűségrekonstrukció esetében az átlagos elektronsűrűség hibája egyértelműen nő a fantomátmérő csökkenésével, amin a kalibráció sem javít. Az elektronsűrűség hibájának átlaga úgyszintén nő a fantomátmérő csökkenésével, ebben az esetben a kalibráció csökkenti a hibát, de a méretfüggés nem tűnik el.

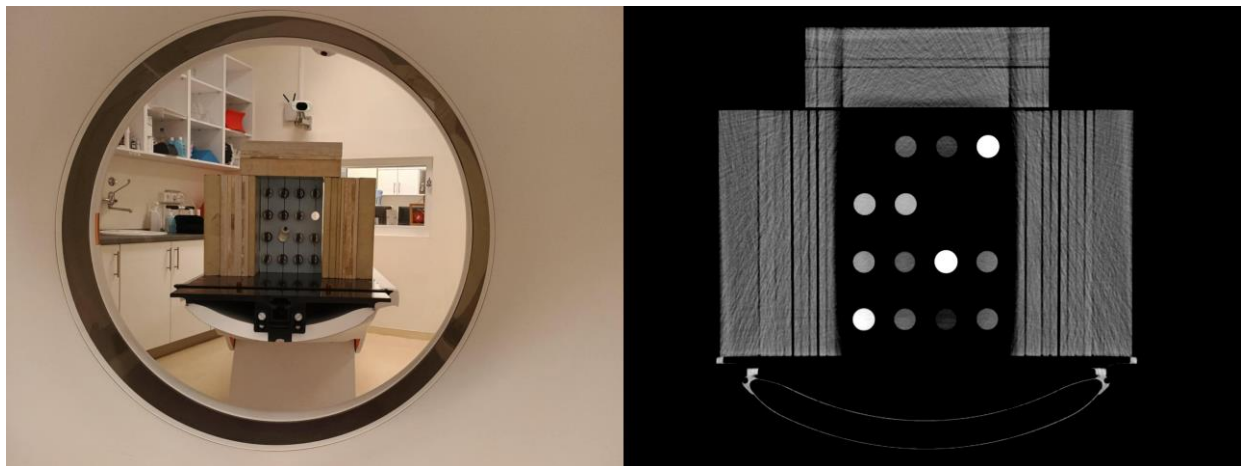
Következtetések: Egy hagyományos, különböző energiákhoz tartozó kalibrációs görbékkel rendelkező kernel megbízhatóbb és pontosabb elektronsűrűség-meghatározást eredményez, mint a közvetlen sűrűségrekonstrukció. Az egyik széles körben használt besugárzástervező rendszer a közelmúltban lehetővé tette ugyanahoz a CT-hez több kalibrációs görbe hozzáadását, így a nyalábminőségként történő kalibráció megvalósítható [4]. Hogyha ez mégis akadályokba

ütközik, akkor a mesterséges 120 kVp algoritmus a jelenlegi vizsgálat alapján alkalmazhatónak tűnik. A mesterséges 120 kVp kernelt a gyártó eredetileg koszorúércalcium-tesztelésére fejlesztette, így a sugárterápiás alkalmazás előtt célszerű lenne, ha a gyártó nyilatkozna a sugárterápiás alkalmazhatóságáról, vagy nem alkalmazhatóságáról.

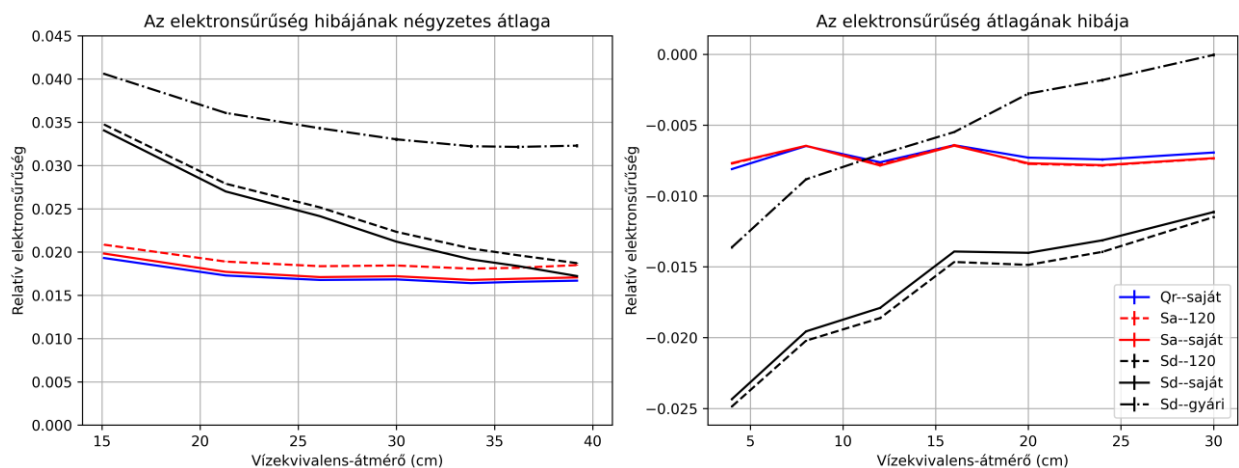
Kulcsszavak: komputertomográfia, relatív elektronsűrűség (RED), Hounsfield Unit (HU), artificial 120 kVp, direct density

Hivatkozások:

- [1] Levi1, C., Gray2, J. E., McCullough2, E. C., & Hattery2, R. R. (1982). The Unreliability of CT Numbers as Absolute Values. www.ajronline.org
- [2] Allmendinger, T., & Hamann, A. (2018). Agatston Score calcium quantification with arbitrary tube voltage.
- [3] D'Alessio, A., D'Ippolito, E., Tenconi, C., Cavallo, A., Stucchi, C., & Pignoli, E. (2019). Potentials and limits of a novel CT reconstruction algorithm (DirectDensityTM) developed for radiotherapy treatment planning. Biomedical Physics and Engineering Express, 5(6). <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ab4a27>
- [4] Varian Medical Systems. (2025). Eclipse Photon and Electron Reference Guide.



1. ábra. Az ábra bal oldalán a házi fejlesztésű fantom fényképe, míg a jobb oldalán a CT-rekonstrukciója látható.



2. ábra. Az elektron sűrűség rekonstrukciós hibájának vízekvivalens-átmérő függése a szilárd víz fantomban. A: az elektronsűrűség hibájának négyzetes átlaga, B: az elektronsűrűség átlagának hibája.

MR vizsgálatok során mért SAR-értékek retrospektív elemzése a Debreceni Egyetem Klinikai Központjában

Dr. Kiss János¹, Dankó Zsolt¹, Urbán László¹, Dr. Balkay László²

¹Debreceni Egyetem, Klinikai Központ, Orvosi Képalkotó Klinika – Radiológia

²Debreceni Egyetem, ÁOK – Nukleáris Medicina Tanszék

`dr.kiss.janos@med.unideb.hu`

Célkitűzés:

A kutatás célja a Debreceni Egyetem Klinikai Központjában üzemelő mágneses rezonanciás (MR) berendezésekkel végzett vizsgálatok specifikus abszorpciós rátájának (Specific Absorption Rate, SAR) átfogó, retrospektív elemzése a 2015. január 1. és 2025. december 31. közötti időszakban. A SAR-értékek térerősség-, készülék-, szekvencia- és időfüggő alakulásának kvantitatív jellemzése, valamint az esetleges technológiai és protokolláris változások hatásának feltárása mind minőségbiztosítási mind betegellátási szempontból előnyös lehet.

Módszerek:

Az érintett időszakban végzett valamennyi MR-vizsgálat (study) minden egyes series-ének első DICOM állományából kizárólag a header-információ került feldolgozásra, figyelembe véve, hogy az adott series-en belül a SAR-érték konstans paraméterként szerepel. Az elemzés során a SAR mellett kinyerésre kerültek többek között a mágneses térerősség (B_0), a flip angle, a dB/dt, a repetition time (TR), echo train length továbbá a készülék- és szekvenciaazonosító paraméterek. Az így nyert bemeneti adatok feldolgozás során leíró statisztikák és korrelációs számítások alkalmazásával került sor a SAR és a vizsgált műszaki paraméterek közötti összefüggések értékelésére, továbbá az egyes berendezések és telephelyek közötti különbségek összehasonlítására.

Eredmények:

Az alkalmazott adatgyűjtést követően több százezer metaadat feldolgozása valósult meg. A vizsgálati hipotézisek alapján a SAR-értékek emelkedése volt várható a mágneses térerősség növekedésével, összhangban az RF-energia frekvenciafüggő karakterisztikájával. Kimutatható továbbá, hogy a nagyobb flip angle értékek, valamint a nagy RF-energiaigényű szekvenciák (pl. turbo spin echo típusú protokollok) szignifikáns pozitív korrelációt mutatnak a SAR növekedésével. Az időbeli elemzés során jól körülhatárolható, hogy milyen hatása van az egyes szervizeseményeknek, illetve berendezésgenerációk közötti váltásnak, valamint a technológiai fejlesztésekből és protokolloptimalizálásból eredő SAR-kalkulációnak. Az intézményi szintű, nagymintás adat set lehetőséget biztosít a SAR-értékek populációs eloszlásának robusztus statisztikai jellemzésére és a potenciálisan magas RF-terheléssel járó protokollok azonosítására.

Következtetések:

A nagyszámú, valós klinikai környezetből származó DICOM metaadat retrospektív elemzése lehetőséget biztosít az RF-terhelés intézményi szintű, mélyreható értékelésére. Az eredmények hozzájárulhatnak a vizsgálati protokollok biztonság- és hatékonyságközpontú optimalizálásához, a különböző térerősségű és generációjú MR-berendezések összehasonlító értékeléséhez, valamint a betegbiztonság további erősítéséhez. A vizsgálat megalapozhatja egy strukturált, hosszú távú SAR-monitorozási stratégia kialakítását.

