

VOLUME 2016

*MAGYAR ORVOSFIZIKAI TÁRSASÁG
XIX. KONFERENCIÁJA*

ABSZTRAKT KÖNYV

VESZPRÉM, 2016. NOVEMBER 10-12.



A Magyar Orvosfizikai Társaság XIX. Konferenciájának Absztraktkönyve

A SUGÁRVÉDELEM című online folyóirat különszáma

A SUGÁRVÉDELEM című online folyóirat impresszuma:

Kiadó: az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoportja

Kiadásért felelős: Bujtás Tibor, a Szakcsoport elnöke

Szerkesztőbizottság elnöke: Fehér István

Főszerkesztő: Vincze Árpád

Technikai szerkesztő: Deme Sándor

Szerkesztőbizottság tagjai:

Bujtás Tibor,
C. Szabó István,
Csige István,
Déri Zsolt,
Elek Richárd,
Fehér Ákos,
Katona Tünde,
Pesznyák Csilla,
Petrányi János,
Rónaky József

Elérhetőség:

Szerkesztőség címe: 1539 Budapest, PF. 676.

E-mail: vincze@haea.gov.hu

HU ISSN 2060-2391

A fedőlapot szerkesztette: Pesznyák Dávid

A nyomtatott kiadványt előkészítette: Pesznyák Csilla, Cselik Zsolt

A konferencia tudományos és szervező bizottságának tagjai:

Szervező bizottság:

Pesznyák Csilla
Elek Richárd
Cselik Zsolt
Antal Gergely
Glavák Csaba
Pócza Tamás
Gáldi Ádám

Tudományos bizottság:

Pesznyák Csilla
Major Tibor
Varga József
Légrády Dávid
Antal Gergely
Pintye Éva
Kovács Tibor



TUDOMÁNYOS PROGRAM ÉS ABSZTRAKT KÖNYV

2016. NOVEMBER 10. CSÜTÖRTÖK

15.00 – 15.30 Regisztráció

A MAGYAR ORVOSFIZIKAI TÁRSASÁG XIX. KONFERENCIÁJA

15.30 – 15.50 Megnyitó ünnepség, köszöntők

Dr. Pesznyák Csilla, MOFT Elnök

Dr. Cselik Zsolt, Csolnoky Ferenc Kórház, Sugárterápia, osztályvezető

Dr. Dávid Gyula, Csolnoky Ferenc Kórház, mb. Főigazgató

Dr. Kovács Zoltán, Közigazgatási Államtitkár

I. SZEKCIÓ – MEGHÍVOTT ELŐADÓK

(Üléselnökök: Major Tibor, Balkay László)

15.50 – 16.10 *Božidar Casar*: Publik procurement if medical radiological equipment – starting point of patient safety

16.10 – 16.30 *Uwe Wolff*: Risk management in radiotherapy

16.30 – 16.50 *Borislava Petrović*: Medical Physics in Serbia

II. SZEKCIÓ – SUGÁRTERÁPIA

(Üléselnökök: Pintye Éva, Antal Gergely)

17.00 – 17.10 *Cselik Zsolt*: Network Thinking - Együtt többre megyünk

17.10 – 17.20 *Kovács Attila Barna*: A fizikusok helyzetének alakulása a sugárterápiában Magyarországon

17.20 – 17.30 *Zongor Zsuzsanna*: Páciens dózisterhelésének meghatározása különböző CT vizsgálati technikáknál

17.30 – 17.40 *Hóczy Gergely*: 4DCT vizsgálatok alkalmazása a DEKK Onkológiai Klinika Sugárterápia Osztályán

17.40 – 17.50 *Tatai-Szabó Dóra*: Képvezérelt sugárterápia alkalmazása tüdődaganatok sztereotaxiás besugárzásánál

17.50 – 18.00 *Papp Ildikó*: Új szóráscsökkentő technikák fejlesztése az MCNP6 programhoz külső besugárzásos sugárterápiás számításokhoz

18.00 – 18.10 *Póczy Tamás*: RapidArc technikával készült két izocenteres craniospinális besugárzási terv robosztusságának vizsgálata

18.10 – 18.20 *Huttman Balázs*: Dózis-térfogat hisztogram automatizált elemzése

19.00 **Állófogadás a sugárterápiás központban**

2016. NOVEMBER 11. PÉNTEK

III. SZEKCIÓ – SUGÁRTERÁPIA II. RÉSZ

(Üléselnökök: Sebestyén Klára, Szil Elemér)

- 09.00 – 09.10** *Bencsik Barbara:* Csigolya metasztázisok sugárterápiája
09.10 – 09.20 *Antal Gergely:* Statikus és IMAT sugárkezelések biológiai dózisainak összehasonlítása
09.20 – 09.30 *Király Réka:* Kezdeti tapasztalataink a nőgyógyászati daganatok képvezérelt, intenzitásmodulált sugárkezelésénél
09.30 – 09.40 *Darázs Barbara:* Új rizikószerv értékelések adaptív agyi besugárzásnál
09.40 – 09.50 *Béla Dalma:* Különböző frakcionálási sémák dozimetriai elemzése tüdődaganatok sztereotaxiás besugárzásánál
09.50 – 10.00 *Glavák Csaba:* Extracranialis stereotaxiás besugárzások Kaposváron: high-tech megoldások a szervmozdulások monitorozására
10.00 – 10.10 *Hügelné Imecs Gabriella:* Gyomor daganatok besugárzástervezése RapidArc technikával
10.10 – 10.20 *Kovács Péter:* Prostatata SBRT tervezés on-line kiértékelési rendszere
10.20 **Kávészünet**

IV. SZEKCIÓ – SUGÁRVÉDELEM ÉS SUGÁRBIOLÓGIA

(Üléselnökök: Farkas Gyöngyi, Varjas Géza)

- 10.40 – 11.00** *Vincze Árpád:* A sugárvédelem új hazai szabályozása és a megváltozott hatósági rendszerrel kapcsolatos eddigi tapasztalatok
11.00 – 11.10 *Ballay László:* Cyberknife bunker sugárvédelmi tervezése
11.10 – 11.20 *Varjas Géza:* A sugárvédelmi dóziskorlátok és a sugárterápiás tolerancia dózisok összehasonlítása
11.20 – 11.30 *Hülber Tímea:* Első tapasztalatok az automata mikronukleusz számláló mikroszkóp klinikai alkalmazása során: A műszer pontosságát befolyásoló tényezők
11.30 – 11.40 *Farkas Gyöngyi:* Biológiai dózisbecslés Varian TrueBeam lineáris gyorsító készüléken
12.00 **Ebédészünet**

V. SZEKCIÓ – MODERN TECHNOLÓGIAI FEJLESZTÉSEK

(Chairpersons: Pesznyák Csilla, Kári Béla)

- 13.20 – 13.40** *Mou Chergou:* Beyond the photon - Introducing Varian Particle Therapy
13.40 – 14.00 *Adrian Fleet:* Automated quality assurance workflow from Sun Nuclear
14.00 – 14.20 *Major Péter:* Nagy térerejű (7T) integrált PET-MRI berendezés fejlesztése – első részeredmények, Mediso Ltd
14.20 – 14.40 *Geszti Imre:* VMAT (Megfontolások, kérdések, észrevételek egy új eljárás bevezetéséhez)
14.40 – 15.00 *Petrack Budzinski:*
15.00 – 15.20 *Szentmiklóssy András:* A modern sugárterápia kihívásai, Mirada Medical Ltd.

- 15.20 – 15.40** *Carlos Sandin:* Elekta
15.40 **Kávészünet**
16.00 **Közgyűlés**
20:00 **Konferencia vacsora** (Gizella Hotel, 8200 Veszprém, Jókai Mór utca 48.)

2016. NOVEMBER 12. SZOMBAT

VI. SZEKCIÓ – NUKLEÁRIS MEDICINA, ORVOSI KÉPALKOTÁS

(Üléselnökök: Varga József, Légrády Dávid)

- 09.00 – 09.10** *Varga József:* Új statisztikai modell a tumor-heterogenitás megítélésére emissziós tomográfiás képeken
09.10 – 09.20 *Kári Béla:* Parallel vetítésű szimultán többenergiás SPECT-CT leképezés képminőségét javító eljárás kidolgozása és analízisa
09.20 – 09.30 *Béres Mónika:* Tüdőből és emlőből származó agyi áttétek textúra analízise MR képek alapján Béres Mónika
09.30 – 09.40 *Porubszky Tamás:* Röntgenberendezések megfelelőség vizsgálata és a sugárvédelem
09.40 – 09.50 *Somai Vencel:* GPU alapú Monte Carlo PET képrekonstrukció konvergencia tulajdonságainak vizsgálata
09.50 – 10.00 *Porubszky Tamás:* Mammográfiás mirigy dózis mérés meghatározásának néhány gyakorlati kérdése
10.00 – 10.10 *Milecz-Mitykó Richárd:* Teranosztikai célú gyógyszerhordozó nanorészecskék előállítása és jellemzése
10.10 – 10.20 *Bakacs Eszter Katalin:* Intravaszkuláris ultrahang (IVUS)
10.20 – 10.30 *Oláh Zita:* Arzén-74 izotóp: új potenciál a teranosztikában
10.30 **Kávészünet**

VII. SZEKCIÓ – SUGARTERAPIA III.

(Üléselnökök: Kovács Péter, Szalai Tibor)

- 10.50 – 11.00** *Fröhlich Georgina:* Méhnyakdaganatok CT-alapú, tűzdeléssel kiegészített intrakavitális brachyterápiája – Első dozimetriai tapasztalatok
11.00 – 11.10 *Stelczer Gábor:* Intersticiális brachyterápia és intenzitásmodulált teleterápia dozimetriai összehasonlítása gyorsított részleges emlőbesugárzás esetén
11.10 – 11.20 *Tóador István Szabolcs:* Képvezérlési protokoll kidolgozása Varian TrueBeam gyorsítóra
11.20 – 11.30 *Nagy Péter:* Besugárzási tervek dozimetriai verifikációja - mérési eredmények, tapasztalatok Kaposváron
11.30 – 11.40 *Gáldi Ádám:* Magas kockázatú prosztata daganatos betegek hólyagtérfogató dózis függésének vizsgálata
11.40 – 11.50 *Simon Mihály:* 4D CBCT klinikai használata Debrecenben
12.00 **Záróünnepség, díjkiosztó**

ABSZTRAKTOK



PUBLIC PROCUREMENT OF MEDICAL RADIOLOGICAL EQUIPMENT – STARTING POINT OF PATIENT SAFETY

Božidar Casar

Institute of Oncology Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

Introduction: Essential contribution and the role of medical physics experts (MPE) in the preparation of technical specifications for procurement of expensive medical radiological equipment has been already widely recognised and discussed [1-3]. The responsibility of MPE is often also to prepare a system for final evaluation of offers. Formulas for a fair comparison of prices are provided in order to ensure effective and transparent purchasing process. Additionally, penalty function is provided if post-warranty down – time of radiological equipment would exceed agreed value to compensate delays in radiological procedures.

Purpose: The aim of this work was to find an appropriate analytical evaluation point system for a tendering process when medical radiological equipment is to be purchased. Such system should be fair and transparent for manufacturers on one hand and financially acceptable for hospitals on the other.

Materials and Methods: It was assumed that apart from technical specifications, prices for equipment and for post- warranty maintenance contracts are the most important parameters for the evaluation of offers for medical radiological equipment. These parameters were analysed in order to find adequate formulas to fulfil the goals of this work.

Results: For the financial evaluation of bids, two sets of formulas are proposed in order to encourage bidders to submit offers with lowest prices. With the first set of formulas (Eq. 1.a and 1.b), we determine the number of normalised points $T_{A,i,2}$ for i -th offer taking into account price P_i of the equipment. With second set of formulas (Eq. 2.a and Eq. 2.b) additional normalised points $T_{A,i,2}$ are assigned to i -th offer taking into account its price M_i for maintenance contract for 5 years; prices for equipment and post-warranty maintenance contracts of all bids are combined in order to eliminate any unreasonable pricing.

$$T_{A,i,2} = (100 - a) \frac{T_{i,1}}{T_{\max,1}}, \quad T_{A,i,1} = (100 - a) \frac{\sum_{k=1}^n P_k}{P_i \cdot n} \quad (1.a \text{ and } 1.b)$$

$$T_{B,i,2} = a \frac{T_{i,1}}{T_{\max,1}}, \quad T_{B,i,1} = a \frac{\sum_{k=1}^n \left(\frac{M}{P} \right)_k}{\left(\frac{M}{P} \right)_i \cdot n} \quad (2.a \text{ and } 2.b)$$

a is the percentage of the total price for the maintenance contract for 5 years (usually 30 – 40% of the equipment price) while n is a total number of bids.

Delays in diagnostic and therapeutic procedures can have serious consequences for patients. Although it is almost impossible to determine the effect of certain delay on patient's health, penalty function (Eq. 3) is proposed to encourage manufacturers to maintain the functionality of the sold equipment throughout its lifetime on a highest possible level and minimising unplanned down-time.

$$y = P_T \left[\frac{x}{t \cdot a} + \left(e^{\frac{x}{t \cdot b}} - 1 \right) \right] \quad (3)$$

y stands for penalties (in €), P_T is a cost for radiation treatment for one patient, t overall time for one complete RT course while a and b are parameters chosen by the hospital. Especially in radiation therapy, unplanned gaps during the courses can significantly lower the probability of cure rate. In Fig. 1 example of penalty function is shown for the specific case in radiotherapy.