Kulcsszavak:

MRI; SAR; DICOM metaadat; protokolloptimalizálás; betegbiztonság

Felvételi röntgenberendezések dózis kibocsátásának vizsgálata

Forgács Csenge¹, Kiss János²

¹Debreceni Egyetem, ÁOK, Nukleáris Medicina Tanszék

² Debreceni Egyetem, ÁOK, Radiológia Tanszék
csforgacs@med.unideb.hu

Célkitűzés: A Debreceni Egyetem, Klinikai Központ, Orvosi Képképző Klinika - Radiológia a napi rutin során törekszik a pácienseket ért dózisok pontos követésére. Ehhez kapcsolódóan a röntgenkészülékek által leadott dózis mérésére egy sugárzásmérő berendezést szereztünk be. Jelen munka célja egy autonóm, hordozható dózisterületi szorzatot (DAP) mérő rendszer kialakítása és klinikai környezetben történő integrálása, valamint a mért DAP értékek összehasonlítása a telepített felvételi röntgenberendezések által számolt dózisadatokkal. A fentieken túl, cél volt a mérőrendszer RS485-ös kommunikációjának kihasználása kalibrációs és egyéb belső adatok kiolvasására, egy későbbi automatizált adatgyűjtő rendszer megalapozásaként.

Módszerek: A mérésekhez egy PTW Diamentor RS-KDK típusú, ionizációs kamra elvén működő rendszert alkalmaztunk, melyet hordozható külső akkumulátorral és feszültségstabilizáló modullal egészítettünk ki. A mérőrendszer RS485 kommunikációját Arduino Nano mikrokontroller és MAX485 modul segítségével valósítottuk meg, lehetővé téve a kalibrációs paraméterek kiolvasását. A vizsgálatainkat négy GE Optima XR646 típusú telepített felvételi röntgenberendezésen végeztük. A csőáramot minden esetben 200 mA-re választottuk, a csőfeszültséget 40–120 kV tartományban, 20 kV-os lépcsőkben, az expozíciót 1–50 mAs tartományban változtattuk. Minden berendezésen konzisztencia méréseket végeztünk 80 kV és 10 mAs beállítás mellett. A mérési geometria egységes volt: 100 cm fókusz–detektor távolság és totális fénymező.

Eredmények: A felhasznált külső akkumulátoros tápellátás sikeresnek bizonyult, mivel a teljes 1,5 órás mérési időszak alatt mindössze 77 %-os töltöttségre csökkent a kezdeti 100 %-ról. RS485-ös kommunikáció megvalósult, így hatékonyan kiolvashatóak voltak a kalibrációs és korrekciós együtthatók. A röntgenberendezések által számolt DAP értékek jellemzően magasabbnak bizonyultak, mint a Diamentor által mért adatok.

Következtetések: A kialakított hordozható mérőrendszer alkalmas DAP mérések elvégzésére. Az eredmények rávilágítanak arra, hogy a berendezések által számolt dózisadatok és a ténylegesen mért értékek között szisztematikus eltérések fordulhatnak elő, ezért a periodikus ellenőrző mérések indokoltak. Az RS485 kommunikáció lehetőséget teremt egy jövőbeni, automatizált dózismonitorozó rendszer kialakítására, amely hozzájárulhat a betegbiztonság további növeléséhez.

Kulcsszavak: dózisterületi szorzat, DAP mérés, dozimetria

Sugárterápiás klinikai audit Magyarországon

Pesznyák Csilla^{1,2}, Stelczer Gábor^{1,2}, Herein András¹, Pócza Tamás¹, Major Tibor^{1,3}, Simon Mihály⁴, Varga Zoltán⁵, Sebestyén Zsolt⁶, Zaka Zoltán¹, Jorgo Kliton^{1,3}, Kovács Árpád⁴, Lakosi Ferenc⁸, Szabó Zoltán⁷, Tamaskovics Bálint^{9,10}, Takácsi-Nagy Zoltán^{1,3}

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézet

³Semmelweis Egyetem ÁOK, Sugárterápia Tanszék

⁴Debreceni Tudományegyetem, Onkoradiológiai Klinika

⁵Szegedi Tudományegyetem, Onkoterápiás Klinika

⁶Pécsi Tudományegyetem Onkoterápiás Intézet

⁷Bács-Kiskun Vármegyei Oktatókórház

⁸Somogy Vármegyei Kaposi Mór Oktató Kórház

⁹Nógrád Vármegyei Szent Lázár Kórház, Onkológiai Centrum

¹⁰Heinrich Heine Egyetem, Düsseldorf, Radioonkológiai Klinika

Cél: Országos sugárterápiás klinikai audit program kidolgozása a hazai ellátás minőségének és biztonságának fejlesztése érdekében.

Anyag és módszer: A klinikai audit fogalmát a 2013/59/EURATOM irányelv határozza meg, amely az orvosi radiológiai eljárások szisztematikus vizsgálatát írja elő a betegellátás minőségének és eredményességének javítása céljából. Az irányelvet Magyarországon a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet implementálta. Az Országos Onkológiai Intézet vezetésével 2024-ben, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) támogatásával indult el a hazai sugárterápiás klinikai audit program fejlesztése. A projektben részt vesznek a hazai sugárterápiás központok, a Magyar Sugárterápiás Társaság és a Magyar Orvosfizikai Társaság, együttműködő partnerként pedig közreműködik a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ és az Országos Atomenergia Hivatal. A program alapját a NAÜ QUATRO (Quality Improvement Quality Assurance Team for Radiation Oncology) módszertana képezi, figyelembe véve a nemzetközi szakmai szervezetek – többek között az ESTRO, az EFOMP és a HERCA – ajánlásait, valamint a hazai ellátórendszer sajátosságait. A munkacsoport célja a releváns minőségi indikátorok azonosítása és egy egységes, strukturált auditfolyamat kialakítása. Az Országos Onkológiai Intézet korábbi nemzetközi minőségellenőrzési tapasztalatai – így a 2018-as NAÜ IMRT end-to-end tesztben való részvétel tizenegy hazai központtal – szintén hozzájárulnak a program megalapozásához.

Eredmények: A fejlesztés alatt álló országos auditprogram egységes szakmai szempontrendszert és minőségi mutatókra épülő értékelési struktúrát kíván létrehozni, amely támogatja a hazai sugárterápiás gyakorlat összehasonlíthatóságát és folyamatos fejlesztését. Az audit útmutatója elkészült, a tervezetet minden sugárterápiás központnak kiküldtük véleményezésre, kisebb módosításokat kértek a kollégák. Az Országos Onkológiai Intézetben az elmúlt év novemberében három napos workshop-t szerveztünk a részletek megbeszélésére, amin a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség révén belga szakértők véleményezték a tervezetet. A projekt várhatóan 2026 végére zárul.

Következtetés: A klinikai audit a sugárterápiás ellátás minőségének nyomon követésében és fejlesztésében nemzetközileg elismert, hatékony eszköz. Bár megvalósítása összetett és erőforrás-igényes, jelentős mértékben hozzájárulhat a betegbiztonság növeléséhez és a kezelések szakmai színvonalának emeléséhez Magyarországon.

Kulcsszavak: klinikai audit, minőségbiztosítás, abszolút dozimetria, „end-to-end” tesztek

Sugárterápiás klinikai audit – fizikusi szempontok

Stelczer Gábor^{1,2}, Herein András¹, Pócza Tamás¹, Major Tibor^{1,3}, Zaka Zoltán¹, Takácsi-Nagy Zoltán^{1,3}, Pesznyák Csilla^{1,2}

¹*Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest*

²*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézet*

³*Semmelweis Egyetem ÁOK, Sugárterápia Tanszék*

Célkitűzés: A sugárterápiás ellátás biztonsága és minősége nagymértékben függ a klinikai folyamatok és mérések egységesítésétől, protokollokba foglalásától. Az eltérő helyi gyakorlatok, minőségbiztosítási protokollok és mérési módszerek jelentős különbségeket eredményezhetnek, amely hatással lehet a betegellátás egységességére. Ennek csökkentése érdekében az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) támogatásával országos projekt indult a sugárterápia országos klinikai audit programjának kidolgozásra és bevezetésre. Jelen munkában az orvosi fizika szempontjait foglaljuk össze.

Módszerek: Az egységesített rendszer több lépcsőből álló auditfolyamatra épül. Az előkészítés során részletes, előre kiküldött kérdőívek kerülnek alkalmazásra, amelyekkel az infrastruktúrára, a munkaterhelésre, a berendezések minőségbiztosítására, valamint a sugárvédelemre és biztonságra vonatkozó adatokat gyűjtik. A helyszíni audit magában foglalja a teleterápiás és brachyterápiás munkafolyamatok áttekintését, a QA/QC protokollok ellenőrzését, valamint független dozimetriai mérések elvégzését. Az abszolút dozimetriai mérések a TRS-398 ajánlás alapján, szilárdvíz fantomban történnek, míg az „end-to-end” tesztek CIRS fantom alkalmazásával biztosítják a teljes besugárzási folyamat ellenőrzését a képalkotástól a dózisleadásig. Az auditálást követően javaslatokat kell megfogalmazni az auditált intézmények számára. A javaslatok célja a sugárterápiás folyamatok minőségének javítása, és nem célja sem a büntetés, sem a szankcionálás.

Eredmények: Az egységesített mérési rendszer bevezetése lehetővé teszi az auditok strukturáltabb és összehasonlíthatóbb végrehajtását. A standardizált kérdőívek és mérési protokollok révén azonosíthatóvá válnak a helyi gyakorlatok közötti eltérések, különösen a besugárzástervezésben, berendezések minőségbiztosításában és a folyamatok dokumentálásában. A független dozimetriai mérések és az „end-to-end” tesztek segíthetik a klinikailag releváns eltérések feltárását, amelyek korrekciós javaslatokat eredményezhetnek.

Következtetések: Az új egységesített mérési és auditálási rendszer hatékony eszköznek bizonyulhat a sugárterápiás gyakorlat minőségének és biztonságának objektív értékelésében. A standardizáció elősegíti az intézmények közötti összehasonlíthatóságot, támogatja a folyamatos minőségfejlesztést és hozzájárul a betegbiztonság növeléséhez. A módszer hosszú távon alapot teremthet egy országos szintű, egységes klinikai audit rendszer fenntartásához és továbbfejlesztéséhez.