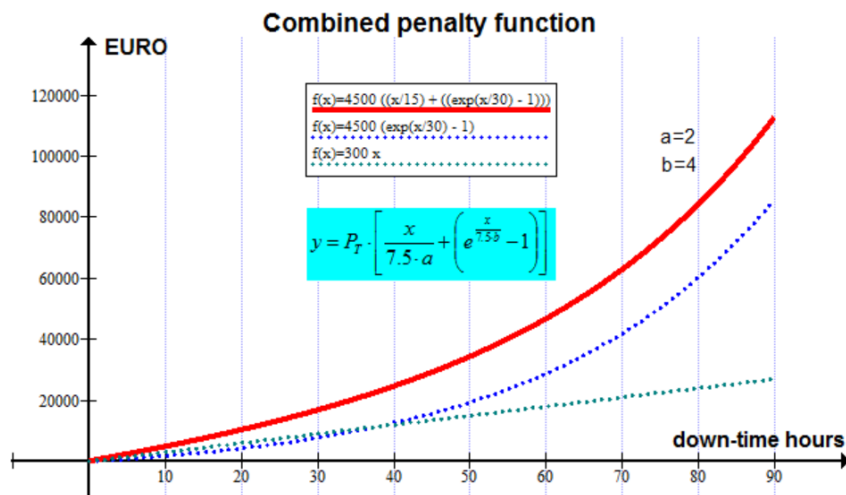


Figure 1: Penalty function for exceeded down-time. P_T is cost of radiation treatment for one patient, x stands for exceeded down-time in hours, $t = 7.5$ is overall treatment time for one patient in hours, a and b are parameters chosen by the hospital. In figure, specific case is shown where treatment cost is set to 4500 €, while $a = 2$ and $b = 4$.

Conclusion: An analytical system for the evaluation of financial part of medical radiological equipment offers is presented and formulas for calculation of received points are proposed. The benefit of the introduction of such system into the tender documentation can be two-folded: evaluation procedure of offers is transparent and hospitals can get acceptable financial offers.

References

- [1] Council of the European Union. (2013). Council Directive 2013/59/Euratom laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal L-13 of 17.01.2014.
- [2] International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3. Vienna: IAEA; 2014.
- [3] Casar B, Lopes MC, Drljević A, Gershkevitch E, Pesznyak C. Medical physics in Europe following recommendations of the International Atomic Energy Agency. Radiol Oncol. 2016; 50(1):64-72.

RISK MANAGEMENT IN RADIOTHERAPY

Uwe Wolff

Medical University of Vienna, Department of Radiotherapy
Division of Medical Radiation Physics

Introduction: Technical developments in the last 2 decades have changed treatment techniques in radiotherapy dramatically. The introduction for example of intensity modulation, dynamic treatment delivery and the use of additional imaging modalities like MR or PET increased the complexity of treatment planning and treatment delivery procedures a lot. This is always accompanied by introducing new sources of errors and increasing the probability for the occurrence of errors. Keeping the errors as low as possible needs to be accounted for by showing a higher awareness on risk management topics.

Materials and methods: In Technical Quality Management new QA items have been introduced for all the various machines involved (imaging modalities, treatment modalities). But further more responsibilities and procedures have to be covered by QA as well. All together the effort for QA and risk management has dramatically increased whereas in many places personal and financial resources have not really been raised.

For Radiotherapy this includes additionally to questions of dose reduction the risks of missing the target and failing tumour control by inadequate treatment delivery in case of technical topics and/or of time scheduling as well. Main responsibility for treatment delivery in terms of dose and location accuracy is concentrated on the Medical Physics Expert, explicitly pronounced in the new Basic Safety Standard (BSS) on radiation protection (Euratom 2013/59) article 83.

Within Euratom 2013/59 national authorities are responsible to set the European requirements into national law within February 2018. This will lead to new regulations in terms of risk management and emergency management for all medical institutions dealing with ionizing radiation.

According Euratom 2013/59 article 97 emergency management systems have to be established in each member state which have to include clear definitions of responsibilities in case of emergency situations, evaluation of possible emergencies and their consequences and establishing efficient communication ways and strategies to avoid any kind of incidents.

Results and Discussion: Next to treatment planning, radiation protection and QA tasks very likely the main workload on risk management in radiotherapy will be delegated to the medical physicist and coworkers. To know that in advance can help us to prepare ourselves for the upcoming challenges. Furthermore we can try to increase the number of medical physicists per department equivalent to the increase in workload.

MEDICAL PHYSICS IN SERBIA

Borislava Petrović

Institute of oncology Vojvodina, Radiotherapy department, Sremska Kamenica, Serbia

Medical physics in Serbia is a profession which is recognized recently by the Ministry of public administration, in Catalogue of jobs in healthcare, as a medical physicist, working in tertiary institutions.

Currently, by the law on health care protection, medical physicists are healthcare co-workers (who have obtained degree in non-medical university level) and who are paid, according to the Rulebook on closer conditions for practising healthcare, 30% less than the medical doctor of the same status.

The staffing levels in healthcare institutions are defined by the above mentioned Rulebook. The rulebook has been brought more than 20 years ago, and has never been improved, according to the recommendations of the IAEA, EFOMP, IPEM, or any other. This rulebook states that per accelerator one physicist per shift is enough to cover the treatment planning, machine and patient QA and dosimetry.

The roles and responsibilities are defined in every clinic separately, as per the contract, not on national level.

The licencing of medical physicists is regulated in such way that the Minister of health of Serbia should issue licence to medical physicist, but so far, none of physicist in Serbia have obtained any response to the request to the Ministry to be granted with the licence.

The licencing of the hospital is not linked in any way to the licencing of medical physicists, and therefore, this question, although raised many times by us, has never been answered.

Education and training

There are academic and professional opportunities for education of medical physicist in Serbia. The University of Novi Sad has developed the BSc studies in medical physics, (physics studies with addition of few subjects linked to medical application on basic level), then MSc studies, and finally this year, supported by the IPA project of cross border cooperation with Hungary, the PhD studies were accredited, and first two PhD students were accepted in October this year.

The professional opportunity to the level of qualified medical physicist can be obtained at the Faculty of medicine, as specialization lasting for three years, for those who are already employed by the hospital and have at least one year clinical experience. After these three years, and successful completion of the exam, the candidate receives the title of qualified medical physicist and can work independently (without supervisor), in clinic.

NETWORK THINKING - EGYÜTT TÖBBRE MEGYÜNK

Cselik Zsolt¹, Antal Gergely^{1,2}, Hadjiev Janaki², Repa Imre²

¹ Sugárterápiás Osztály, Regionális Onkológiai Centrum, Veszprém

² Egészségügyi Központ, Kaposvári Egyetem, Kaposvár

Célkitűzés: Napjaink technikai lehetőségei hívták életre azt a kezdeményezést, mellyel az azonos műszaki feltételekkel rendelkező sugárterápiás centrumok egységes, protokolláris szemlélet alapján kapcsolódhatnak egymáshoz. A rugalmas betegirányítási igény mellett a kölcsönös humánerőforrás-igény biztosítása is célunk volt, hiszen a szakemberek természetesen viszik magukkal megszerzett ismereteiket, tapasztalataikat, eljárás-rendjeiket. És persze az azonos eszközök, szemlélet, sémák, a betegkezelések ütemezésének valóban beteg-központú szervezéséhez szükséges logisztikai lehetőségek tágítása (pl. növekvő várólisták, vagy vis major helyzet esetén), tehát összességében az ún. "átjárhatóság" is fontos szempont volt. Emellett az egymás felé mindinkább transzparenssé váló működési jellegzetességek egyúttal növelik a betegkezelések biztonságát. A projekt jelentősége abban rejlik, hogy a jelenleg aktív, közel 85 sugárterápiás szakorvos és az ettől sokkal alacsonyabb számú orvosi fizikus úgy végezhesse el feladatait, hogy több célt is szolgálhasson. A modern, informatikai programmal támogatott sugárterápiás folyamatszabályozás lehetővé tette, hogy a workflow-ban megkülönböztethessünk beteghez kapcsolt, tehát a beteg fizikális jelenlétét igénylő, valamint attól független, tehát a betegség kezelésével kapcsolatos teendőket különíthessünk el. A betegfüggő tevékenységekhez mindenképpen szükséges a szakember és a beteg találkozása, egy időben és helyen történő jelenléte. A független teendők azonban akár távolról is elvégezhetők, mint például a rizikószerv kontúrozás, céltérfogat kijelölés, de akár a besugárzási terv elkészítése is. Emellett a jól paraméterezett feladatkör - ellátó csoport párosítás segítségével gyakorlatilag végigvezeti a beteg kezelésével kapcsolatos teendőket egy virtuális idővonalon, így segítve az ellátás zavartalanságát.

Módszerek: A pilot projekt létrehozásában a Veszprémi Regionális Onkológiai Centrum Sugárterápiás Osztálya, valamint a Kaposvári Egyetem Egészségügyi Központ vett részt. Mindkét említett intézmény ugyanazt a record and verify rendszert használja. A besugárzással, annak előkészítésével, tervezéssel kapcsolatos paramétereket az ARIA (Varian, USA) betegadminisztrációs rendszerében rögzítettük egységes szemlélettel. Az átjárhatóság igazolása érdekében az előkészítéssel kapcsolatos teendőket Veszprémben végeztük el a besugárzási terv elfogadásával bezárólag. A dokumentációt elektronikus másolatban az informatikai rendszerben rögzítettük. Ezt követően a beteg besugárzása fizikailag a kaposvári intézményben történt úgy, hogy a paramétereket elektronikusan (nem levél formájában) juttattuk el.

Eredmények: A pilot vizsgálat bebizonyította, hogy lehetséges a betegek kezelésével kapcsolatos információ mi-grálása egymástól távol eső intézmények között. A közös protokollok, a szigorúkezelési feltételek biztosítékai a közös munkának. A beteghez kapcsolt feladatok elvégezhetőek akkor is, ha a feladatot végző személy fizikálisan nincs jelen, hiszen az adminisztrációs programban minden, a terápiás döntéshez szükséges információ rendelkezésre áll.

Következtetések: Elmondható, hogy a résztvevő intézmények között kialakított informatikai és sugárterápiás szakmai kapcsolat sok lehetőséget rejt magában. Mindenképpen érdemes folytatni a megkezdett hálóza-tépítési folyamatot további centrumok integrálásával a betegek zavartalan és egységes minőségű ellátása érdekében.

A FIZIKUSOK HELYZETÉNEK ALAKULÁSA A SUGÁRTERÁPIÁBAN MAGYARORSZÁGON**Kovács Attila¹, Pesznyák Csilla²**¹ Debreceni Egyetem KK Onkológiai Klinika, Sugárterápia² BME Nukleáris Technikai Intézet, Országos Onkológiai Intézet

Célkitűzés: Munkánk célja a sugárterápiás tevékenységek rövid ismertetése, sugárterápiában dolgozó fizikusok helyzetének különböző szempontok szerinti vizsgálata a nemzetközi és hazai ajánlások, rendeletek ismeretében.

Módszer: A helyi, hazai és nemzetközi normák összehasonlításával, a társszakmákhoz való viszony vizsgálatával képet nyerhetünk a fizikusok sugárterápiában betöltött szerepéről. Elemeztük a tevékenységi körök változását az elmúlt évek vonatkozásában. A sugárterápia az egészségügy egyik fokozottan multidiszciplináris ágazata. Néhány, a sugárterápiában előforduló vagy ahhoz kapcsolódó szaktevékenység a: kórház higiénia, radiológia, onkológia, sugárterápia, besugárzástervezés, dozimetria, méréstechnika, minőségbiztosítás, minőség-ellenőrzés, sugárbiológia, sugárvédelem és jogi szabályozás. Egy sugárterápiás kezelés megvalósításához egymásra épülő szakfeladatok ellátása szükséges, melyet orvos, fizikus, szakasszisztens, mérnök és informatikus végez.

Az egyre pontosabb képalkotó és terápiás berendezések szükségszerű komplexitása, a diagnosztikus, képalkotó és terápiás lehetőségek növekedése a sugárterápiás szakmáknak is további specifikációját, a tevékenységi körök bővülését vonja maga után. Néhány specifikus szakma a sugárterápiában a szakorvosi munkán túl: orvosi fizikus, orvosi laboratóriumi és képalkotó diagnosztikai analitikus, klinikai sugárfizikus. Minden szakág, a maga szintjén felelősséget és kockázatot vállal a sugárterápia kivitelezésében. Ebben a sorban a fizikus egyaránt szerepet vállal a munkafeltételek biztosításában a terápiás berendezések kalibrálásával, ill. minőségbiztosításával és a munka kivitelezésben is. Effektíven részt vesz a betegellátásban, a páciensre szabott besugárzási terv elkészítésével, a terv minőségellenőrzésével. A fizikusnak elsődleges szerepe van az új technológiák és módszerek bevezetésében. A fizikusi feladat nélkülözhetetlensége és komplexitása szükségessé tette szakfizikusi képzést Magyarországon is. A sugárterápiára vonatkozóan jelenleg speciális, vagy szakfizikus képzés Magyarországon elérhető graduális formában, ill. továbbképzésként posztgraduális formában is.

Európai szinten az EFOMP (European Federation of Organisations for Medical Physics) az európai orvosfizikusi szervezetek szövetsége ajánlásokat, irányelveket fogalmaz meg a folyamatos orvosfizikai képzések, továbbképzéseket illetően. Az egészségügyben az ionizáló sugárzás alkalmazásából eredő kockázatok csökkentésére a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) és Egészségügyi Világszervezet (WHO) közös állásfoglalást tett közzé a 2012-es Bonni nemzetközi konferencián, mely irányadó lehet a munkakultúra és a biztonság megszervezésében hazai szinten.

Következtetés: A vázolt tevékenységi körök összetettsége, a munka nélkülözhetetlensége, az magas szintű képzés és tovább képzés szükségessége alapján megfelelő számú képzett orvosfizikust kellene alkalmazni az egyes sugárterápiás és diagnosztikai intézményekben, megfelelő erkölcsi és anyagi megbecsülés mellett.

PÁCIENS DÓZISTERHELÉSÉNEK MEGHATÁROZÁSA KÜLÖNBÖZŐ CT VIZSGÁLATI TECHNIKÁKNÁL

Zongor Zsuzsánna¹, Elek Richárd^{2,3}, Major Tibor¹, Pesznyák Csilla^{1,2}

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Tanszék

³OKK-OSSKI

Célkitűzés: Négy-dimenziós komputertomográfiás (4D-CT) felvételek alapján pontosan meghatározható a szervek és a daganat mozgása a légzési ciklus alatt. Ennek figyelembe vételével csökkenthető a CTV-PTV kiterjesztés, melynek következménye az ép tüdőszövet felesleges többlet sugárterhelésének a csökkentése. Kisméretű tüdődaganatok, nagy frakciódózisú sztereotaxiás kezelésénél (SBRT) elengedhetetlen a 4D-CT alapú céltérfogat-meghatározás. Vizsgálatunk célja a páciens dózisterhelésének meghatározása különböző CT vizsgálati technikák esetén.

Módszerek: A vizsgálatokat elvégeztük Siemens Somatom Definition AS20 CT-vel „helical” módban, ahol a légzési görbét Anzai 773V nyomásérzékelő rendszerrel rögzítettük, valamint GE Optima 580CT-vel „cine” módban. Mindkét készülék DLP (dose-lengthproduct, dózis-hossz szorzat) kijelzésének pontosságát ellenőriztük PMMA típusú dozimetriai test fantommal és Barracuda X-ray Multimeter-rel [2]. A Siemens CT „helical” módban, egyenletes asztalmozgás és cső rotáció mellett folyamatosan gyűjti az adatokat. A GE „cine” módjában először normál, helikális CT-felvétel készül a teljes mellkasról, majd egy kis kijelölt területről készítjük el a nagyobb dózisterheléssel járó 4D-CT sorozatot. A „cine” módban történő szkennelés alatt nincs folyamatos asztalmozgatás. Egy adott asztalpozícióban felvesz egy teljes légzési ciklust, majd a következő asztalpozíciónál felvesz egy következőt, a légzési görbe követése a mellkasra helyezett ólomhuzal mozgásának detektálásával sugármenetben történik. A két CT összehasonlításához CIRS Thorax fantomról készítettünk normál és 4D-CT felvételeket 100 és 120kV-on, illetve 5-5 valós beteg adatit is elemeztük. A két készülék dózisterhelésének összehasonlítására a szoftver által kijelzett CTDI (computed tomography dose index, CT dózisindex) és DLP értékeket vettük alapul [1-4].

Eredmények: A Siemens CT szoftvere 5%-os hibán belül becsüli meg a DLP értéket, a GE 7%-al becsüli felül a valós értéket, tehát mindkét készülék által kijelzett CTDI és DLP értékek használhatók a klinikai gyakorlatban, konzervatív becslésként. A szoftverek által megadott értékek az 1. Táblázatban találhatóak, a valós betegekre vonatkozó értékeket öt betegre átlagoltuk. A Siemens CT készülék esetén ugyanarról a betegről készült normál és 4D CT-felvétel DLP értékei 100kV-on: 368,6 mGycm, valamint 1237,4 mGycm volt.

Következtetések: A CT-készülékeken végzett normál és 4D-CT mérések alapján megállapítható, hogy egy 4D-CT képkészlet elkészítése körülbelül négyszeres dózisterheléssel jár. Ha a beteg testmérete megengedi, akkor 120 kV helyett érdemes 100 kV-os csőfeszültséget alkalmazni, mivel így csökkenteni lehet a dózisterhelést. Mivel a GE készülék esetén korlátozható a szkennelt térfogat és a vizsgálati protokollon belül kiválasztható a kívánt csőfeszültség, így a vizsgált betegek dózisterhelése tovább csökkenthető. Jó állapotú, egyenletes légzésű betegnél alkalmazható a GE CT-rendszere. Zavartabb, nehézlégzésű betegnél a külső nyomásérzékelő rendszer biztonságosabb, mert a légzési görbe stabilizálódása után tudjuk begyűjteni a CT-képkészletet, ezért ebben az esetben a Siemens CT-berendezés ajánlott.

1. táblázat: A két különböző CT-berendezés szoftverei által becsült dózisértékek

CT	Fantom/ beteg	Normál CT/ 4DCT	kV	CTDI _{vol} * (mGy)	DLP ** (mGycm)
Siemens	Fantom	Normál CT	120	5,23	178,30
Siemens	Fantom	4D-CT	120	24,06	789,00
Siemens	Beteg	Normál CT	100	6,25	237,29
Siemens	Beteg	Normál CT	120	14,83	584,53
Siemens	Beteg	4D-CT	100	30,96	946,73
GE	Fantom	Normál CT	100	10,98	386,60
GE	Fantom	4D-CT, (5,5cm)	100	38,77	553,35
GE	Fantom	Normál CT	120	14,01	493,31
GE	Fantom	4D-CT, (5,5cm)	120	58,04	757,49
GE	Beteg	Normál CT	100	22,19	973,33

*CT Dose Index Volume (térfogati CT dózisindex), ** Dose Length Product (dózis-hossz szorzat)

Irodalom

- [1] J. Ehrhardt, C. Lorenz. 4D Modelling and Estimation of Respiratory Motion for Radiation Therapy. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering. Springer - Verlag Berlin Heidelberg 2013
- [2] K. Faulkner, D.A. Broadhead, R.M.Harrison. Patient dosimetry measurement methods. Applied Radiation and Isotopes 50 (1999) 113-123
- [3] Tinsu Pan et al. Comparison of helical and cine acquisitions for 4D-CT imaging with multislice CT. Med. Phys. 32 (2) 2005K. Faulkner, D.A. Broadhead, R.M.Harrison. Patient dosimetry measurement methods. Applied Radiation and Isotopes 50 (1999) 113-123
- [4] Pócza Tamás, Pesznyák Csilla et al. Légzőmozgást figyelembe vevő képalkotó protokollok alkalmazása korai stádiumú tüdődaganatos betegek besugárzástervezésénél. Magyar Onkológia 59: 133-138, 2015.

4DCT VIZSGÁLATOK ALKALMAZÁSA A DEKK ONKOLÓGIAI KLINIKA SUGÁRTERÁPIA OSZTÁLYÁN

Hócza Gergely, Balogh István, Dobos Erik, Kovács Attila, Simon Mihály, Jánváry Levente, Horváth Zsolt

Debreceni Egyetem Klinikai Központ Onkológiai Klinika Sugárterápia Osztály, Debrecen

Célkitűzés: A modern sugárterápiás eljárások, nagy precizitásuknál fogva, fokozottan megkövetelik a tumor helyzetéről begyűjtött átfogó információhalmazt. A tumor időbeni hollétééről a lokalizáció alatt 4DCT sorozattal tudunk megbizonyosodni, ez különösen fontos jellemzően nagy amplitúdójú tumorok, mint például a tüdőtumorok esetében. Munkánk célja a 4DCT sorozat használatának gyakorlatba ültetése az SBRT besugárzás tervezés során.

Módszer: A 4DCT sorozatokat a Philips Brilliance Big Bore CT berendezésünkkel készítjük. A 4DCT során egy a beteg mellkasára helyezett, CT berendezéshez csatlakoztatott öv segítségével fázisinformációkat gyűjtünk a légzésről. A retrospektív helikális vizsgálat során minden fázisról információt gyűjtünk, amiket később tetszőlegesen rekonstruálunk.

Eredmények: Az orvos által kiválasztott légzési fázishoz tartozó sorozatot használjuk kontúrozásra és a dózis számolása is ezen sorozat alapján történik. Az egyéb fázisban rekonstruált CT sorozatok identikusan fuzionálhatóak és hurokszerűen lejátszhatóak.

Következtetések: A 4DCT alapján végzett kontúrozás lehetővé teszi a besugarazandó térfogat pontosabb meghatározását, valamint a környező ép szövetek hatékonyabb védelmét.

KÉPVEZÉRELT SUGÁRTERÁPIA ALKALMAZÁSA TÜDŐDAGANATOK SZTEREOTAXIÁS BESUGÁRZÁSÁNÁL

Tatai-Szabó Dóra¹, Pócza Tamás², Major Tibor¹, Pesznyák Csilla¹, Stelczér Gábor¹, Zongor Zsuzsanna¹, Polgár Csaba¹, Bajcsay András¹

¹Országos Onkológiai Intézet, Budapest

²Csolnoky Ferenc Kórház, Veszprém

Célkitűzés: A képvezérelt sugárterápia (IGRT) bevezetése a klinikai gyakorlatba az elmúlt évtized egyik legfontosabb újdonsága a modern sugárterápiának. IGRT alkalmazásakor a kezelőhelyiségben végzett gyakori képalkotással ellenőrizhető a betegbeállítás pontossága és jelentősebb eltérések esetén a korrekció is elvégezhető. Munkám során tüdődaganatos betegek sztereotaxiás besugárzásánál vizsgáltam a kezelések között fellépő beállítási interfrakcionális hibákat, illetve az egy kezelés során fellépő intrafrakcionális hibákat. Ezek alapján olyan biztonsági margókat határoztuk meg, amelyek alkalmazásával, nagy biztonsággal állíthatjuk, hogy a kívánt dózissal ellátjuk a céltérfogatot.

Módszerek: Intézetünkben 2014 májusában kezdtük el a TrueBeam (Varian) lineáris gyorsító klinikai használatát és 2015 márciusa óta végzünk vele sztereotaxiás besugárzásokat tüdődaganatoknál. Az új készülék teljesen új kezelések és technikák bevezetését teszi lehetővé, amikhez új kezelési protokollok kidolgozására van szükség. Tüdődaganatok sztereotaxiás besugárzásakor eddig az irodalmi adatok alapján becsült biztonsági margókat használtuk. Saját adataink alapján a biztonsági margó meghatározása a van Herk és társai által meghatározott összefüggéssel történt. Képalkotást a kezelést megelőzően és azt követően is végeztünk kilovolts CT segítségével. A betegek rögzítése H fogantyús Wing Board (Civco) kartámasszal és térdtartóval történt. Az izocentrumra való pozicionáláshoz pedig a bőrön levő jelöléseket és a kezelőszobában lévő fali lézereket használtuk. Összesen 14 beteg adatait elemeztem, akiknél 4D-CT-vel határoztuk meg a céltérfogatot. Intézetünkben az ANZAI-773V légzésmonitorozó rendszerrel felvesszük a légzési görbét és ennek használatával retrospektíven hét fázisban rekonstruáljuk a CT képeket, továbbá készítünk egy átlag CT felvételt is. Így összesen nyolc CT képsorozattal dolgozunk a céltérfogot meghatározásánál. Az egyes fázisokban az orvos berajzolja a GTV-t, majd ezek úniójával megkapjuk az ITV-t (Internal Target Volume). Az ITV és a CTV közti margó meghatározásánál 2 mm-es, míg a CTV-PTV margónál 5 mm-es kiterjesztést használtunk minden irányban. Az interfrakcionális hibák meghatározásakor a kezelés előtt készített CT képsorozatot hasonlítottuk össze a topometriai CT képsorozattal, automata képfúzióval, majd manuális korrekcióval a daganat térbeli elhelyezkedését figyelembe véve. Ezt követően meghatároztuk a beállítási pontatlanságot három irányban.

Eredmények: Eredményeink alapján elmondható, hogy ha nem készítenénk semmilyen verifikációt és csak a bőrjelölések alapján pozicionálnánk a beteget, akkor mindhárom irányban nagy, 1 cm-t meghaladó biztonsági margót kellene használni. A részletes adatokat a táblázat mutatja. Az intrafrakcionális hibát a kezelés előtti és utáni CT felvétel közötti eltérések alapján határoztam meg. Kiugró értékeket egyik irányban sem észleltünk, amit a szisztematikus és random hibák kis eltérése mutat. Az eddig használt 5 mm-es biztonsági zóna helyett két irányban (laterális, longitudinális) is nagyobb értéket kaptunk.

	Interfrakcionális hiba			Intrafrakcionális hiba		
	LAT [mm]	LONG [mm]	VERT [mm]	LAT [mm]	LONG [mm]	VERT [mm]
Szisztematikus hiba (Σ)	3,8	3,1	5,4	2,1	2,0	1,5
Random hiba (σ)	3,6	4,6	4,5	1,1	1,1	0,9
CTV-PTV margó	12,1	10,9	16,6	6,1	5,8	4,5

Következtetések: Sztereotaxiás besugárzás esetén a konformális besugárzással szemben nagy frakciódózisokat adunk le a céltérfogatra, ezért ebben az esetben különösen fontos a beteg beállításának ellenőrzése minden egyes frakciót megelőzően. A daganatnak a kezelés során fellépő térbeli elmozdulás alapján elmondható, hogy az eddig használt 5 mm-es biztonsági margót laterális és vertikális irányban is célszerű kiterjeszteni 6 mm nagyságúra.

Irodalom

- [1] Major T., Ágoston P., Jorgo K., Polgár Cs. Képvezérelt sugárterápia klinikai alkalmazása daganatos betegek külső besugárzásánál, Magyar Onkológia 56:258-265 (2012).
- [2] Pócza T., Pesznyák Cs., Lövey J., Bajcsay A., Szilágyi A., Major T., Almády B., Polgár Cs. Légzőmozgást figyelembe vevő képkotó protokollok alkalmazása korai stádiumú tüdődaganatos betegek besugárzástervezésénél, Magyar Onkológia 59:59-138 (2015).
- [3] A. McKenzie, M. Coffey, T. Greener, C. Hall, M. Van Herk, B. Mijnheer, A. Harrison, Technical overview of geometric uncertainties in radiotherapy, The British Institute of Radiology (2003).

ÚJ SZÓRÁSCSÖKKENTŐ TECHNIKÁK FEJLESZTÉSE AZ MCNP6 PROGRAMHOZ KÜLSŐ BESUGÁRZÁSOS SUGÁRTERÁPIÁS SZÁMÍTÁSOKHOZ

Papp Ildikó¹, Stelczer Gábor², Pesznyák Csilla^{1,2}, Szieberth Máté¹, Czifrus Szabolcs¹

¹ Nukleáris Technikai Intézet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; Budapest

² Országos Onkológiai Intézet; Budapest

Célkitűzés: A számítógépes technikák az utóbbi évtizedekben való fejlődésével a Monte Carlo módszerek jelentős teret nyertek a sugárterápiában. A módszer fő hátránya azonban a jelentős számítógépes kapacitásigény.