Kulcsszavak: klinikai audit, minőségbiztosítás, abszolút dozimetria, „end-to-end” tesztek

Alacsony térerősségű mágneses rezonancia képalkotás használatával végzett applikátor- és a türekonstrukció geometriai pontosságának vizsgálata nőgyógyászati brachyterápiában

Major Tibor, Fröhlich Georgina, Bodács István, Gáldi Ádám, Gazdag-Hegyesi Szilvia

Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest, Ráth Gy. u. 7-9.

major.tibor@oncol.hu

Célkitűzés: Alacsony térerősségű mágneses rezonancia képalkotás alapú nőgyógyászati brachyterápiában az applikátor- és türekonstrukció geometriai pontosságának értékelése.

Módszerek: Vizsgálatunkban 0,55 T-s MR-szkennert használtunk. Először összehasonlítottuk az MR- és CT-képek alapján végzett türekonstrukció pontosságát. Hét műanyag tűt szúrtunk három fantomba, amelyeket ezután MR-rel és CT-vel szkenneltünk. Öt fizikus meghatározta a tűk hegyét és beszúrási pontját mindkét típusú képtípuson. Összehasonlítottuk a tűk hosszát és a tűk koordinátáit. Ezután betegek MR-képein értékeltük az applikátor és a tűhegyek lokalizációjában a rekonstrukciót végzők közötti eltéréseket. Tizenegy, Venezia applikátorral és műanyag tűkkel kezelt beteg (intrakavitális+interszticiális technika) húsz frakcióját választottuk ki elemzésünkhöz. A középső intrauterin és a két oldalsó applikátorba (ovoid) MR-markereket helyeztünk, de a tűkben csak levegő volt. Standard szórással (SD) írtuk le a koordináták meghatározásában fellépő, rekonstrukciót végzők közötti eltéréseket.

Eredmények: A tűmélységek közötti átlagos különbség az MR- és CT-képeken mérve $1,16 \pm 0,8$ mm volt. A résztvevők között a tűk helyzetének meghatározásában tapasztalt bizonytalanságok általában kicsik voltak, mindkét képalkotó módszernél az SD értéke 1,0 mm alatt volt. Jó korrelációt ($R^2 > 0,99$) találtunk az MR- és CT-képeken számított tűkoordináták között. A betegeknél az MR-markeres applikátorokban a markerek csúcspontjainak szórása kisebb volt, mint a markerek nélküli tűhegyeké (X: 0,18 vs. 0,27 mm, Y: 0,24 vs. 0,58 mm, Z: 0,21 vs. 0,34 mm). Az irányokat figyelembe véve, a legnagyobb variabilitás mindig az Y-irányban volt megfigyelhető, ami a nagyobb képszeletvastagságnak köszönhető.

Következtetések: A 0,55T-s MR-szkennert klinikailag elfogadható pontosságot biztosít a BT-s applikátorok és tűk rekonstrukciójához. Az MR-markerek nagyobb pontosságot tesznek lehetővé a legtávolabbi sugárforráspozíció meghatározásában a markerek nem használatához képest. Az MR-képek felhasználásával végzett applikátor/tű rekonstrukció pontossága összehasonlítható a CT-képek felhasználásával elért pontossággal.

Kulcsszavak: brachyterápia, mágneses rezonancia képalkotás, alacsony térerősség, applikátor-rekonstrukció

Tetszőleges aktivitáseloszlások létrehozása PET kamerában aktivitás festéssel, ^{22}Na és ^{18}F pontforrásokkal

Balkay László¹, Szuszik Piroska², Kukucs Kornél³, Forgács Attila³, Kiss János⁴

¹Debreceni Egyetem, ÁOK, OKI Nukleáris Medicina Tanszék

²Debreceni Egyetem, ÁOK, Onkoradiológiai Tanszék

³Mediso Kft., Debrecen

⁴Debreceni Egyetem, ÁOK, OKI Radiológia Tanszék

balkay.laszlo@med.unideb.hu

Célkitűzés: A PET kamerák technikai lehetőségei igen látványosan fejlődtek az elmúlt évtizedben, részben az axiális látótér és a kamerák érzékenységének növekedése, másrészt az egyre újabb és hatékonyabb rekonstrukciós algoritmusok miatt. Ennek következtében a kamerák felbontása és kéminősége igen sokat fejlődött, emiatt a korábban kidolgozott standard fantomok már nem optimálisak, és olyan fantomokra is igény van, amivel akár speciális textúrákat is szimulálhatók. Pár éve kifejlesztettünk és publikáltunk egy "activity painting" nevű módszert, amellyel már tetszőleges heterogén minták szimulálhatók voltak. Az eredeti ötletben speciális pontforrást és ún. Zaber mozgató rendszert használtunk. Célunk most az volt, hogy az aktivitás festés kivitelezhetőségét olcsóbb ^{22}Na és ^{18}F forrással, továbbá egyszerű 3D technika alkalmazásával is bizonyítsuk.

Módszerek: A kísérletekben egy átlagos, de saját fejlesztésű 3D printert használtunk, amely kisméretű ^{22}Na vagy ^{18}F aktivitás mozgatását biztosította. A források mérete transzaxiális irányban nem haladta meg az 1 mm-t, az aktivitásuk pedig 10-30 MBq között volt. A pontforrásokat folyamatos mozgással, de változó sebességgel vezettük végig azon a területen, ahol előírt kontrasztviszonyt akartunk létrehozni. A vizsgálatainkban homogén négyzeteket, sakktáblaszerű alakzatokat, illetve humán agyi FDG eloszlás mintázatokat imitáltunk.

Eredmények: A rekonstruált geometriai képeken az egyes területek kontraszt arányai 3-5%-on belül megegyeztek a pontforrás megfelelő sebesség arányaival, akár ^{22}Na akár ^{18}F forrással végeztük a mozgásokat. Az agyi aktivitás eloszlások viszonyai is igen jól korreláltak a mozgatási sebességekkel, illetve az esetleges finomabb torzítások jól megfeleltek a PET „pve” leképzési hibájának.

Következtetések: 3D printerrel, valamint ^{18}F vagy ^{22}Na pontforrás alkalmas sebességű folyamatos mozgatásával tetszőleges kontrasztviszony szimulálható a PET képeken.

Kulcsszavak: PET, fantom, 3D printer, pontforrás

Az Európai Unió új orvostechnikai eszközökre vonatkozó rendeletének hatása a brachyterápiára

Fröhlich Georgina^{1,2}, Mészáros Norbert^{1,3}, Major Tibor^{1,3}, Takácsi-Nagy Zoltán^{1,3}

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK, Biofizikai Tanszék, Budapest

³Semmelweis Egyetem, AOK, Sugárterápia Tanszék, Budapest

frohlich.georgina@oncol.hu

Célkitűzés: Az Európai Unió új orvostechnikai eszközökre vonatkozó rendelete, a Medical Device Regulation (MDR, 2017/745/EU) 2021. május 26-án lépett teljes körűen hatályba, felváltva a korábbi MDD és AIMDD irányelveket. A rendelet célja a betegbiztonság növelése, a klinikai bizonyítékok megerősítése, valamint az orvostechnikai eszközök teljes életciklusára kiterjedő, egységes szabályozás megteremtése. A brachyterápia (BT) – mint invazív, gyakran betegre szabott, egyedi eszközöket alkalmazó sugárterápiás módszer – különösen érzékenyen érintett az új szabályozás által. A tanulmány célja annak bemutatása, hogy az MDR milyen közvetlen és közvetett hatásokat gyakorol a jelenleg a klinikai munkában széleskörűen használt – sok házi fejlesztésű, készítésű – BT-s eszközökre, különös tekintettel a magyarországi környezetre, s ezekre válaszolva gyakorlati megoldások ajánlása.

Módszerek: A vizsgálat jogszabály- és szakirodalom-elemzésen alapult, a gyakorlati tanácsok pedig a GEC-ESTRO BRAPHYQS munkacsoportjának megbeszélésén alapszanak. Feldolgozásra kerültek az MDR főbb rendelkezései, különösen a kockázati osztályozás, a klinikai értékelés, az utópiaci felügyelet (post-market surveillance), az UDI-rendszer és az EUDAMED adatbázis szerepe. Ezeket összevetettük a BT-ban alkalmazott eszközök (applikátorok, katéterek, segédeszközök, szoftverek) jellemzőivel. Külön elemeztük az in-house (egészségügyi intézményen belül gyártott) eszközök helyzetét az MDR Article 5(5) alapján, valamint a klinikai döntést támogató szoftverek – például dózis- és EQD2-számító táblázatok – szabályozási megítélését.

Eredmények: Az MDR bevezetése jelentősen szigorította a BT-s eszközök szabályozását. Mivel ezek az eszközök jellemzően invazívak, gyakran a II.b vagy III. kockázati osztályba tartoznak, ami fokozott klinikai bizonyítási és tanúsítási követelményeket von maga után. Az UDI és az EUDAMED rendszer javítja a nyomonkövethetőséget, de növeli az adminisztratív terheket.

Az in-house gyártott eszközök továbbra is használhatók, de szigorú feltételek mellett: nem kerülhetnek kereskedelmi forgalomba, dokumentált klinikai indoklás, kockázatelemzés és minőségirányítási elvek betartása szükséges hozzá. A klinikai döntést támogató szoftverek – még az egyszerű Excel-alapú megoldások is – az MDR szerint orvostechnikai szoftvernek minősülhetnek, jellemzően II.a kockázati osztályban, és validációt, verziókezelést, valamint dokumentált használati korlátokat igényelnek.

Következtetések: Az MDR alapvetően átalakította az orvostechnikai eszközök, így a BT-s eszközök szabályozási környezetét is. A szigorúbb klinikai, minőségügyi és nyomonkövetési követelmények növelik a betegbiztonságot, ugyanakkor kihívásokat jelentenek a gyártók és az egészségügyi intézmények számára, mind az ellátás folyamatossága, mind az innováció fenntartása szempontjából. A BT-ban dolgozó szakemberek – különösen a fizikusok – szerepe felértékelődik a validáció, kockázatkezelés és dokumentáció területén. Megfelelően kialakított in-house rendszerekkel és tudatos dokumentációval a helyi innováció továbbra is jogszerűen és biztonságosan fenntartható az MDR keretein belül.

Kulcsszavak: Medical Device Regulation, brachyterápia, minőségbiztosítás

Ultrahipofrakcionált szimultán integrált boost technika bevezetés tanulságai intézetünkben bal oldali adjuváns emlő irradiáció esetén

Imecs Gabriella¹, Mohammed Murad¹, Nagy Tamás¹, Geszti Imre¹, Dr. Paczona Viktor^{1,2},
Dr. Tamaskovics Bálint^{1,3}

¹Nógrád Vármegyei Szent Lázár Kórház, Onkológiai és Sugárterápiás Osztály

²SZTE SZAKK Onkoterápiás Klinika

³Heinrich Heine Egyetem, Düsseldorf, Radioonkológiai Klinika

imecsgabi@gmail.com

Célkitűzés: 2025 második felétől a Nógrád Vármegyei Szent Lázár Kórházban az emlődaganatok sugárkezelésénél ultrahipofrakcionált technikát alkalmaztunk azon betegeknél, akik alkalmasnak minősültek.

Kiegészítő kezelést igénylő pácienseinknél szimultán integrált boost technikát alkalmaztunk. Vizsgálatunk célja, bal oldali lokalizáció esetén a dozimetriai előnyök meghatározása volt.

Módszerek: Az első 11 beteg került kiválasztásra, mindegyikük posztoperatív bal emlőbesugárzáson esett át. Kétlépcsős SIB technikával készültek a besugárzási tervek, intézeti protokollunk szerint, FAST FORWARD Boost klinikai vizsgálat analógiájára 31/6,2 Gy ill. 26/5,2 Gy dózislépcsőkkel, DIBH alkalmazása mellett.

A tervek IMRT technikával készültek, 6X-FFF MV-os energián. Prioritást élvezett a tüdő és szívdózis alacsonyan tartása. Kiértékelésükhöz intézeti klinikai célokat használtunk.

A következő védendő szerveket elemeztük: ellenoldali emlő, nyelőcső, szív, vállízület, máj, jobb és bal oldali tüdő, össztüdő, 3mm-es kiterjesztett gerinccsatorna, ill. pajzsmirigy.

Eredmények:

A célterületek dózislefedettsége ($V_{105.0\%} \leq 5.0\%$, $V_{95.0\%} \geq 95.0\%$, $V_{107.0\%} \leq 2.0\%$) megfelelőnek bizonyult.

A szívre klinikai célként a $D_{mean} < 3,2$ Gy-es feltételt írtuk elő. Az átlagdózis 1,02 Gy-nek adódott [95% CI: 0,55-1,50 Gy].

A 3mm-es kiterjesztett LAD-ra két klinikai célt írtunk elő: $D_{mean} < 10$ Gy, illetve $D_{0,10\text{ cm}^3} < 5,00$ Gy, megengedett variáció < 17 Gy. Előbbinél az átlagdózis 2,55 Gy volt [95% CI: 1,73 – 3,37 Gy], utóbbinál 9,86 Gy [95% CI: 4,50 – 15,22 Gy].

A bal oldali tüdőre előírt feltétel a $V_{8,00\text{ Gy}} < 10,0\%$ volt, megengedett variáció $< 15\%$. A landmark trial (FAST FORWARD) előírása ennél megengedőbb, 15% ill. 17% volt. Eseteink átlaga 12,37 Gy-nek adódott [95% CI: 5,76 -18,97 Gy].

A kétoldali tüdőre két feltételt írtunk elő: $V_{20,00\text{ Gy}} < 5,0\%$ esetén 2,13% adódott [95% CI: 0,19 – 4,07 Gy], a $D_{mean} < 3,00$ Gy feltétel esetén az átlagdózis 1,62 Gy volt [95% CI: 0,92 – 2,31 Gy].

Az ellenoldali tüdőnél a $D_{mean} < 3,00$ Gy feltételre a kapott átlagérték 0,19 Gy volt.

Az ellenoldali emlőre és a nyelőcsőre a $D_{2,0\%} < 2,00$ Gy feltételt írtuk elő, illetve előbbinél azt is elvártuk, hogy az átlagdózis 1 Gy-nél kevesebb legyen, mindkét előírást teljesítettük minden esetben.

A vállízületre a $D_{2,0\%} < 2,00$ Gy feltétel volt megadva, az átlag 6,5 Gy volt, megengedett variáció $< 26,80$ Gy.

A máj esetén az átlagdózis 0,15 Gy, a pajzsmirigynél 0,32 Gy, a gerinccsatorna 3 mm-es kiterjesztése esetén pedig 0,3 Gy volt.

Következtetések:

Az UHF SIB technika dozimetriai szempontból előnyös, már a tanulási görbe elején is biztonságosan kivitelezhető eljárásnak bizonyult. A boost nélküli landmark trial dózismegszorításai is teljesíthetőnek bizonyultak SIB mellett is.

Kulcsszavak: DIBH, UHF SIB, clinical goals

Egésztest-besugárzás implementálása lineáris gyorsítóra

Kis Dominika Eleonóra¹, Pesznyák Csilla^{1,2}, Pócza Tamás²

¹Nukleáris Technika Tanszék, Nukleáris Technikai Intézet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műegyetem rkp. 3., H-1111 Budapest

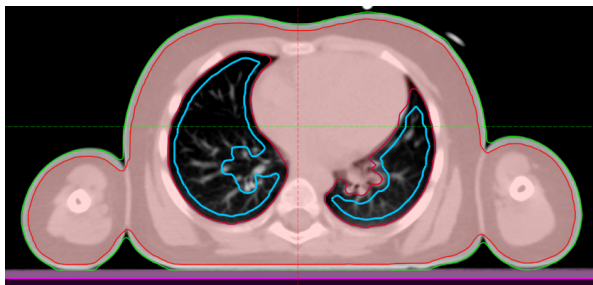
² Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, 1122 Budapest, Ráth György u.7-9
E-mail: dominikaeleonora.kis@edu.bme.hu, pesznyak@reak.bme.hu, pocza.tamas@oncol.hu

Az egésztest-besugárzás (Total Body Irradiation, TBI) a hematológiai malignitások kezelési protokolljainak fontos eleme, elsősorban allogén őssejt-transzplantáció előkészítéseként alkalmazzák. A módszer célja a teljes test homogén dózisterhelése, miközben a tüdők és vesék dózisértékét alacsonyabb értéken tartjuk.

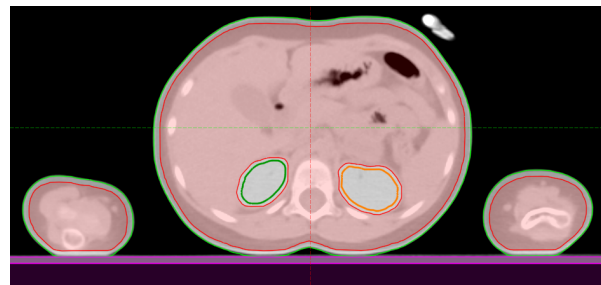
Célkitűzés: A kutatás célja a lineáris gyorsítóval, intenzitásmodulált ívterápiával megvalósított egésztest-besugárzás intézeti protokolljának kidolgozása az Országos Onkológiai Intézetben. Ennek része a megfelelő CT paraméterek megállapítása, a céltérfogat és védendő szervek kontúrjainak meghatározása, a tervezési módszer kidolgozása és ezen módszer kvantitatív értékelése a szakirodalomban elfogadott mérőszámok segítségével.

Módszerek: A folyamatban lévő kutatás eddig elvégzett feladatainak végrehajtási módszere egyrészt a szakirodalomban feltüntetett értékek, módszerek kipróbálását jelentette, másrészt ezek átalakítását az Intézet eszközparkjának és szoftvereinek megfelelő módon. A kontúrozás, a CT paraméterek és a tervezési módszer meghatározása „trial and error” úton történt, korábban craniospinalis és egésztest kezelést kapott betegek CT-je alapján, Eclipse tervezőszoftverben. A felhasznált CT-k nagyjából fejtetőtől combközépig, vagy ideálisabb esetben a teljes test hosszában tartottak.

Eredmények: A céltérfogat meghatározása a szakirodalomban túlsúlyban lévő véleménynek megfelelően testkontúr-5 mm módon történt, ám ez kisgyermek páciensek esetében testkontúr-3 mm-re lett módosítva annak érdekében, hogy a lefedett térfogat nagyobb páciensekhez hasonló arányban maradjon ezen esetben is. A védendő szervek a tüdő és a vese, amelyekhez az optimalizáláshoz rendre 5, valamint 2 mm-es belső margó került hozzáadásra; kisgyermek páciens esetében az előbbi 4 mm-re lett módosítva. A dóziseloszlás vizsgálatok a teljes szervre eső dózis került értékelésre.



(a) Tüdőkontúrok axiális síkbeli CT-szeleten.



(b) Vesekontúrok axiális síkbeli CT-szeleten.

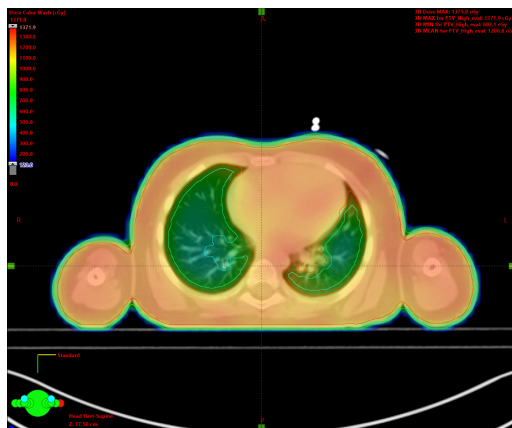
1. ábra. Kisgyermek páciens kontúrjai

A kezdeti tervezési kísérletek során több CT szelet-vastagság kipróbálásra került, és a megfigyelések azt mutatták, hogy 1 cm-es szeletvastagság statisztikai bizonytalanságoktól eltekintve

ugyanolyan dóziseloszlást produkál, mint az ennél finomabb felbontások.

A tervezéshez több izocentrumra volt szükség, amelyek ≈ 17 cm-re helyezkedtek el egymástól, és nyaktól a medence alsó részéig fedték le a pácienseket. Izocentrumonként 2x3 darab teljes ív került elhelyezésre, ezek fele 10° -os kollimálással és 6FFF energiával, fele 350° -os kollimálással és 10X energiával. A 3-3 azonos kollimálású mező x-irányba a következő x-tartományokban voltak kinyitva: $[-20; -2]$, $[-10; 10]$; $[2; 20]$, ezzel biztosítva a megfelelő lefedettséget és azt, hogy az optimalizáló szoftvernek lehetősége legyen a védendő szervek megfelelő kímélésére. A mezők y-irányban teljesen ki voltak nyitva, és a szomszédos izocentrumok mezői átfedtek. A fejnyaki régió ellátása laterálisan opponáló, a lábak felső részének ellátása AP/PA opponáló mezők segítségével történt, kivéve a kisgyermek páciens esetében, akinek esetében a teljes test mentén ívek kerültek elhelyezésre. Az izocentrumok száma és kismértékben az egymástól való távolságuk is a páciensek egyéni sajátosságaitól függtek.