A jelen tanulmány fő célja megvizsgálni az MCNP programcsomag beépített szóráscsökkentő technikáit valamint új technikák fejlesztésével és beépítésével meggyorsítani a külső sugárterápiával kapcsolatos számításokat.

Módszerek: A jelen munkában az új szóráscsökkentő technikák használatához fázistér file-okat hoztunk létre. Ezután előbb egy szűrő technikát építettünk az MCNP forráskódjába, amely a dózistérhez kis hozzájárulást adó részecskéket a további szimulációk során eliminálja. A későbbiekben egy második technikát (fAPR) is létrehoztunk, amely az így megszűrt részecskéket az úgynevezett „azimuthal particle redistribution” módszernek veti alá, így az egyes részecskéket statisztikus súlyukat megfelelően korrigálva többfelé hasítja, majd az így kapott új részecskéket a gyorsítófej hengerszimmetriáját kihasználva új irányt sorsol.

Eredmények: A számítások szerint az fAPR technikát jellemző figure-of-merit (FOM) érték átlagosan 21,2-szerese a csak szűréssel kapott FOM-értéknek a PDD-k szimulációi esetén, míg 14,4-szerese a dózisprofil-számítások esetében. A számítások eredményeit mérésekkel is egybevetettük, és jó egyezést tapasztaltunk.

Következtetések: Az új technikák használatával a számításokhoz szükséges számítási idő jelentősen lerövidíthető az eredmények torzítása nélkül. Eredményeink azt mutatják, hogy az új technikákkal az MCNP jól használható benchmark számítások végzésére a sugárterápiában.

RAPIDARC TECHNIKÁVAL KÉSZÜLT KÉT IZOCENTERES CRANIOSPINALIS BESUGÁRZÁSI TERV ROBOSZTUSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Pócza Tamás, Szabó Zoltán, Cselik Zsolt

Csolnoky Ferenc Kórház Regionális Onkológiai Centrum, Veszprém

Célkitűzés: A modern sugárterápia egyik legnagyobb kihívása, a teljes központi idegrendszert magában foglaló céltérfogat besugárzása [1]. A nagyméretű céltérfogat ellátásához több izocenterre, és ennek következtében megfelelő mezőillesztésre van szükség. A mezők illesztésénél jelentős alul- vagy túldozírozás léphet fel [2]. Az előadás célja, hogy megmutassa az izocenterek relatív elmozdulásának hatását a RapidArc technikával készült tervek dóziseloszlására.

Módszerek: Egy RapidArc technikával kezelt beteg esetén bemutatjuk, hogy milyen hatással van a 2. izocenter tervezettől eltérő módon való pozicionálása. Az izocenterek relatív helyzetét a beteg tranzverzális síkjára merőlegesen változtattuk ± 5 mm eltolással, ± 2 fok forgatással, valamint ezek kombinációjával. A létrejövő alternatív dóziseloszlásokat hasonlítottuk össze az eredeti tervvel. Ellenőriztük a céltérfogat ellátottságának, a védendő szervek dózisterhelésének illetve a mezőillesztés pontosságának (a kialakuló maximumok) változását.

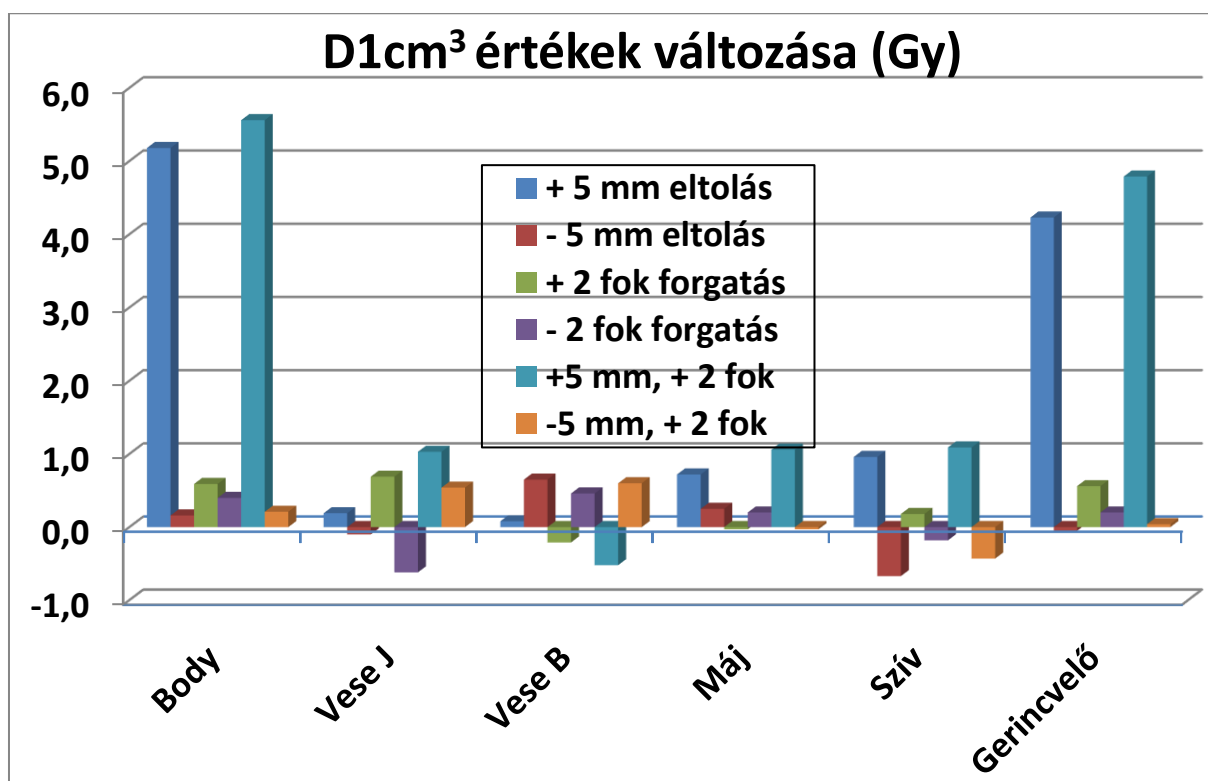
Eredmények: A PTV ellátottsága (V95%) 5 mm-rel közelebbi izocenterek esetén 1,3 %-kal, 5 mm-rel távolabbi izocenterek esetén 7,5 %-kal csökken. A PTV dózisének homogenitását a távolított, konformitását a közelített izocenterek rontják kevésbé. Amennyiben az izocenterek közelebb kerülnek egymáshoz, a maximum dózis érték (D1cm3) kb. 5 Gy-jel növekszik a teljes térfogatra, 4 Gy-jel a gerincvelőre nézve. A pontdózisok tekintetében nagyobb, kb. 7 Gy-es növekedés volt tapasztalható. A dózismaximumokat illetően minden egyéb esetben 1 Gy-nél kevesebb változás volt észlelhető. A védendő szervek (szív, tüdő, máj, vesék) átlagos dózisterhelése maximum 5%-kal változik. A máj, a tüdő és a szív átlagdózisában az eltolás okozott nagyobb változást, míg a vesék esetében a forgatásra volt érzékenyebb. A forgatás irányának a vesék esetén volt kifejezett jelentősége.

Következtetések: A RapidArc optimalizáló algoritmus megfelelő módon képes a dóziseloszlások automatikus illesztésére, így két izocenteres, illesztett mezős kezelések tervezésére is alkalmas. Az így készült tervek a direktmezős kezelésekhez képest kevésbé érzékenyek a beállítási pontatlanságokra.

Irodalom

[1] Studenski MT et al.: Intensity-modulated radiation therapy and volumetric-modulated arc therapy for adult craniospinal irradiation--a comparison with traditional techniques, Med Dosim. 2013 Spring;38 (1):48-54.

[2] Li Q et al.: Collimator rotation in volumetric modulated arc therapy for craniospinal irradiation and the dose distribution in the beam junction region, Radiat Oncol. 2015 Nov 19;10:235



1. ábra: D1cm³ értékek változása a 2. izocenter elmozdításának függvényében

DÓZIS-TÉRFOGAT HISZTOGRAM AUTOMATIZÁLT ELEMZÉSE

Huttman Balázs¹, Stelczer Gábor², Pócza Tamás³, Pesznyák Csilla^{1,2}

¹BME, Nukleáris Technikai Intézet, Budapest

²Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Hungary

³Csolnoki Ferenc Kórház, Onkológiai Központ, Veszprém

Bevezetés: Sugárterápiában a besugárzások tervezése során az egyik legfontosabb feladat a tumor dózislefedettségének biztosítása, miközben az egészséges szövetek minél kisebb dózist kapnak. Ezt csak úgy lehet megvalósítani, ha minden beteg esetén egyedi terv készül, sokszor egy esethez több terv is szükséges. A tervek összehasonlítására több lehetőség áll rendelkezésre. Az egyik ilyen módszer a dózis-térfogat hisztogram (DVH) elemzése. Munkánk célja egy olyan program fejlesztése volt, amely megkönnyíti ezen fájlok elemzését, és felgyorsítja a tervek minősítését. **Módszerek:** A DVH az egyes besugározott területek dózis lefedettségét ábrázolja. A grafikonról leolvasható, hogy a leadott dózis meghatározott százalékát a célterület, illetve védendő szervek hány százaléka kapta meg. Ez alapján lehet például megállapítani, hogy a terv megfelel-e az egyes védendő szervekre előírt dóziskritériumoknak. A DVH-t a tervezőprogramokból szövegfájlként lehet kinyerni táblázatos formában, amelyek általában több százezer sorosak, így ezek kézi elemzése igen nehézkes, időigényes. A programot C++ nyelvben, a hozzá tartozó grafikus felület Qt-ben készült. A tervek összehasonlítására léteznek még különböző indexek, amelyeket szintén a DVH értékei alapján lehet számolni. Ide tartozik a Homogenitási index (HI), a Konformitási indexek (CN és a COIN), illetve a Tervminőségi index (PQI).

Eredmények: A program segítségével kiolvasható a kiválasztott ROI-k (Region of interest) D_{xx} és V_{xx} értékei, tehát hogy mekkora dózist kapott a célterület $xx\%$ -a, illetve hogy mekkora térfogat kapott xx cGy dózist. Az elemzéseket ún. abszolút DVH fájlokkal végeztük el, melyekben a dózisértékek cGy-ben, a térfogat értékek százalékban voltak megadva. A program jelenlegi állapotában képes HI-t, illetve a CN számítására. A szoftver első verzióját a Varian Eclipse rendszeréhez készítettük, jelenleg folyamatban van a bővítése az Elekta Monaco rendszeréhez.

Konklúzió: Az elkészült programot a klinikai gyakorlatban is alkalmazható.

Irodalom

[1] Radiation Oncology Physics: A handbook for teachers and students, E. B. Podgorsak, Bécs, 2005

[2] M. Yoon, S. Y. Park, D Shin, S. B. Lee, H. R. Pyo, D. Y. Kim, K. H. Cho; A new homogeneity index based on statistical analysis of the dose-volume histogram, Applied Clinical Medical Physics, vol.8, no.2, 2007

[3] Lomax N. J., Scheib S. G., Quantifying the degree of conformity in radiosurgery treatment planning. Radiation Oncology Biology Physics, 2003

CSIGOLYAMETASZTÁZISOK SUGÁRTERÁPIÁJA

Bencsik Barbara, Stelczer Gábor, Pesznyák Csilla, Zongor Zsuzsánna, Ágoston Péter, Major Tibor, Polgár Csaba

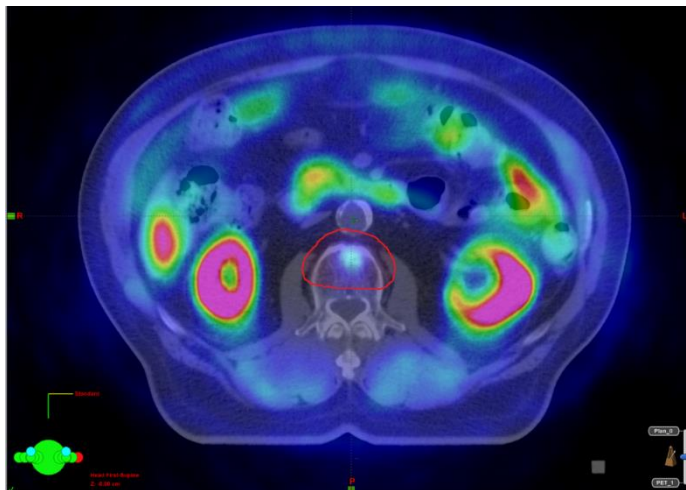
Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Centrum

Célkitűzés: Csigolyametasztázisok sugársebészeti kezelése (SBRT) hatékony megoldásnak bizonyult a lokális tumor kontroll és a metasztázisok okozta fájdalom csökkentése szempontjából. A védendő szervek, különösen a gerincvelő közelsége miatt viszont a kezelés előkészítése, tervezése és megvalósítása még precízebb és pontosabb munkát igényel, mint más lokalizációkban történő SBRT. Gerincvelői sérülések kockázatának csökkentése érdekében rendkívül fontos a körültekintő kontúrozás és a nemzetközi szakirodalom által ajánlott normál szöveti dózisterhelés figyelembe vétele a tervezés során [1][2]. Munkánkban az Országos Onkológiai Intézetben végrehajtott három csigolyametasztázis SBRT dozimetriai elemzését végeztük el.