Ezen módszerrel előálló dóziseloszlások egyike látható a 2. és 3. ábrákon. A tervek minőségének kvantifikálása homogenitási indexeken keresztül történt, ennek eredménye a példaként megjelenített páciensek esetére a 1. táblázatban látható.



2. ábra. Kisgyermek páciens dóziseloszlása – axiális sík



3. ábra. Kisgyermek páciens dóziseloszlása – coronalis sík

	$H_1 = \frac{D_5 - D_{95}}{D_p}$	$H_2 = \frac{D_2 - D_{98}}{D_{50}}$	$\langle D_{\text{tüdő}} \rangle$ [cGy]	$\langle D_{\text{bal vese}} \rangle$ [cGy]	$\langle D_{\text{jobb vese}} \rangle$ [cGy]
Serdülő	0.144	0.195	854.7	842.6	865.5
Kisgyermek	0.128	0.185	847.6	800.0	802.5
Tipikus irodalmi értékek	0.4[1]	0.2 ± 0.03[2]	853 ± 34[2]	885 ± 67[2]	827 ± 45[2]

1. táblázat. Példák az elért homogenitási indexekre és védendő szerv dózisokra, zölddel jelölve az irodalmi értékeknek megfelelő vagy annál kedvezőbb eredményeket.

[1] Köksal M et al., 2022. doi:10.1186/s40001-022-00918-2, [2] Köksal M et al., 2023. doi:10.3390/cancers15174220

Következtetések: Az elért védendő szerv-dózisok és homogenitási indexek alapján a tervezési módszer kielégíti a szakirodalom által támasztott minőségi elvárásokat, így a kutatásban tovább lehet lépni a betegrogzítési és minőségbiztosítási protokollok részletes kidolgozásához.

Kulcsszavak: TBI; egésztest-besugárzás; besugárzástervezés; sugárterápia; Varian Eclipse

FAST-Forward emlőbesugárzás bevezetése az Országos Onkológiai Intézet Sugárterápiás Központjába: besugárzás-tervezési szempontok

Tódor István Szabolcs¹, Pócza Tamás¹, Pesznyák Csilla^{1,2}, Major Tibor^{1,3}

¹ Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézet

³ Semmelweis Egyetem, Sugárterápia Tanszék

todor.szabolcs@oncol.hu

Célkitűzés:

Az emlődaganatok adjuváns sugárkezelése az elmúlt évtizedben jelentős fejlődésen ment keresztül a hipofrakcionált sémák térnyerésével. Célunk a FAST-Forward protokoll szerinti, öt frakcióból álló, egyhetes emlőbesugárzási séma bevezetése az Országos Onkológiai Intézet Sugárterápiás Központjában, amely a hagyományos 15 frakciós hipofrakcionált kezeléssel egyenértékű lokális kontrollt és kozmetikai eredményeket biztosít.

Anyag és Módszer:

Sugárterápiás Központunkban 2025 őszén bevezetésre került a FAST-Forward protokoll szerinti, öt frakcióból álló, egyhetes emlőbesugárzási séma. A bevezetés során kiemelt hangsúlyt kapott a besugárzástervezési folyamat optimalizálása, a dóziseloszlás homogenitásának biztosítása, valamint a rizikószervek (szív, azonosoldali tüdő, ellenoldali emlő) dózisterhelésének minimalizálása. A beugárzástervezés CT alapján intenzitásmodulált módszerrel történt. A nagy frakció dózis (5×5,2 Gy) miatt fokozott figyelmet fordítottunk a dózishomogenitásra és a forrópontok kontrolljára (Dmean, V95%, V105%, V107%). Bal oldali emlődaganatoknál a szív dózisterhelésének csökkentésére mélybelégzéses légzésmegtartásos (DIBH) besugárzást alkalmaztunk.

Eredmények:

Az utolsó 30 beteg besugárzási terveinek retrospektív elemzése alapján átlagosan 1289 (892-2287) MU kellett az 5,2 Gy dózis kiszolgáltatásához. A bal oldali emlős betegek átlag szívdózisa 65 (24,7-164,5) cGy, míg a jobb emlő besugárzást kapó betegek esetében a szív átlagdózisa átlagosan 35 (24,1-79,5) cGy volt. Az azonos oldali tüdő V_{780 cGy} átlagosan 13,8 %-nak, az átlagdózisa pedig 336 cGy-nek adódott. Az ellenoldali emlők átlagosan 23 (10,2-50) cGy dózisterhelést kaptak a besugárzás során. A tervezési céltérfogat lefedettsége (V_{95%}) átlagosan 98,14 % volt, a V_{105%} és V_{107%} értékek pedig 1,03%-nak, illetve 0,06%-nak adódtak.

Következtetések:

Tapasztalataink alapján megfelelő tervezési és minőségbiztosítási háttér mellett a FAST-Forward protokoll biztonságosan és hatékonyan implementálható intézményi szinten. A dózis-térfogat paraméterek megfeleltek a nemzetközi ajánlásoknak, a rizikószervek terhelése alacsony maradt, és a kezelési idő jelentősen csökkent.

Kulcsszavak:

FAST-Forward, hipofrakcionálás, emlő besugárzás

Röntgen- és rádiumterápia, száz éve

Elek Richárd

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Budapest

elek.richard@nngyk.gov.hu

Célkitűzés: Az előadás célja megismertetni az érdeklődő hallgatóságot a száz esztendeje folytatott röntgen- és rádiumterápiák *dosimetriai* módszereivel.

Módszerek: Az előadás jobbára Kelen Béla ismeretterjesztő és oktató célú (*Gyógyítás röntgen-, rádium- és ibolyántúli-sugarakkal* és *A sugárzások szerepe az orvostudományban*) könyveiben leírt ismertetésre támaszkodik, ugyanakkor felhasznál még más, korabeli dokumentumokat is, elsősorban az Orvosi Hetilapot és egy nemrég megjelent összefoglaló kutatást a dozimetriai módszerekről és eszközökről.

Eredmények: Az 1900-as évek elejére a sugárzások minőségének mérésére többféle numerikus skálát és a sugárzás áthatolóképességét számszerűsítő eszközt készítettek. Ezek a működési elvükből fakadóan is jelentős bizonytalansággal terhelt mérési eredményeket szolgáltatottak. Egy 1924-ben végzett, átfogó németországi vizsgálat eredményeként az ún. *erythema-dózis* fél nagyságrendnyi eltérést mutatott a legnagyobb és legkisebb dózist kiszolgáló klinikák között. Az egyesült államokbeli eredmények még kedvezőtlenebb, egy nagyságrendnyi eltérést mutatnak ugyanezen mértékben kifejezve.

Következtetések: A dozimetria jelentős hiányosságai ellenére a századelőn megalapozták a sugárzások mennyiségi és minőségi meghatározásának mai módszereihez vezető elveket.

Kulcsszavak: dozimetria, sugárterápia, röntgenterápia, rádiumterápia.

Hagyományos lineáris gyorsítón és CyberKnife-on végzett részleges emlőbesugárzások (APERT) dozimetriai összehasonlítása

Kosza Enikő^{1,2}, Csoboth-Róbert Mátyás³, Major Tibor^{1,4}, Takácsi-Nagy Zoltán^{1,4},
Pesznyák Csilla^{1,5}, Stelcer Gábor^{1,5}

¹*Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest*

²*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizikai Tudományok Doktori Iskola*

³*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar*

⁴*Semmelweis Egyetem ÁOK, Sugárterápia Tanszék*

⁵*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézet*

*kosza.eniko@oncol.hu

Célkitűzés

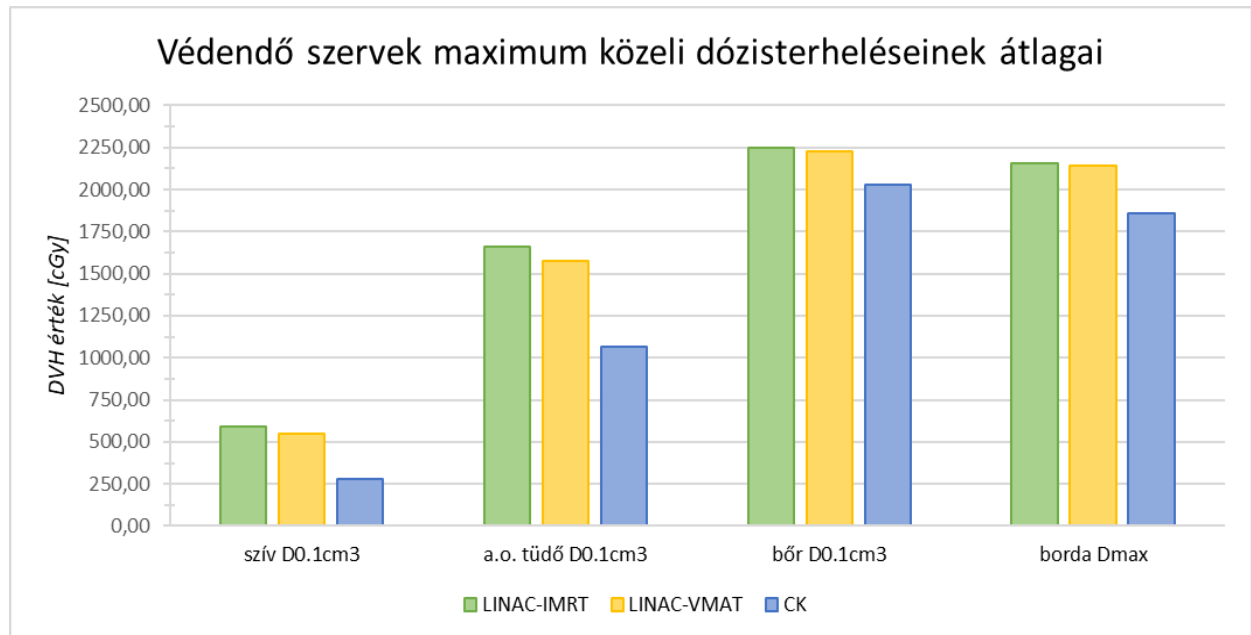
A sztereotaxiás sugárterápia (SBRT) egy nagy precizitású kezelési módszer, meredek dózisgradienssel és magas dóziskonformitással. Tanulmányunk célja a hagyományos lineáris gyorsítóval (LINAC) – intenzitásmodulált sugárterápiával (IMRT) és forgóíves besugárzással (VMAT), valamint a CyberKnife (CK) „step-and-shoot” IMRT-vel végzett APERT kezelések dozimetriai összehasonlítása.