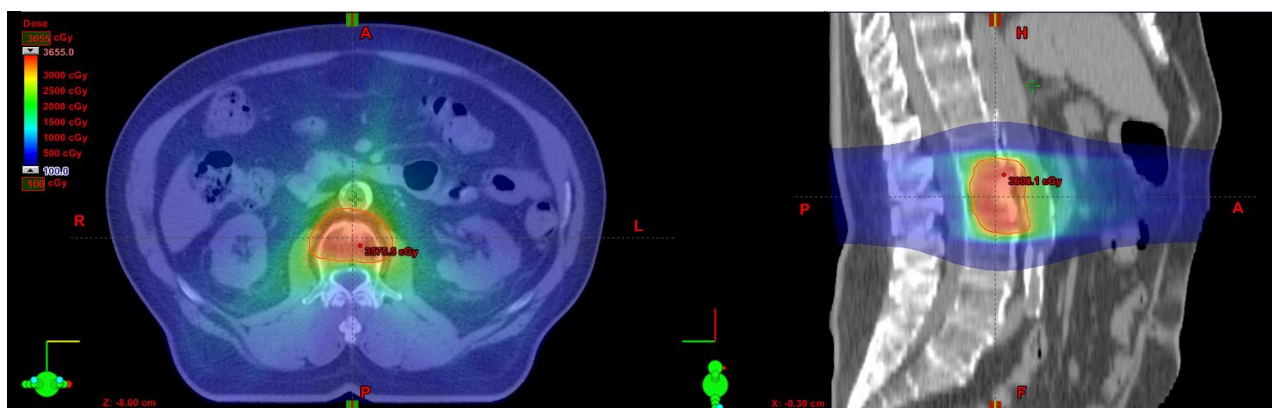
Módszerek: A besugárzási terveket Varian Eclipse v11 tervezőrendszerrel készítettük, majd a kezeléseket Varian TrueBeam gyorsítóval végeztük. Kontúrozás előtt 11C-kolin PET-CT és a tervezési CT fúziója történt, ezzel segítve a céltérfogat meghatározásának pontosságát (1. ábra). Mindhárom esetben primer prosztatadaganat következtében kialakult csontmetasztázisról volt szó, melyek a keresztcsont és ülőcsont közti ízületben, illetve valamely ágyéki csigolyákban helyezkedtek el. A kezelés forgóíves besugárzási technikával (VMAT/RapidArc) két teljes ívben történt. A céltérfogatok elhelyezkedése és nem túl nagy kiterjedése miatt 10 MV FFF foton energiát választottunk a kezeléshez. A konformális dóziseloszlás kialakítását a 0.5 cm szélességű MLC-kkel történő intenzitásmodulációval hoztuk létre (2. ábra). Az előírt teljes dózis 30 Gy volt 6 frakcióban 5 Gy frakció dózissal. A napi frakciók előtt kV-CBCT alapján történt a betegbeállítás. Minden betegnél a nemzetközi szakirodalomban ajánlott dózismegszorításokat alkalmaztunk a céltérfogatra, a gerincvelőre, vesékre, májra és a bélzsákra. Meghatároztuk a konformitási (CN) és homogenitási (HI) indexeket a céltérfogatra. Különböző dozimetriai paraméterek használatával elemeztük a védendő szervek dózisterhelését.

Eredmények: Az SBRT magas frakció dózisa miatt a gerincvelő védelme akár a céltérfogat ellátottságának rovására is befolyásolta a tervezést. Egy beteg esetében a PTV és a gerincvelő átlagos legkisebb távolsága 4 mm volt, a másik kettőnél több mint 6 mm. Ennek megfelelően az első beteg céltérfogatának ellátottsága 94%, a másik kettőé viszont több mint 99,5% volt, legfeljebb 123%-os maximum dózis mellett. Az átlagos homogenitási index 0,212, illetve a konformitási index 0,815 volt. A gerincvelő és a cauda maximális dóziskorlátja 16 Gy és 30 Gy volt. A céltérfogat lokalizációjától függően a vesék dózisterhelése nagyban eltért: $D_{max}=1$ Gy-12 Gy, $D_{1/3}=0,3$ Gy - 6 Gy. Egy betegnél volt jelentős a máj dózisterhelése, ahol $D_{max}=7,6$ Gy és $D_{mean}=4,2$ Gy volt. A bélzsák maximuma átlagosan 21 Gy-nek, a legnagyobb dózist kapott 0,5 cm³ dózisa pedig 18 Gy-nek adódott. A besugárzási tervek minőségbiztosítási ellenőrzése filmdozimetriával történt. A mért és a tervezett dóziseloszlást gamma analízissel hasonlítottuk össze. 3% / 3 mm és 10%-os levágás mellett a lokális dózishoz viszonyítva 95% feletti egyezéseket kaptunk.

Következtetések: A csontmetasztázisok kontúrozásában nagy segítséget nyújt a ^{11}C -kolin PET-CT. Az általunk használt frakcionálás megfelelőnek bizonyult a védendő szervek kímélése és a kezelés biztonságos kivitelezése szempontjából és megfelel a nemzetközi szakirodalomban szereplő ajánlásoknak [3]. A védendő szervek dózisterhelését illetően nincs konszenzus az egyes szerzők között, azonban a legtöbbször használt dóziskorlátokat sikerült minden esetben betartani.



1. ábra: ^{11}C -kolin PET-CT fúzió tervezési CT-vel. Piros körvonal jelzi a PTV-t.



2. ábra: Dózisoszlás axiális és sagitális síkokban az egyik betegnél

Irodalom

- [1] Gaya A, Mahadevan A (eds.). Stereotactic Body Radiotherapy: A Practical Guide. © Springer-Verlag London 2015. Chapter 7. DOI 10.1007/978-0-85729-597-2_7.
- [2] Shagal A *et. al.* The Canadian Association of Radiation Oncology Scope of Practice Guidelines for Lung, Liver, and Spine Stereotactic Body Radiotherapy. *Clin Onc* 2012;24:629.
- [3] Grimm J *et. al.* Dose tolerance limits and dose volume histogram evaluation for stereotactic body radiotherapy. *J Appl Clin Med Phys/Am Coll Med Phys* 2011;12(2):3368.

STATIKUS ÉS IMAT SUGÁRKEZELÉSEK BIOLÓGIAI DÓZISAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

**Antal Gergely^{1,2}, Cselik Zsolt², Gulybán Ákos³, Glavák Csaba¹, Nagy Péter¹,
Walter Norbert¹, Lakosi Ferenc¹, Hadjiev Janaki¹**

¹Kaposvári Egyetem, Egészségügyi Központ, Kaposvár

²Csolnoky Ferenc Kórház Regionális Onkológiai Centrum, Veszprém

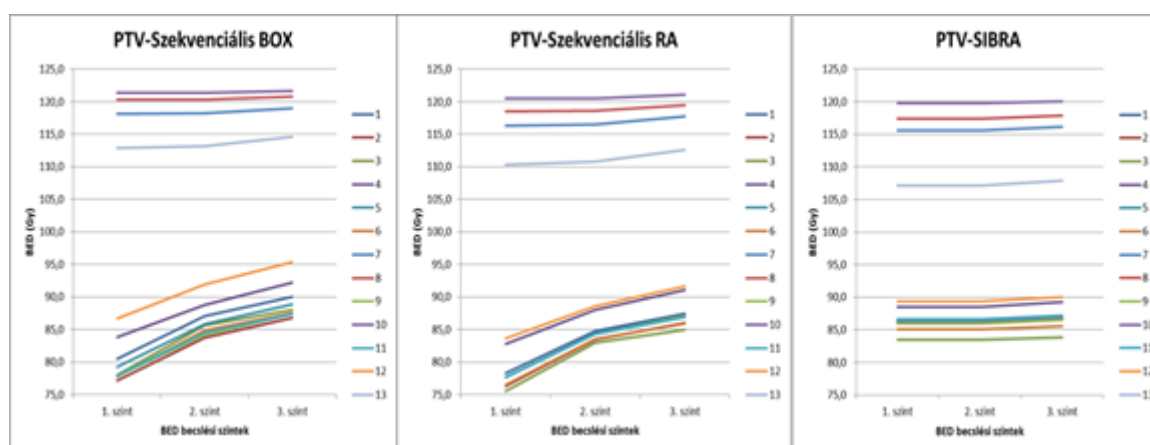
³University Hospital Liege, Department of Radiation Oncology, Liege

Célkitűzés: A korszerű besugárzás-tervezés követelményei között egyre nagyobb hangsúlyt kap a dózisoptimalizálás és a terv-kiértékelés biológiai megközelítése. Vizsgálatunk során – e célalkalmazások híján – a besugárzási tervekből kinyerhető fizikai dózis-adatok alapján becsülhető biológiai dózisokat hasonlítottuk össze több eltérő besugárzási technika esetén.

Módszerek: 10 prosztata-tumoros betegre háromféle (szekvenciális box-technika, szekvenciális IMAT, és szimultán integrált boost-os IMAT) besugárzási protokoll szerint készítettünk komplett kezelési terveket, a besugárzás-tervezés szubjektív összetevőinek minél teljesebb kizárásával, valamint a prosztatára kifejtett azonos biológiai hatás célkitűzésével. Ezt követően három szinten (1. szint: a teljes kezelés átlagdózisából, 2. szint: a szekvenciák átlagdózisából, 3. szint: a szekvenciák valós dóziseloszlását figyelembe véve) megbecsültük a célterületek (nagymezős PTV, boost PTV) és a rizikószervek (hólyag, rektum, femur-fejek, szigmabél) biológiai átlagdózi-sait.

Eredmények: Az intenzitás-modulált ívterápiával a konvencionális technikákhoz képest konformálisabb és homogénebb biológiai dóziseloszlásokat hozhatunk létre, a releváns rizikószerveket összességében jobban tudjuk kímélni, így csökkentve a várható mellékhatások kockázatát, súlyosságát. Az egyszerűsített dózis-kiértékelő módszerek következetesen alulbecsülik a valós dóziseloszlás alapján kalkulált biológiai átlagdózisokat – célterületek és rizikószervek esetében egyaránt.

Következtetés: A várható terápiás- és mellék-hatások előrejelzési pontosság-növelésének elengedhetetlen kellékei a besugárzási tervekből megfelelő biológiai modell alapján számolt egzakt biológiai dóziseloszlások. A fizikai dózis-inhomogenitás jelentősen befolyásolhatja a várható biológiai hatások mértékét.



KEZDETI TAPASZTALATAINK A NŐGYÓGYÁSZATI DAGANATOK KÉPVEZÉRELT, INTENZITÁSMODULÁLT SUGÁRKEZELÉSÉNÉL

Király Réka¹, Pesznyák Csilla^{1,2}, Stelczér Gábor^{1,2}, Varga Szilvia¹, NguyenHung¹, Tatai-Szabó Dóra¹, Major Tibor¹, Polgár Csaba¹

¹ Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest

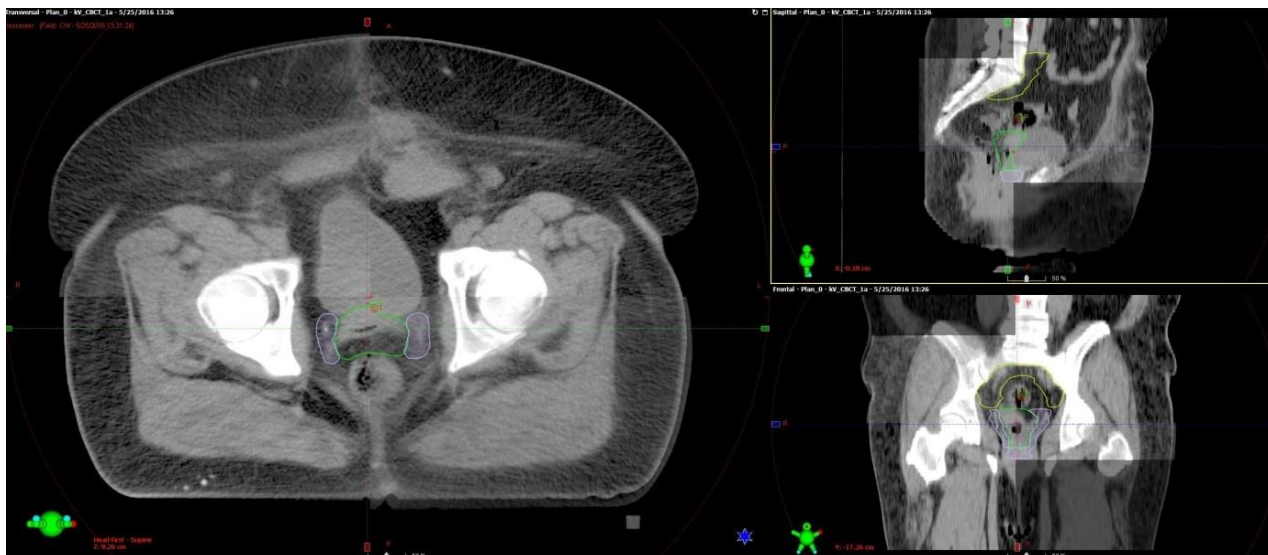
² BME, Nukleáris Technika Intézet

Célkitűzés: A nőgyógyászati daganatok intenzitásmodulált sugárterápiás kezelése intézetünkben bevezetési szakaszban van. Munkánkban képvezérelt eljárással elemezzük a betegbeállítás pontosságának hatását a CTV-PTV kiterjesztés mértékére.

Módszer: Három betegnélhárom különböző klinikai céltérfogatot (CTV) kontúroztunk: CTV1 tartalmazza a nyirokcsomókat, CTV2 aparametriumot és CTV3a hüvelyacsonkot. Nemzetközi ajánlások alapján különböző biztonsági zónák hozzáadásával hoztuk létre a tervezési céltérfogatot (PTV). A beteg beállítási pontosság ellenőrzéséhez a következő képvezérlési protokollt alkalmaztuk: az első három frakciónál "on-line" beállítási hiba meghatározás és korrekció CBCT-vel a csontstruktúrák alapján. Ezen mérések átlagából számolt szisztematikus hibával korrigáltuk a negyedik kezelés beállítási koordinátáit. Ezt követően 5 frakciónként ellenőriztük és szükség esetén korrigáltuk a betegbeállítást. A CTV3 kiterjesztésének meghatározásához "off-line" képregisztrációt végeztünk a tervezési és verifikációs CT-képkészlet hüvelyacsonk alapján történő illesztésével. A van Herk képlet alapján számoltuk ki a CTV-PTV biztonsági zónát a CTV1-hez és a CTV3-hoz. A CTV2 helyzete az előző két térfogat függvénye, ezért ebben az esetben a CTV1 és CTV3 kiterjesztések átlagát alkalmaztuk. A besugárzási terveket Varian Eclipse v11 tervezőrendszerrel készítettük, majd a kezeléseket Varian TrueBeam gyorsítóval végeztük. A kezelés forgóíves intenzitásmodulált besugárzási technikával (RapidArc), két teljes ívben történt. Minden betegnél a nemzetközi szakirodalomban ajánlott dózismegszorításokat alkalmaztunk a céltérfogatra, a hólyagra, a rectumra, a bélzsákra és a csípő ízületekre. Azelőírt teljes dózis 50,4 Gy volt 28 frakcióban 1,8Gy frakciódózissal.