Módszerek

Tizenöt bal és kilenc jobb oldali emlődaganatos beteget elemeztünk retrospektíven. A kilégzési fázisú tervezési CT-felvételek 1,25 mm-es szeletvastagsággal, háton fekvő helyzetben készültek. A látható műteti üreg térfogatát (GTV) sebési klippek segítségével határoztuk meg. A klinikai céltérfogat (CTV) létrehozása a GTV 20 mm-es kiterjesztése mínusz az ép sebési szélek margóval történtek. A tervezési céltérfogatot (PTV) a CTV kiterjesztésével hoztuk létre. CK esetén 2 mm-es, hagyományos LINAC esetén 5 mm-es biztonsági margót alkalmaztunk. Az összes kezelési tervet 6 MV-FFF fotonenergia használata mellett optimalizáltuk. A LINAC-alapú terveket retrospektív módon készítettük el IMRT és VMAT technikák alkalmazásával, míg a klinikailag elfogadott és leadott CK-tervek esetében „step-and-shoot” IMRT technikát alkalmaztunk. LINAC esetén a kezelési frakciók előtt CBCT felvételeket alkalmaztunk képvezérlésként. A CK kezelések a céltérfogat követésével, arany marker alapú, Synchrony mozgáskövetési módszerrel és a kezelések közben rendszeresen megismételt kétirányú kV-os röntgenfelvétel segítségével történtek. Az előírt dózis minden esetben 3 x 7,45 Gy volt. A PTV lefedettségét a V100% paraméterrel jellemeztük. Intézetünk SBRT klinikai protokollja szerint elemeztük a környező védendő szervek (OAR-ok), például a bőr, a bordák, a szív, az azonos oldali tüdő, az azonos oldali emlő-PTV, az ellenoldali tüdő és az ellenoldali emlő DVH paramétereit. Az elemzéseket egységesen az Eclipse 16.1.4 verziószámú tervezőrendszerben végeztük.

Eredmények

A PTV V100% átlagértéke mind a LINAC, mind a CK tervek esetében 97,7% volt, azonos normalizálási feltételek mellett. A CK-n alkalmazott mozgásvezérlés következtében a PTV átlagos térfogata kisebbnek adódott (65,6 cm³), mint a LINAC esetében (87,4 cm³), ahol a mozgáskompensáció nagyobb CTV-PTV kiterjesztéssel valósul meg. A szív, az azonos oldali tüdő, a bőr és a bordák maximális vagy maximum közeli (D_{0.1cc}) dózisértékeit az 1. ábra foglalja össze.



Az ellenoldali tüdő átlagos dózisterhelése LINAC-IMRT alkalmazásával volt a legalacsonyabb. Az azonos oldali emlő-PTV V50% értékei a CK esetében kedvezőbbek voltak, mint a LINAC-VMAT és a LINAC-IMRT technikáknál, rendre 8,5%, 11,5% és 13,7%-os értékeket mutattak. A szív átlagos dózisterhelései között szóráson belüli különbségek adódtak, értéke LINAC-IMRT alkalmazásával volt a legalacsonyabb (0,6Gy). Az azonos oldali tüdő átlagos dózisterhelése CK esetén bizonyult a legalacsonyabbnak (1,1Gy).

Következtetés

Az APERT kiváló célterület-lefedettséget és hatékony védelmet biztosít a környező védendő szervek szempontjából. A LINAC-hoz képest a besugárzott térfogat csökkenthető és a védendő szervek dózisterhelései javíthatók a CK segítségével, a rendszeres, kezeléseik közben is alkalmazott kV-os képalkotás és a Synchrony – marker alapú légzéskövetés alkalmazásával. A LINAC-alapú módszerek közül a VMAT jobb dóziseloszlást és rövidebb kezelési időt biztosított az IMRT-hez képest. Mindkét módszer megvalósítható és biztonságos a klinikai alkalmazásban, a dózisparaméterekből kimutatható előnyök a CK mellett szólnak.

Kulcsszavak: sugárterápia, CyberKnife, APERT

CBCT-alapú céltérfogat-meghatározás

kisméretű mellkasi léziót reprezentáló mozgó fantom alkalmazásával

Gazdag-Hegyesi Sz.^{1,2}, Gáldi Á.^{1,3}, Koszta E.^{1,2}, Bánkuti J.¹, Nahaji I.¹, Major T.^{1,4}, Lőcsei Z.⁵, T. Brunner⁵, Pesznyák Cs.^{1,6}

¹*Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ*

²*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizikai Tudományok Doktori Iskola*

³*Semmelweis Egyetem ÁOK, Elméleti és Transzlációs Orvostudományok Doktori Iskola*

⁴*Semmelweis Egyetem ÁOK, Sugárterápia Tanszék*

⁵*Department of Radiation Oncology, Medical University of Graz*

⁶*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technikai Intézet*

hegyesi.szilvia@oncol.hu

Bevezetés

A lineáris gyorsítókba (LINAC) integrált kúpsugaras CT (CBCT) képalkotás az elmúlt években jelentős technológiai fejlődésen ment keresztül, amelynek köszönhetően a képminősége egyre közelebb kerül a tervezési CT-hez. Az iteratív képrekonstrukció és a rövidebb akvizíciós idő mellett megjelentek olyan CBCT rendszerek, melyek CT-szám azonosságot ígérnek a tervezési CT-kel. Emellett egyre szélesebb körben alkalmazzák a CBCT-alapú online adaptív sugárterápiás munkafolyamatot.

A tüdő sztereotaxiás sugárterápiája (SBRT) esetén a klinikai gyakorlatban elsősorban több fázisú 4D tervezési CT-n alapuló kontúrozást alkalmaznak. Felmerül a kérdés, hogy a modern CBCT rendszerek képminősége alkalmazható-e a céltérfogat meghatározására kizárólagosan a mozgó tumor szummációs képe alapján.

Jelen vizsgálat célja mozgó inzeret tartalmazó fantom használatával a CBCT-alapú céltérfogat-meghatározás és összehasonlítása a klinikai gyakorlatban alkalmazott 4D CT-ből származó referencia struktúrákkal. Ennek érdekében „interobserver” különbségeket elemeztünk különböző mozgásformák és különböző CBCT rendszerek esetén.

Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz egy dinamikus 4D mellkasi fantomot alkalmaztunk, amely egy 2 cm átmérőjű (4.2 cm³), gömb alakú, mozgó tüdőtumort reprezentáló inzeret tartalmazott. A fantom mozgását hat különböző légzési görbével szimuláltuk, egy reguláris, egyenletes be- és kilégzést, ill. egy irreguláris, elnyújtott kilégzésű mozgásformát alkalmaztunk különböző ciklusidőkkel és amplitúdókkal.

Több fázisú tervezési 4D CT felvételeket készítettünk, amelyekből átlag (AVE) és maximum intenzitás projekciós (MIP) képkészleteket rekonstruáltunk. Referenciaként az AVE CT-t használtuk. A CBCT felvételek három különböző Varian lineáris gyorsítóra szerelt képalkotóval készültek: hagyományos C-arm TrueBeam, O-ring kialakítású Ethos, valamint HyperSight (HS) képalkotóval felszerelt C-arm TrueBeam rendszer.

A GTV-k meghatározását öt sugárterápiás szakember végezte egységes kontúrozási protokoll szerint. A 4D CT fázisokon berajzolt GTV-k összegzésével létrehozott ITV szolgált referencia céltérfogatként. A CBCT képkészleteken a GTV-k közvetlenül kerültek meghatározásra szabad légzés mellett.

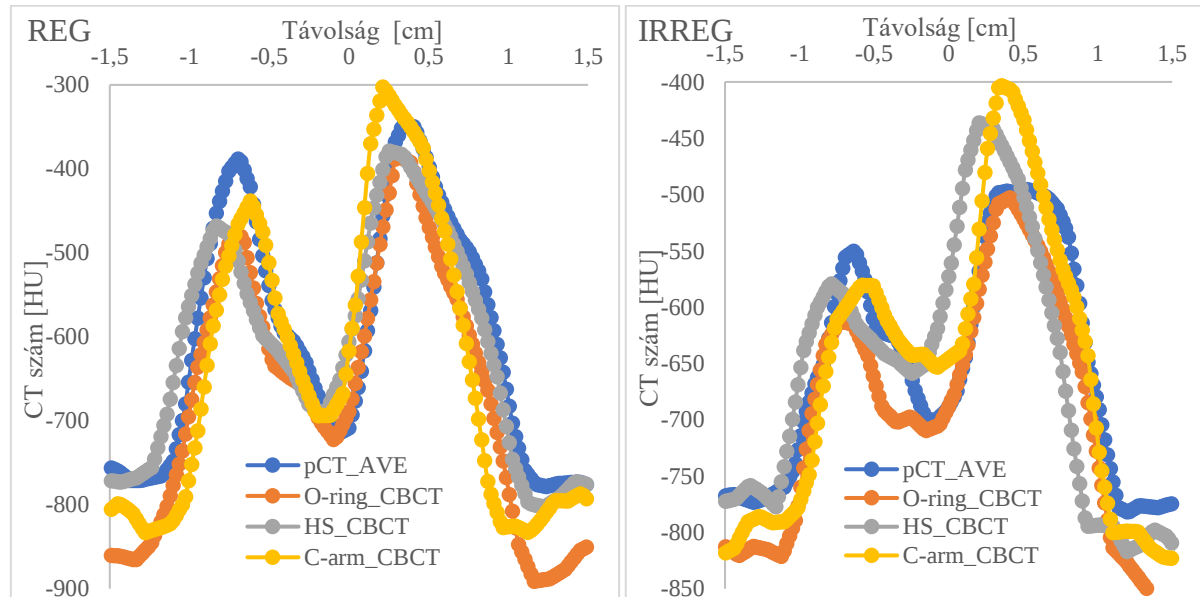
A térfogati eltéréseket, HU értékeket, „interobserver” különbségeket és a különböző képalkotó modalitások közötti egyezést statisztikai módszerekkel elemeztük.

Eredmények

A CBCT-k közül a HyperSight rendszer biztosította a legstabilabb kontúrozási alapot, 0.5 cm³ alatti szórással. A rövid ciklusidejű, gyors mozgásformák esetén a GTV-k lineáris gyorsítókra vett átlagos

mérete mintegy 1.6 cm³-rel nagyobbak voltak, és a térfogat szórása kétszeresére növekedett a lassabb mozgásokhoz képest. Az O-ring LINAC-ra felszerelt hagyományos CBCT esetén minden mozgásforma mellett műtermékek jelentek meg, amelyek az insert torzulását és a legnagyobb térfogati szórást eredményezték.

A CBCT-alapú GTV-k átlagos CT-szám értékei (-563 HU) jól követték az AVE CT denzitásértékeit (-546 HU), míg a MIP képek esetén meghatározott GTV struktúrákban (-65 HU) egy nagyságrendbeli HU érték eltérés látható.



Reguláris légzési görbe esetén a közepes és gyors mozgási sebesség összehasonlításakor szignifikáns különbséget találtunk a meghatározott GTV térfogatokban ($p = 0.002$).

A tervezési CT fázisokon definiált és AVE képkészletre szummált GTV-khez hasonlítva a CBCT-ken meghatározottakat, a Dice-koefficiensek 0.90–0.93 közötti tartományban voltak. A tömegközéppont eltolódása minden képkészlet és mozgási forma esetén 1 mm alatti eltéréseket mutatott a tér 3 irányában (x: 0.7-0.1 mm; y: 0-0.6 mm; z: 0.1-0.9 mm).

Az „interobserver” elemzés alapján a kontúrozók közötti átlagos szórás 0.63 cm³ volt (0.45 cm³- C-arm CBCT, 1.17 cm³- O-ring CBCT, 0.57 cm³ HS CBCT). A legnagyobb variabilitás gyors, reguláris mozgás mellett az Ethos CBCT-n jelentkezett, itt átlagosan 3.4 cm³-rel nagyobb GTV került meghatározásra 1.6 cm³-es szórással. Közepes légzésciklust vizsgálva, a tervezési CT-től való eltérés HS CBCT-re rajzolt GTV-k légzésformákra vett átlaga 0.2 cm³ volt.

Következtetés

Eredményeink alapján a C-arm és HS CBCT-alapú céltérfogat-meghatározás mozgó tüdőfantomos környezetben klinikailag elfogadható egyezést mutat a tervezési CT-n alapuló referenciával, jó lokalizálhatósági paraméterekkel rendelkező léziók esetén. Vizsgálatunk alátámasztja a kizárólag CBCT-alapú munkafolyamatok potenciális alkalmazhatóságát, ugyanakkor hangsúlyozza a légzési mozgásforma és az alkalmazott képalkotó rendszer meghatározó szerepét a céltérfogat pontos definiálásában. A különböző CBCT rendszerek közvetlen összehasonlítása klinikai környezetben nem kivitelezhető, ezért a mozgó fantomos modell egyedülálló vizsgálati lehetőséget biztosít. A valós klinikai alkalmazhatóság egyértelmű megítéléséhez a vizsgálatok kiterjesztése, azaz nagyobb retrospektív beteganyag elemzése szükséges.

Kulcsszavak: CBCT, céltérfogat meghatározás, képminőség, mozgó fantom, SBRT

Sugárbiológiai modellek összehasonlítása sugárindukált daganatkockázat becslésére prosztatatabesugárzás után

Brigitta Tímea Herczeg¹, Ákos Sudár^{2,5}, Rita Ortutay¹, Péter Ágoston^{1,3}, Tibor Major^{1,3,4}, Zoltán Takácsi-Nagy^{1,3,4}, Csilla Pesznyák^{1,5}

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest

² Országos Onkológiai Intézet, Onkológiai Képző és Invazív Diagnosztikai Központ, Budapest

³ Semmelweis Egyetem, Sugárterápia Tanszék, Budapest

⁴ Országos Onkológiai Intézet és Nemzeti Tumorsejtbiológiai Laboratórium, Budapest

⁵ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technikai Intézet, Budapest

herczeg.brigitta@oncol.hu

Célkitűzés:

A prosztaták sugárkezelését követő a hosszú túlélés miatt kiemelt jelentőségű a sugár indukálta másodlagos daganatok kockázatának megbízható becslése. A dózis–válasz kapcsolat leírására több sugárbiológiai modell áll rendelkezésre, amelyek eltérően kezelik a nagy dózistartományban fellépő sejtpusztulást és a frakcionálás hatását. Vizsgálatunk célja a lineáris küszöb nélküli (LNT), a lineáris-plató (Plat) és a mechanisztikus (Mech) modellek összehasonlítása a végbél és a húgyhólyag másodlagos daganatkialakulási kockázatának becslése szempontjából, különböző besugárzási technikák alkalmazása esetén.

Módszerek:

Retrospektív módon 25 prosztatatarakos beteg kezelési terveit elemeztük. Három technikát hasonlítottunk össze: a hagyományos kétlépcsős térfogatmodulált ívbesugárzást 78Gy/39 frakció esetén (VMAT), a mérsékelt hipofrakcionált szimultán integrált boost VMAT kezelést (SIB-VMAT) és a SIB intenzitásmodulált sugárterápiás technikát (SIB-IMRT); mindkét esetben 70 Gy/28 frakcióra készültek a tervek. A végbél és húgyhólyag kumulatív dózis–térfogat hisztogram adatai alapján szervegyenérték dózis (OED –organ equivalent dose) és abszolút többletkockázat (EAR – excess absolute risk) értékeket számítottunk. Az LNT modell lineáris dózis–kockázat összefüggést feltételez, a Plat modell telítődést mutat nagy dózisoknál, míg a mechanisztikus modell figyelembe veszi a frakcionálást és az interfakcionális sejtjavítást.

Eredmények:

Az LNT modell nem mutatott szignifikáns különbséget a SIB-IMRT és SIB-VMAT technikák között egyik vizsgált szerv esetében sem. A lineáris-plató modell szignifikánsan magasabb OED értékeket jelzett a hagyományos VMAT esetén, mind a végbélben, mind a húgyhólyagban a SIB technikákhoz viszonyítva. A mechanisztikus modell a végbél esetében szintén szignifikáns különbséget mutatott a hagyományos és SIB technikák között, míg a húgyhólyag esetében nem találtunk szignifikáns eltérést. Az EAR becslések jelentős modellfüggőséget mutattak: a mechanisztikus modell nagyobb kockázatot becsült a frakcionált, kis dózisú expozíció esetén, míg a lineáris-plató modell nagy dózistartományban adott magasabb értékeket. Mindhárom modell szerint a kezeléskori fiatalabb életkor nagyobb élettartam-kockázattal társult.

Következtetések:

A másodlagos daganatkialakulás-kockázat becslése jelentős mértékben függ az alkalmazott sugárbiológiai modelltől. A lineáris megközelítés nem tükrözi a frakcionálás és a sejtjavítás komplex hatásait, míg a lineáris-plató és a mechanisztikus modellek érzékenyebbek a dóziseloszlás és frakcionálás sajátosságaira. A kockázatbecslés során a modellválasztás érdemben befolyásolhatja a hosszú távú kockázati predikciót, különösen fiatalabb betegek esetében.

Kulcsszavak: kockázatbecslés, sugárindukált daganat, sugárbiológiai modellek, prosztatatarák

Sugárvédelmi szempontok ^{177}Lu -alapú célzott radionuklid terápiák során a Lutathera® és a Pluvicto® példáján

Király Réka¹, Kapuvári Bence², Téglás Melinda², Sinkovics István², Bencsik Barnabás², Szám László², Tárnoki Dávid László^{2,3}, Tárnoki Ádám Domonkos², Pesznyák Csilla¹

¹ Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

² Országos Onkológiai Intézet, Onkológiai Képző és Invazív Diagnosztikai Központ, Nukleáris Medicina Osztály

³ Semmelweis Egyetem Orvosi Képző Klinika, Nukleáris Medicina Tanszék
kiraly.reka@oncol.hu

Célkitűzés:

A ^{177}Lu -alapú célzott radionuklid terápiák, mint a Lutathera® (^{177}Lu -oxodotreotid) és a Pluvicto® (^{177}Lu -vipivotid-tetraxetán), hatékony onkológiai kezelési lehetőséget jelentenek, ugyanakkor a radioaktív anyagok alkalmazása miatt fokozott sugárvédelmi megfontolásokat igényelnek. A munka célja a Lutathera® és a Pluvicto® terápiák során felmerülő sugárvédelmi kérdések bemutatása, különös tekintettel a személyzeti expozícióra, a betegből származó külső sugárterhelésre, valamint a dózimetriai módszerek jelentőségére a sugárvédelmi kockázatok csökkentésében.

Módszerek:

Elemeztük a ^{177}Lu fizikai tulajdonságait, a terápiás aktivitások nagyságrendjét, valamint a kezelésekhöz kapcsolódó sugárvédelmi gyakorlatot az Országos Onkológiai Intézetben kezelt 60 beteg kapcsán (24 Lutathera® és 36 Pluvicto®). A dózismonitorozás során figyelembe vettük a személyi dozimetria eredményeit, a beteg közelében mért dózisteljesítményeket, továbbá a szennyeződés-ellenőrzés és a radioaktív hulladékkezelés lépéseit. Értékeljük a betegspecifikus dozimetria szerepét a kritikus szervek védelmének szempontjából.

Eredmények:

A Lutathera® és a Pluvicto® kezelések során a személyzet effektív dózisa jellemzően alacsony marad, amennyiben az aktivitáselőkészítés, az infúzió beadása és a betegellátás megfelelő védelmi intézkedések mellett történik. A ^{177}Lu -alapú terápia után a betegből származó γ -sugárzás következtében kezdetben 10–20 $\mu\text{Sv/h}$ dózisteljesítmény mérhető 1 m távolságban, indokolva az átmeneti sugárvédelmi korlátozásokat és a célzott betegoktatást.