Eredmények: A céltérfogatok dózisellátottsága mindhárom esetben kielégítő volt, de a RapidArc technika konformálisabb lefedettséget biztosított, mint az eddig alkalmazott konformális (3D-KRT) technika. Az átlagos konformitási szám CN értékek 0,91 vs. 0,61 voltak a RapidArc javára. Mindegyik betegnél a védendő szervek dóziskorlátai megfeleltek a nemzetközi ajánlásoknak, és a RapidArc technikával kisebb volt a dózisterhelés mértéke, mint a hagyományos box technika (3D-KRT) esetén. A hólyagra és rectumra a V50 érték a 3D-KRT és IMRT technikáknál rendre 96,9% és 79,8%, illetve 96,8% és 77,2% volt, míg a bélzsákra a V45 értéke 52,5% és 44,9% volt. Korábbi vizsgálataink alapján a CTV1-PTV1 biztonsági zóna 0,7 cm-nek adódott átlagos testalkatú betegeknél, míg a jelenlegi vizsgálat korpulensebb betegeinél ez az érték 1,1 cm volt. A CTV-nál a biztonsági zóna értéke irányonként különböző: vertikális, laterális és longitudinális irányoknál rendre 1,3 cm, 1,5 cm és 0,8 cm.

Következtetés: Megfelelő kontúrozási és képvezérlési protokollok bevezetésével a nőgyógyászati tumorok intenzitásmodulált sugárterápiája biztonságosan megvalósítható. A tervezési céltérfogat létrehozásához különböző biztonsági kiterjesztéseket kell alkalmazni az egyes klinikai céltérfogatokra. A biztonsági zónák pontosabb meghatározásához további betegek kezelésének elemzése szükséges.



1. ábra: A CTV3 kiterjesztésének meghatározása “off-line” képregisztrációval

Irodalom

- [1] W. Small et al. Consensus guidelines for delineation of clinical target volume for intensity-modulated pelvic radiotherapy in postoperative treatment of endometrial and cervical cancer, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys* Vol. 71, 428–434 (2008)
- [2] A. McKenzie et al. Technical overview of geometric uncertainties in radiotherapy, *Geometric uncertainties in radiotherapy, British Institute of Radiology, London*, 11-47 (2003).
- [3] Major T és mtsai. Képvezérelt sugárterápia klinikai alkalmazása daganatos betegek külső besugárzásánál, *Magyar Onkológia*, 56, 258-265 (2012)

ÚJ RIZIKÓSZERV ÉRTÉKELÉSEK ADAPTÍV AGYI BESUGÁRZÁSNÁL

Darázs Barbara¹, Ruskó László², Végváry Zoltán¹, Ferenczi Lehel², a Hideghéty Katalin¹

¹Onkoterápiás Klinika, Szegedi Tudományegyetem

²GE Healthcare, Magyarország

Célkitűzés: Számos cikk [1-7] foglalkozik a nagyszámú központi idegrendszeri összejtet tartalmazó azonos, és ellenoldali zona subventricularis (ZSV) dózisa és a teljes, illetve progressziómentes túlélés kapcsolatával. A sugárkezelés 6 hete alatt azonban ezen struktúrák térfogata, alakja, helye változhat. Célunk, hogy adaptív agyi besugárzáson átesett betegcsoporton egy retrospektív tanulmány keretében megvizsgáljuk a szóban forgó struktúrák elmozdulását és térfogatváltozását, valamint a tényleges dóziseloszlást.

Módszerek: 50 (high grade glioma) pácienszt válogattunk be a vizsgálathoz, akiknél a sugárterápia kezdetén topometriás tervezési CT (primer CT) készült 0,5 cm szeletvastagsággal. A betegek rögzítését termoplasztikus maszk biztosította, a tervezési céltérfogatra (PTV) 40 Gy dózis volt előírva. A kezelés kétharmadánál ismételt (szekunder) topometriás CT készült. Ezután a két CT-t regisztráltuk, majd a kiegészítő (+20 Gy boost) kezelés a második CT felvételen bekontúrozott struktúrák (GTV1, PTV1) figyelembevételével folytatódott. A primer és a boost besugárzáshoz hagyományos 3D konformális besugárzási tervek készültek. A kiértékeléshez utólag berajzoltuk az azonos és ellenoldali kamrákat és ZSV-t.

Eredmények: A primerhez képest a szekunder CT-n a kamrák és a ZSV térfogat növekedést mutatott, átlagosan 2-3 cm³ nagyságrendben. Ezek az anatómiai változások korrelációt mutattak a kezdeti középvonal eltolódással is, a deformációval nőtt a struktúrák irradiáció során bekövetkezett térfogatváltozása is. A dózis-térfogat hisztogram elemzésekor is szignifikáns eltérések adódtak, ami egyes betegeknél 5-10 Gy dózisbeli különbséget is jelentett.

Következtetések: Az adaptív intrakraniális sugárterápia során szignifikáns dózis eltéréseket okozó anatómiai változásokat detektáltunk, amelyek figyelembevételét javasoljuk az egyes struktúrák tényleges dózisének meghatározásához. További vizsgálat keretében készülünk elemezni a korrigált ZSV dózisok hatását a teljes és progressziómentes túlélésre.

Irodalom

- [1] Evers P, Lee PP, DeMarco J et al. Irradiation of the potential cancer stem cell niches in the adult brain improves progression-free survival of patients with malignant glioma. BMC Cancer.2010; 10:384
- [2] Gupta T, Nair V, Paul SN et al. Can irradiation of potential cancer stem-cell niche in the subventricular zone influence survival in patients with newly diagnosed glioblastoma? J Neurooncol. 2012; 109:195-203
- [3] Adeberg S, Bostel T, König L et al. A comparison of long-term survivors and short-term survivors with glioblastoma, subventricular zone involvement: a predictive factor for survival? Radiat Oncol. 2014; 9: 95
- [4] G. Kusumawidjaja, P. Zhun Hong Gan et al. Dose-escalated intensity-modulated radiotherapy and irradiation of subventricular zones in relation to tumor control outcomes of patients with glioblastoma multiforme. OncoTargets and Therapy, 2 March 2016, Volume 2016:9 Pages 1115-1122

- [5] Jafri NF, Clarke JL, Weinberg V et al. Relationship of glioblastoma multiforme to the subventricular zone is associated with survival. *Neurooncology*. 2013; 15:91–96.
- [6] Lee P, Eppinga W, Lagerwaard F et al. Evaluation of high ipsilateral subventricular zone radiation therapy dose in glioblastoma: A pooled analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2013; 86:609–615.
- [7] Chen L, Guerrero-Cazares H, Ye X et al. Increased subventricular zone radiation dose correlates with survival in glioblastoma patients after gross total resection. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2013; 86:616–622.

KÜLÖNBÖZŐ FRAKCIONÁLÁSI SÉMÁK DOZIMETRIAI ELEMZÉSE TÜDŐDAGANATOK SZTEREOTAXIÁS BESUGÁRZÁSÁNÁL

Béla Dalma¹, Zongor Zsuzsanna¹, Stelczer Gábor¹, Pesznyák Csilla^{1,2}, Bajcsay András¹, Lövey József¹, Szilágyi András¹, Király Réka¹, Major Tibor¹, Polgár Csaba¹

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Centrum

²BME TTK, Nukleáris Technika Tanszék

Célkitűzés: Munkánk célja a különböző frakcionálási sémák dozimetriai elemzése tüdődaganatok lineáris gyorsítóval végzett sztereotaxiás besugárzásánál.

Módszerek: A besugárzási tervek 6 MV FFF fotonenergiával készültek a Varian EclipseTM tervezőrendszer AAA v11.0.31 számolási algoritmusával. A tervezés során RapidArc technikát alkalmaztunk két parciális ívet használva, figyelembe véve az RTOG dózismegszorításait. A GTV-eket hét fázisú 4D CT-képkészleten kontúroztuk, valamint a céltérfogat pontosabb meghatározásához PET/CT képfúziót használtunk. A védendő szervek (mellkasfal, légcső, gerincvelő, szív, nagy erek, tüdő) berajzolását az átlag CT-képkészleten végeztük el. Két frakcionálási sémát elemeztünk nyolc-nyolc betegnél. A céltérfogatot 60 Gy összdózissal sugaraztuk be, az 1-es protokoll (P1) esetén 5 alkalommal, 12 Gy frakciódózissal, ami 132 Gy biológiai effektív dózissal (BED) felel meg, ha az alfa/béta=10 Gy. Ha a céltérfogat (PTV) egy vagy több védendő szerv közelében helyezkedett el, akkor a 2-es protokollt (P2) alkalmaztuk. A P2 szerint a betegeket nyolc frakcióban 7,5 Gy frakciódózissal kezeltük, ami BED = 105 Gy-nek felel meg. A besugárzási tervek dozimetriai ellenőrzése a PTW OCTAVIUS 4D rendszerrel és EBT3 radiochromic filmmel történt. Az eredményeket gamma analízissel elemeztük, 3%/3mm-es gamma kritérium alkalmazásával.

Eredmények: A PTV térfogata 11 és 91,1 cm³ között változott a 16 beteg esetén. Minden tervnél teljesült a céltérfogat ellátottságára vonatkozó kritérium (V95%>99,9%), illetve a maximális dózis nem haladta meg az előírt dózis 125%-át. Az 1. táblázatban láthatók a PTV-re vonatkozó különböző dózis paraméterek átlagai. Homogenitási index (HI) és konformitási index (CI) szempontjából nincs különbség a két protokoll között, mivel mindkettőnél a magas konformitás és dózisgradiens a jellemző. A gamma analízis eredményei mindkét protokollnál elfogadhatók voltak.

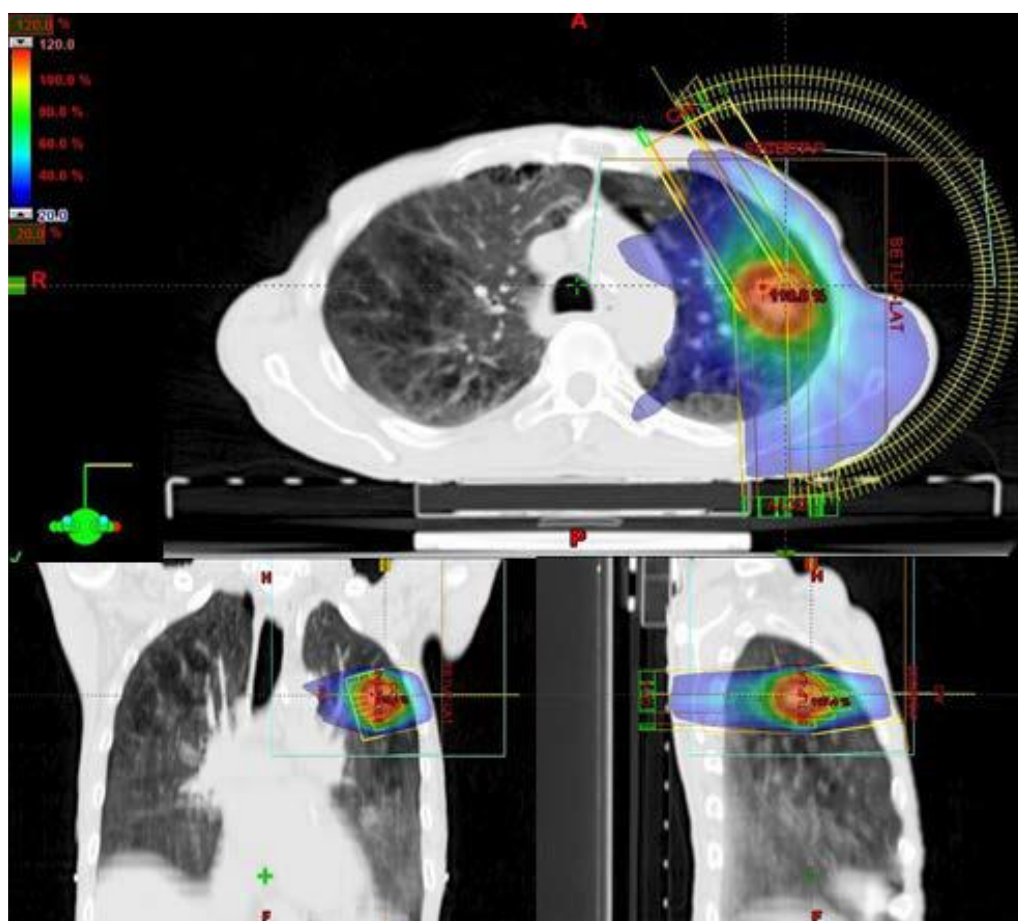
Következtetések: Gondos beteg választás esetén a sztereotaxiás sugárkezelés biztonságos és megvalósítható módszer, amennyiben rendelkezésre áll a megfelelő technikai felszereltség, mint a 4D-CT és a képvezérelt sugárterápia (IGRT). A nagy dózisteljesítményű FFF üzemmódnak köszönhetően a kezelési idő rövid.

Irodalom

- [1] Franks KN, Jain P, Snee MP, Stereotactic Ablative Body Radiotherapy for Lung Cancer, Clinical Oncology, 27:280-289, 2015 [2] Bezjak A, Bradley J, Gaspar L, et al., Seamless phase I/II study of stereotactic lung radiotherapy (SBRT) for early stage, centrally located, NSCLC in medically inoperable patients, RTOG 0813 Broadcasts. RTOG; 2011:1–26.
- [3] Weyh A, Konski A, Nalichowsk A, et al., Lung SBRT: dosimetric and delivery comparison of RapidArc, TomoTherapy, and IMRT, J Appl Clin Med Phys, 14(4):3-13, 2013

	Protokoll 1 5x12 Gy (Σ 60 Gy)	Protokoll 2 8x7,5 Gy (Σ 60 Gy)
PTV		
Térfogat (cm ³)	27,7	49,5
Maximális dózis (Gy)	72,4	72,3
V _{95%} (%)	99,97	99,99
V _{100%} (%)	95,4	96,8
$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}}$	0,17	0,16
$CI = \frac{TV_{RI}}{TV} \frac{TV_{RI}}{V_{RI}}$ (RI = 95%)	0,86	0,85

1. táblázat: A PTV különböző dózis paramétereinek átlaga



1. ábra: RapidArc technikával készült sztereotaxiás besugárzás dóziseloszlása transversalis, coronalis és sagittalis síkban

EXTRACRANIALIS STEREOTAXIÁS BESUGÁRZÁSOK KAPOSVÁRON: HIGH-TECH MEGOLDÁSOK A SZERVELMOZDULÁSOK MONITOROZÁSÁRA

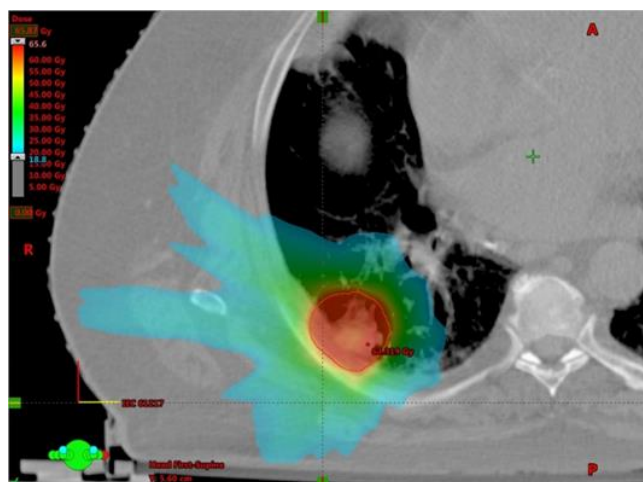
Glavák Csaba, Antal Gergely, Kovács Péter, Nagy Péter, Walter Norbert, Lakosi Ferenc, Hadjiev Janaki

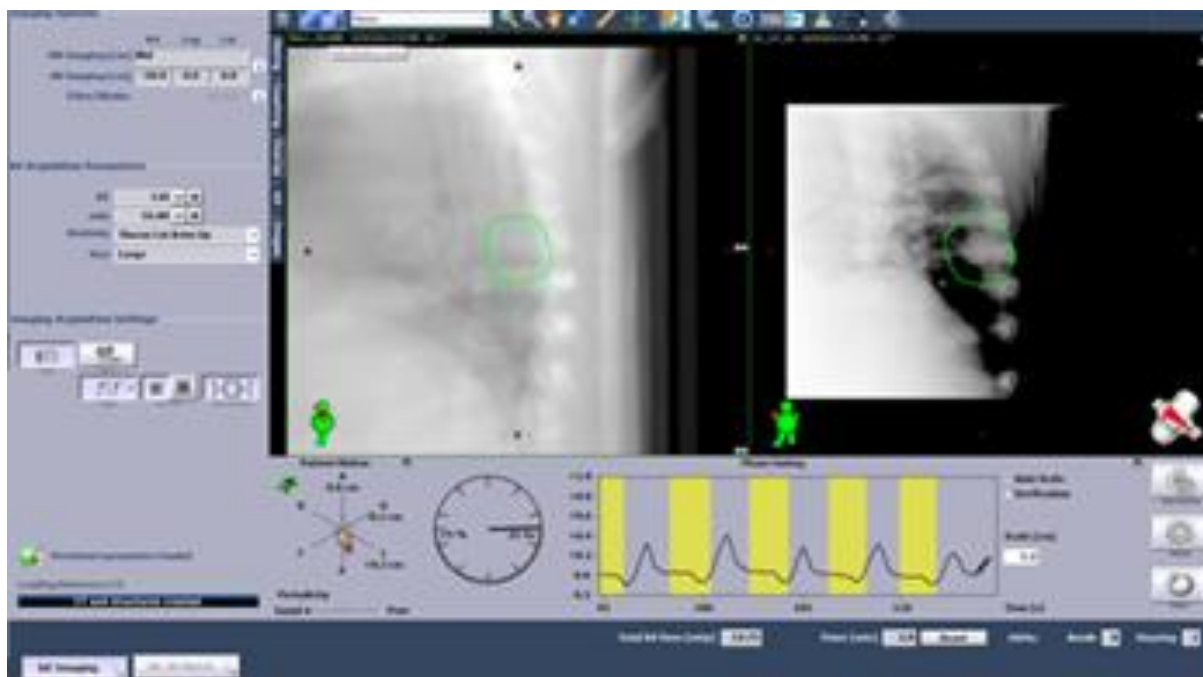
Kaposvári Egyetem Egészségügyi Központ, Kaposvár

Célkitűzés: A Kaposvári Egyetemen 2015-ben lezajlott fejlesztések lehetővé tették, hogy intézetünkben a legmodernebb sugárterápiás módszerekkel kezeljük pácienseinket. Többek között lehetőségünk nyílt arra, hogy frakcionált sztereotaxiás sugárterápiás kezeléseket (SRT) hajtsunk végre olyan céltérfogatokra, amelyek a besugárzás alatt is jelentősen elmozdulnak (tüdő, máj, hasnyálmirigy). Célunk az, hogy bemutassuk, milyen szakmai kihívásokkal jár a mozgó céltérfogatok konformális besugárzása, milyen technikai lehetőségek állnak rendelkezésünkre és milyen megoldásokat választottunk, hogy ezeknek a kihívásoknak megfelelhessünk.

Módszerek: 7 betegnél került sor SBRT kezelésre, ebből lokalizáció szerint 5 tüdő (3 felső lebenyi, 1 középső és 1 alsó), 1 máj és 1 pancreas. 3 betegnél (2 tüdő, 1 máj) styrofoam blokkból készült diaphragma kompressziót alkalmaztunk. A kezeléseket előtt 3 betegnél (2 tüdő, 1 máj) végeztünk cine-dinamikus MR vizsgálatokat terápiás pozícióban, míg 4D-CBCT a pancreas tumoros beteg kivételével mindenkinél készült. A pancreas tumoros betegnél mély be- és kilégzés alapján határoztuk meg a céltérfogatot. Ezen információk alapján eldöntöttük, hogy szükséges-e légzéskapuzás vagy ITV koncepcióval kezelünk. Egy alsó lebenyi tüdő tu-mor esetében döntöttünk a légzéskapuzás használata mellett. A kezelés verifikáció 3D -CBCT volt csaknem minden esetben, kivéve a kapuzott betegnél, ahol 4D-CBCTmellett döntöttünk, tekintettel a nagyfokú baseline shift-re. Mindemellett kezelés alatt az intrafrakcionális tumor pozíciókat is monitoroztuk kezelés közben készített kV-os képekkel. A tüdő céltérfogatokra 8x7,5Gy, a máj és a pancreas elváltozásokra pedig 6x6Gy dózist adtunk le. Valamennyi eset-ben VMAT kezeléseket történtek. A terveket portál dozimetriával verifikáltuk.

Eredmények, következtetések: Az első tapasztalataink a jelentős szervmozgás melletti SRT kezeléseken terén kedvezőek, minden technikai feltétel adott ahhoz, hogy biztonságosan, precízen hajtsunk végre ilyen kezelé-seket is.





GYOMOR DAGANATOK BESUGÁRZÁSTERVEZÉSE RAPIDARC TECHNIKÁVAL

Hügelné Imecs Gabriella¹, Pallinger Ágnes¹, Benedek Tibor¹, Rácz Ildikó¹, Farkas Róbert¹, Plavecza Éva¹, Pesztyák Csilla²

¹Uzsoki utcai kórház, Fővárosi Onkoradiológiai Központ, Budapest

²BME, Nukleáris Technikai Intézet

Célkitűzés: Klinikai protokoll elkészítése gyomordaganatos betegek ellátására, RapidArc technika alkalmazásával.

Módszerek: Munkánk során öt gyomor tumoros beteg esetén készítettük el a besugárzási terveket RapidArc technika felhasználásával. A céltérfogatra (PTV) minden esetben 45 Gy összdózis volt előírva 1,8 Gy-es frakciódózissal. A tervezés első lépéseként segédkontúrokat hoztunk létre, a céltérfogatot kiterjesztettük 2mm-el (PTV+2mm), és minden olyan esetben kivontuk az adott védendő szerv térfogatából ezt a térfogatot, amelyek részben átfedtek a célterülettel. A feltételeket optimalizáláskor az így létrehozott segédkontúrokra adtuk meg. Kiindulási szögnek 179⁰-ot, megállási szögnek 330⁰-ot választottunk, minden esetben 6 MV fotonenergiát alkalmaztunk. Meghatároztuk a homogenitási, konformitási, illetve a tervminőségi indexeket, és elemeztük a védendő szervek dózisterhelését, majd végezetül összehasonlítottuk a kapott eredményeket a hagyományos konformális tervezéssel elkészített tervekben meghatározott értékekkel. Védendő szervként a szív, tüdő, máj, gerincvelő, vékonybél és a két vese lett megkontúrozva. A dóziskorlátokat a különböző védendő szervekre az 1. táblázatban ismertetjük.

Eredmények: RapidArc technika esetén a céltérfogat ellátottságának vizsgálatakor a homogenitási indexek (HI) átlag értéke 0,09-nek bizonyult, a konformitási indexeké (COIN) 0,77-nek, a konformitási számoké (CN) pedig 0,88-nak. A tervminőségi indexek átlagértékeire 0,41-et kaptunk. Hagományos tervek elemzésekor ezek az indexek átlagértékei a következőképp alakultak: HI: 0,14, COIN: 0,55, CN: 0,69, a tervminőségi index átlagértékére pedig 1,09-et kaptunk. Hagományos technika esetén az összes mérőszám rosszabbnak bizonyult. Az általunk kidolgozott protokoll alkalmazásával sikerült az összes védendő szerv sugárterhelését minden egyes betegnél a QUANTEC ajánlás szerinti határértékek alatt tartani, melyek a hagyományos tervezéssel számottevő esetben határérték felettinek bizonyultak a bal vese tekintetében. A bal vesét kivéve az összes védendő szervet, mindkét technika esetén sikerült határérték alatt tartani, lényeges különbség nem mutatkozott egyik vagy másik technika javára, ebben a tekintetben. A bal vesét illetően az 1. táblázatban szereplő ajánlást, csak RapidArc technika alkalmazásával sikerült tartani. Hagományos technikával a következő eredményeket kaptuk: öt betegből négyenél az átlagdózis 20 Gy volt, ami jóval nagyobb volt, mint 15 Gy. A V12 < 55% feltételt három betegnél nem sikerült teljesíteni, ezek átlagértéke 66,7% volt. A V20 < 32% feltétel helyet átlagosan 54,9 % kaptunk, a V23 < 30% feltételt szintén 4 beteg esetén nem sikerült teljesíteni, ezek átlag értéke 49,4 % volt, és végezetül a V28 < 20% feltételre három esetben kaptunk a vártnál nagyobb értéket, ezek átlagértéke 46,7 %. Egy beteg esetén a tumor elhelyezkedéséből adódóan megfelelően sikerült védeni a bal vesét is a hagyományos technikával.

Következtetések: Az eredmények alapján megállapítható, hogy gyomortumoros betegek sugárterápiás kezelésére a RapidArc technika alkalmazásával a céltérfogat dózislefedettsége homogénem és konformálisabb, mint a hagyományos hárommezős technika esetébe, illetve a bal vese dózisterhelése is hatékonyabban csökkenthető.

Heart (szív)	Dmean < 26Gy
Lung (tüdő)	Dmean < 7Gy
Lung (tüdő)	V20 < 30%
Spinal cord (gerincvelő)	Dmax < 45Gy
Liver (máj)	Dmean < 28Gy
Small Bowel (vékonybél)	V45 < 195 cm ³
L/R Kidney (Bal/Jobb vese)	Dmean < 15Gy
	V12 < 55%
	V20 < 32%
	V23 < 30%
	V28 < 20%

1. táblázat: Dóziskorlátok a különböző védendő szervekre

Irodalom

[1] Tao Zhang et al: Double-arc volumetric modulated therapy improves dose distribution compared to static gantry IMRT and 3D conformal radiotherapy for adjuvant therapy of gastric cancer, 2015.

[2] QUANTEC Summary: Approximate Dose/Volume/Outcome Data for Several Organs Following Conventional Fractionation 3D-CRT.

PROSZTATA SBRT TERVEZÉS ON-LINE KIÉRTÉKELÉSI RENDSZERE

Kovács Péter^{1,2}, Antal Gergely¹, Glavák Csaba¹, Nagy Péter¹, Walter Norbert¹, Lakosi Ferenc¹, Kovács Árpád², Hadjiev Janaki¹

¹Kaposvári Egyetem, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet, Kaposvár

²Pécsi Tudományegyetem, ETK KKK Képző Diagnosztikai Tanszék, Kaposvár

Célkitűzés: Részvétel és a beküldött terv minőségének kvalitatív értékelése az AAMD/RSS SBRT prosztata tervezési tanulmány keretein belül. Célunk továbbá az értékelési metodika bemutatása.