Következtetések:

A ^{177}Lu -alapú terápiák sugárvédelmi szempontból biztonságosan alkalmazhatók, amennyiben a dózismonitorozás, a munkaszervezés és a betegoktatás összehangoltan valósul meg. A dózimetriai adatok nemcsak a terápiás optimalizálást szolgálják, hanem kulcsszerepet játszanak a személyzeti és környezeti expozíció minimalizálásában is.

Kulcsszavak: radionuklid terápia, sugárvédelem

SZEKSÁRD, TAKLER KÚRIA

2026.03.19-21.

XXIII. MOFT

KONFERENCIA 2026



Köszöntő



Tisztelettel köszöntjük a Magyar Orvosfizikai Társaság kétévente megrendezett konferenciájának résztvevőit.

Az orvosi fizika a modern egészségügy egyik meghatározó tudományterülete, amely a fizika eredményeit a diagnosztika, a terápia és a betegek biztonságának szolgálatába állítja. Konferenciánk célja, hogy fórumot biztosítson a legújabb tudományos eredmények, klinikai tapasztalatok és innovatív megoldások bemutatására, valamint lehetőséget teremtsen a szakmai párbeszédre és együttműködésre.

Bízunk benne, hogy a konferencia programja inspiráló gondolatokat, értékes szakmai találkozásokat és új együttműködéseket hoz mindannyiunk számára.

Tartalmas és sikeres konferenciát kívánunk!

Simon Mihály
elnök

PROGRAM

2026.03.19

14:00-15:00 Regisztráció

15:00-15:10 Elnöki köszöntő
Simon Mihály, MOFT elnök

TUDOMÁNYOS SZEKCIÓ

SUGÁRTERÁPIA: MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS, MÓDSZERTAN
SZEKCIÓ ELNÖK: STELCZER GÁBOR, VARGA ZOLTÁN

15:10-15:30 Integrált minőségellenőrző rendszer
üzembehelyezése
Balogh István, DE KK Onkoradiológiai Klinika

15:30-15:50 Külső sugárkezelés előkészítési
munkafolyamatának változása az Országos
Onkológia Intézetben
Pócza Tamás, OOI

15:50-16:10 Automatizált FiF besugártervezés klinikai
értékelése emlő- és teljes agyi besugárzási
tervekben
Simon Mihály, DE KK Onkoradiológiai Klinika

16:10-17:00 Kerekasztal beszélgetés (MOK DTESZ II):
1. 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet és a
21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet összehangolása
2. A klinikai sugárfizikus képzés aktuális kérdései
3. A dozimetristák jelenléte és képzése
Moderátor: Elek Richárd, Pesznyák Csilla

17:00-17:20 Szünet

17:20-18:00 Közgyűlés





Power up your potential.

Advance your capabilities in the fight against cancer with TrueBeam.

One of the most powerful tools you rely on to help you treat cancer just got a lot more power. New capabilities for your TrueBeam platform include soft tissue visualization, high-precision SRS, and enhancements to motion management techniques—giving you the confidence to know you can deliver your treatments as planned. Take advantage of high-precision, high-accuracy cancer care for the most challenging cases you face today, and well into the future.

See the new capabilities of TrueBeam at: [Varian.com/TrueBeam](https://www.varian.com/TrueBeam)

Safety information: Radiation may cause side effects and may not be appropriate for all cancers. For more information, please visit www.varian.com/safety

© 2018-2025 Varian Medical Systems, Inc. VARIAN, and TRUEBEAM are trademarks of Varian Medical Systems, Inc., pending or registered U.S. Pat. & Tm. Off.

varian
A Siemens Healthineers Company

trueBEAM

PROGRAM

2026.03.20

TUDOMÁNYOS SZEKCIÓ

SUGÁRTERÁPIA: SZTEREOTAXIA

SZEKCIÓ ELNÖK: PÓCZA TAMÁS, SEBESTYÉN ZSOLT

- 9:00-9:20** Sztereotaxiás sugársebészeti eljárás nagy méretű érhártya-melanómák kezelésében
Soha Rudolf Ferenc, DE KK Onkoradiológiai Klinika
- 9:20-9:40** Másodlagos dózisszámoló algoritmusok teljesítményének vizsgálata sztereotaxiás tüdőbesugárzási tervek szoftveralapú minőségbiztosítási rendszerében
Szegedi Domonkos, OOI
- 9:40-10:00** Bőrjelölés alapján történő betegbeállítás pontosságának vizsgálata sztereotaxiás tüdőbesugárzások esetén
Herein András, OOI

10:00-10:30 Szünet

TUDOMÁNYOS SZEKCIÓ

RADIOLÓGIA, ORVOSI KÉPALKOTÁS

SZEKCIÓ ELNÖK: BALKAY LÁSZLÓ, KOLOZSI ZOLTÁN

- 10:30-10:50** Az elektronsűrűség CT rekonstrukciójának fantomméret függése
Sudár Ákos, OOI
- 10:50-11:10** MR vizsgálatok során mért SAR-értékek retrospektív elemzése a Debreceni Egyetem Klinikai Központjában
Kiss János, DE KK, Orvosi Képző Klinika
- 11:10-11:30** Felvételi röntgenberendezések dózis kibocsátásának vizsgálata
Forgács Csenge, DE ÁOK, Orvosi Képző Intézet

11:30-12:30 Ebédszünet

PROGRAM

2026.03.20

SZPONZOR SZEKCIÓ

SZEKCIÓ ELNÖK: MAJOR TIBOR, SIMON MIHÁLY

- 12:30-12:55** **GREEN SOUND - ELEKTA (Léo Fogaca)**: The Latest Clinical Updates on MRgRT and Motion Management with the Elekta UNITY MR-Linac
- 12:55-13:20** **SIEMENS - VARIAN**: AI Contouring
- 12:20-12:35** **Vision RT**: Paradigm shift with Surface Guided Radiation Therapy (SGRT)
- 13:35-13:55** **Sun Nuclear**: In vivo dosimetry including CBCT dose reconstruction
- 13:55-14:10** **iRT SYSTEMS GmbH (Jürgen Oellig)**: IQM - The future of verification is here
- 14:10-14:25** **Radformation Inc. (Celeste Adragna)**: From Guesswork to Data-Driven Adaptation: Automating Daily Adaptive Decisions in Radiotherapy
- 14:25-14:35** **RadWay Tech Services**: Improvements to Log-Polar Based Reconstruction
-
- 14:35-15:00** Szünet
-



PROGRAM

2026.03.20

TUDOMÁNYOS SZEKCIÓ

ORVOSI FIZIKA

SZEKCIÓ ELNÖK: ELEK RICHÁRD, SZIL ELEMÉR

- 15:00-15:20** Sugárterápiás klinikai audit Magyarországon
Pesznyák Csilla, OOI
- 15:20-15:40** Sugárterápiás klinikai audit - fizikusi szempontok
Stelczer Gábor, OOI
- 15:50-16:10** Alacsony térerősségű mágneses rezonancia képalkotás használatával végzett applikátor- és a türekonstrukció geometriai pontosságának vizsgálata nőgyógyászati brachyterápiában
Major Tibor, OOI
- 16:10-16:30** Tetszőleges aktivitáseloszlások létrehozása PET kamerában aktivitás festéssel, ^{22}Na és ^{18}F pontforrásokkal
Balkay László, DE ÁOK, OKI, Nukleáris Medicina Tanszék
- 16:30-16:50** Az Európai Unió új orvostechikai eszközökre vonatkozó rendeletének hatása a brachyterápiára
Fröhlich Georgina, OOI
-

19:00- Gálavacsora



Elekta Unity MR-Linac

See what you could never see before

- Uncompromised system design with 1.5T MR
- Clear visualization of targets and organs at risk
- New possibilities for personalized treatment with Biology-guided radiation therapy (BgRT)
- Manage interfraction and intrafraction motion
- Reduce margins and safely escalate dose
- Fully adaptive system—adapt each and every fraction
- Hypofractionation for shorter treatment courses



PROGRAM

2026.03.21

TUDOMÁNYOS SZEKCIÓ

SUGÁRTERÁPIA I.

SZEKCIÓ ELNÖK: GESZTI IMRE, KÓRÓDI LÁSZLÓ

- 9:00-9:20** Ultrahipofrakcionált szimultán integrált boost technika bevezetés tanulságai intézetünkben bal oldali adjuváns emlő irradiáció esetén
Imecs Gabriella, Nógrád Vármegyei Szent Lázár Kórház
- 9:20-9:40** Egésztest-besugárzás implementálása lineáris gyorsítóra
Kis Dominika Eleonóra, BME
- 9:40-10:00** FAST-Forward emlőbesugárzás bevezetése az Országos Onkológiai Intézet Sugárterápiás Központjába: besugárzás-tervezési szempontok
Tódor István Szabolcs, OOI
- 10:00-10:20** Röntgen- és rádiumterápia, száz éve
Elek Richárd, Semmelweis Egyetem
-
- 10:20-10:50** Szünet
-

TUDOMÁNYOS SZEKCIÓ

SUGÁRTERÁPIA II.

SZEKCIÓ ELNÖK: HEREIN ANDRÁS, MÁRKI ISTVÁN

- 10:50-11:10** Hagyományos lineáris gyorsítón és CyberKnife-on végzett részleges emlőbesugárzások (APERT) dozimetriai összehasonlítása
Kosztá Enikő, OOI
- 11:10-11:30** CBCT-alapú céltérfogat-meghatározás kisméretű mellkasi léziót reprezentáló mozgó fantom alkalmazásával
Gazdag-Hegyesi Szilvia, OOI
- 11:30-11:50** Sugárbiológiai modellek összehasonlítása sugárindukált daganatkockázat becslésére prosztatabesugárzás után
Herczeg Brigitta, OOI
-
- 11:50-12:00** Konferencia zárás

POSZTER SZEKCIÓ

Sugárvédelmi szempontok ^{177}Lu -alapú célzott radionuklid terápiák során a Lutathera® és a Pluvicto® példáján

Király Réka, OOI

Fő támogatóink



További támogatók