Módszerek: A tanulmányt szervező ProKnow Systems oldaláról letöltöttük a tervezéshez használandó CT sorozatot és RTStruct fájlt. A berajzolt védendő szervek ideális és minimálisan betartandó toleranciadózisait a letöltött útmutató tartalmazta. Az egyes védendő szervek és céltérfogatok fontosságát súlyszám jelezte, melyet a struktúra számított dóziseloszlása által meghatározott, egyedi metrikával számított, 0 és 10 közé eső ponttal szoroztunk. Az struktúrák súlyozott pontjait összeadva értékeltük a terv minőségét az elérhető maximális 150 pont-hoz viszonyítva. Az értékelés on-line, automatikusan történt az RTDose és RTPlan fájlok fel-töltését követően.

Eredmények: A minimálisan betartandó dóziskorlátokat minden esetben tartani tudtuk, az ideális terhelést 15 struktúrából 8 esetben teljesítettük, ezekre a maximális 10 pontot kaptuk. Az elért összpontszám 143,16 lett. A résztvevők által beküldött tervek (n=420) átlagosan 138,18 pontot értek el (78,94-147,17; SD 8.28). Ezzel a tervünk a legjobb 25%-ba esett.

Következtetések: A ProKnow által használt tervértékelési rendszer alkalmas besugárzási tervek pontos, objektív, kvalitatív értékelésre és összehasonlításra. Hasonló rendszer bevezetése a klinikai gyakorlatba nagyban segítheti a tervek dozimetriai minőségének javítását és kontrollját.

A SUGÁRVÉDELEM ÚJ HAZAI SZABÁLYOZÁSA ÉS A MEGVÁLTOZOTT HATÓSÁGI RENDSZERREL KAPCSOLATOS EDDIGI TAPASZTALATOK

Vincze Árpád

Országos Atomenergia Hivatal

A Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásával kapcsolatos beruházásról, valamint az ezzel kapcsolatos egyes törvények módosításáról szóló 2015. évi VII. törvény az atomtörvény módosításával 2016. január 1-től az OAH hatáskörébe telepítette az ionizáló sugárzások elleni védekezés (sugárvédelem) hatósági feladatait és 2015. decemberében megjelentek a Kormány vonatkozó rendeletei: (1) az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet, (2) a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről szóló 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet, valamint a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről szóló 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet.

Az új szabályozási rendszerben az OAH feladata a lakosságot és a munkavállalókat érő ionizáló sugárzások elleni védelem felügyelete, a személyi sugárvédelmi ellenőrzési kötelezettség megállapítása, a személyi dózisok nyilvántartása, a lakosság dózisbecsléséhez szükséges, kötelezően mérendő adatok meghatározása, a mérést végző szervek tevékenységének összehangolása, az adatok gyűjtése, feldolgozása, nyilvántartása és értékelése. Az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során az ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének felügyelete továbbra is a korábbi sugár-egészségügyi hatóság feladata maradt.

A megváltozott sugárvédelmi követelményeket és a hatósági felügyelet új rendjét a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet határozza meg. Az új rendelet alapját az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló 2013/59/EURATOM irányelv (EU BSS), a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) vonatkozó dokumentumai, különösen az „IAEA Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources” dokumentum, a hazai és nemzetközi jó gyakorlat, a 2015. májusi hazai NAÜ IRRS felülvizsgálat ajánlásai és javaslati, valamint a vonatkozó szabványok adták. Az új kormányrendelettel az 2013/59/EURATOM irányelv rendelkezéseinek jelentős része (~70%) átültetésre került. Az előadás áttekintést nyújt az átalakulást indukáló nemzetközi gyakorlatról, az új szabályozás megalapozásáról, az új hatósági felügyelettel kapcsolatos eddigi tapasztalatokról. Bemutatásra kerülnek továbbá új követelmény rendszerrel, engedélyezési és ellenőrzési gyakorlattal kapcsolatos eddigi tapasztalatok és jövőbeli kihívások. Az új hatósági rendszer működésének jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet	487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet
Decentralizált engedélyezés (fővárosi, megyei kormányhivatalok), másodfokon eljáró hatóság az OTH	Centralizált engedélyezés (OAH)
Eltérő területi hatály (kormányhivatal, OTH kiterjesztés)	Országos hatályú engedély (OAH), nincs másodfokon eljáró hatóság
Több lépcsős engedélyezés (tulajdonjog, létesítés, üzemeltetés...)	Egy engedély (alkalmazás/üzemeltetés) Engedélytípusok száma csökkent Bejelentési kötelezettségek
Decentralizált ellenőrzési rendszer (fővárosi, megyei kormányhivatalok, OTH)	Regionális ellenőrzési rendszer (OAH, OSSKI szakmai támogatás)

1. táblázat: Az új hatósági rendszer működésének jellemzői

CYBERKNIFE BUNKER SUGÁRVÉDELMI TERVEZÉSE**Ballay László¹, Varjas Géza²**¹OKK, Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Igazgatóság²Országos Onkológiai Intézet

Célkitűzés: A sztereotaxiás sugársebészet céljára kifejlesztett Accuray Cyberknife gyorsító, mint sugárforrás elég jelentősen eltér a konformális kezelések gyorsítótól. A besugárzó fejet robotkar mozgatja, ami miatt a 6 MV-os direkt nyaláb oldalirányokban bárhová irányítható, és fölfelé is, a horizonthoz képest 22°-ig, tetszőleges irányba fordítható. A mezőformálás is rendhagyó. Mindezek következtében a bunker sugárvédelmi tervezése is eltér a „megszokottól”. Az előadás célja az OOI-ban létesítendő Cyberknife besugárzó bunker sugárvédelmi tervezésének bemutatása.

Módszerek: A tervezés során elsősorban az NCRP 151 „Structural shielding design and evaluation for megavoltage X- and gamma-ray radiotherapy facilities” és a NAÜ Safety Report Series 47 és az ISO „Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities” kiadványok ajánlásait, valamint a felsorolt kiadványok alapján készült OSSKI Módszertani Levél és az OAH Sugárvédelmi Útmutatóit vettük figyelembe. A sugárvédelem tervezése alapvetően dózissra történt. Az OAH által kiadott SV-2/v2 „Ionizáló sugárzást létrehozó, de radioaktív anyagot nem tartalmazó berendezés üzemeltetési engedélykérelmének összeállítása” útmutatót követve a tervezési dóziscél 40 $\mu\text{Sv/hét}$ volt, ami az éves effektív dóziskorlát időarányos részének a tizedrésze.

A munkaterhelést módosító faktorok közül az irányfaktor ajánlott alacsony értéke mellett, igaz csak egy keskeny nyalábban, de szélsőséges dózisteljesítmények is felléphetnek. A Cyberknife bunker tervezésénél ugyanakkor a pillanatnyi dózisteljesítményre vonatkozóan nem lehetett tervezési célt kitűzni. El kell fogadni, hogy a tervezési segédletek kizárólag az időben átlagolt dózisteljesítmény korlátozását támogatják. A Cyberknife tervezési segédletei ugyanakkor igyekeznek elkerülni a „túl nagy” pillanatnyi dózisteljesítmény fellépését is. A segédletek ajánlásait követve a tervezési dózisteljesítmény cél az volt, hogy a pillanatnyi dózisteljesítmények bármely órára vonatkozó átlaga ne lépje túl a 20 $\mu\text{Sv/h-t}$.

Eredmények: A gyorsító 6 MV gyorsító feszültséggel kizárólag mono-energiás fékezési röntgen-sugárzást állít elő. A gyorsító nominális dózisteljesítménye 80 cm-re a sugárforrástól (target) 10 Gy/min. Kör alakú sugármezőket figyelembe véve, a sugármező átmérője, 80 cm-re a sugárforrástól, maximum 6 cm.

Munkaterhelés. Nyolc órás műszakban átlagosan 6 páciens kezelését lehet elvégezni. A kezelésenként leadott dózisok átlaga 12,5 Gy/kezelés. Direkt munkaterhelés: a hét 5 napja alatt leadott gócdózis a targettől 80 cm-re: $5 \times 6 \times 12,5 \text{ Gy} = 375 \text{ Gy/hét}$. Hasonlóan az IMRT besugárzásokhoz, a leadott cGy gócdózis és a monitor egységben leadott dózis jelentősen különbözik egymástól. A Cyberknife rendszernél az MU és cGy gócdózis hányadosa 15. A Cyberknife rendszernél az irányfaktor értéke is sajátos. A tervezési segédletek szerint a kis mezők miatt a direkt sugárzás irányfaktora kerek mezőknél $I=0,05$; MLC kollimátornál $I=0,075$.

A felsorolt adatok alapján a normál betonból építendő falak tervezett maximális vastagsága 160 cm. Ez a vastagság lényegében megfelel a tervezési segédletek által ajánlott (távolságtól, kategóriától és tartózkodási faktortól függő) falvastagság tartomány felső értékének.

Következtetések: A tervezési segédletek alapján lehetőség volt a sugárvédelmi árnyékolások optimális megtervezésére, nevezetesen arra, hogy a betonfalak vastagsága a foglalkozási sugárterhelés tizedrészenek követelményéhez igazodjon, egyúttal a pillanatnyi dózisteljesítmények is határok között maradjanak.

A SUGÁRVÉDELMI DÓZISKORLÁTOK ÉS A SUGÁRTERÁPIÁS TOLERANCIA DÓZISOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Varjas Géza¹, Ballay László², Major Tibor¹, Király Réka¹, Polgár Csaba¹

¹Országos Onkológiai Intézet,

²Országos Sugárbiológiai és Sugár-egészségügyi Intézet,

Célkitűzés: A sugárvédelmi dóziskorlátok (SDK) és a sugárterápiás tolerancia dózisok (STD) összehasonlításával a két dóziskorlát eltéréseinek elemzésével néhány új gondolat ébresztését kívánjuk elérni. Esetleges anomáliák feltárása szintén ezt a célt szolgálja.

Módszerek: Az SDK-k számításához a késői sztochasztikus károsodást kifejező effektív dózisok számításához használt szövet vagy testszöveti súlytényezőt veszik alapul. A sugárterápiás kezelések ép szervekben bekövetkező mellékhatásait még elviselhető mértékre korlátozó STD-at az Országos Onkológiai Intézetben a besugárzás-tervezéshez használt sugárterápiás protokollt és irodalmi adatokat hasonlítjuk össze az SDK-kal.

Eredmények: A szöveti súlytényezők a szervek legtöbbször egyforma (0,12). Igen nagyfokú a homogenitás. Az STD-nél szélesebb a szóródás. Az STD-knél igen nagy eltérések vannak, hogy a szerv hányad részét éri a sugárterhelés. Az SDK-oknál kisebb a szóródás. A fenti jelenségeket azzal magyarázzuk, hogy az SDK-knál a sztochasztikus hatások figyelembe vétele nagyobb súllyal szerepel. Az STD-knél pedig a determinisztikus hatások a lényegesebbek.

Következtetések: A kérdés az volt, hogy lehet-e valamilyen párhuzamosságot találni SDK-k és az STD-k között. A párhuzamosság ellentmondásos, amely több megvizsgálandó kérdést vet fel. Mindenesetre a két különböző terület óriási tapasztalatait célszerű lenne fokozottabban integrálni, amely mindkét terület hasznára válna.

ELSŐ TAPASZTALATOK AZ AUTOMATA MIKRONUKLEUSZ SZÁMLÁLÓ MIKROSKÓP KLINIKAI ALKALMAZÁSA SORÁN: A MŰSZER PONTOSSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Hülber Tímea^{1,2}, Kis Enikő³, Kocsis Zsuzsa⁴, Sáfrány Géza⁴, Pesznyák Csilla^{2,4}

¹ Radosys Kft.,

² BME Nukleáris Technikai Intézet

³ Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Intézet,

⁴ Országos Onkológiai Intézet

Célkitűzés: A Radometer-MN Series automata mikronukleusz (MN) számláló alacsony dózisokon való alkalmazhatóságát teszteltük. A citokinézis blokkolt mikronukleusz (CBMN) teszt arra ad lehetőséget, hogy egy vérminta segítségével retrospektív módon megállapítsuk, hogy mekkora sugárdózist kapott egy páciens. Az automata rendszer tesztelésére során LDR brachyterápiával kezelt prosztatata tumoros páciensektől a kezelés különböző időpontjaiban levett vértmintákat vizsgáltuk.

Módszerek: A munkánkban 7 páciens mintasorozatát vizsgáltuk. A seed beültetés előtt, seed beültetés után 1 nappal, seed beültetés után 3 hónappal, seed beültetés után 6 hónappal vettünk vérmintát. Az MN teszt elvégzésénél a NAÜ által felállított protokollt [1] követtük. Ezen folyamat az automata képfeldolgozás szempontjait figyelembe véve az alábbi lépésekre bontható: vérvétel, sejt tenyésztés elindítása, sejtciklus leállítása az utódsejtek sejthártyájának szétválása előtt, hipotonizálás, fixálás, kicseppentés, festés, kiértékelés. A vizsgált sejtek két jól körülhatárolható sejtmaggal rendelkeznek, melyek mellett a sugárzás hatására elszakadó DNS darabok együttese külön kompartment(ek)ként (mikronukleusz) jelenhet meg (2. kép). Ezek száma korrelál a limfociták által elszenvedett dózissal. [2] Az automata MN számlálás a Radometer-MN Series automata mikroszkópjával (1. kép) történt.

Eredmények: Meghatároztuk azon tényezőket, melyek az automata kiértékelés pontosságát befolyásolhatják. A fenti mintákat ezen paraméterek alapján alcsoportokra bontottuk és az automata rendszer által megállapított MN gyakoriság pontossága alapján vizsgáltuk a hatásukat. Referenciának a fél-automata módon meghatározott MN-gyakoriságot tekintettük. Eredményeinket az 1. és 2. táblázat foglalja össze.

Következtetések: Az automata mikronukleusz számláló rendszer a szükséges manuális korrekció ellenére nagymértékben meggyorsítja a minták feldolgozását. A képfeldolgozó algoritmus pontossága a geometriailag és képjellemzőkben is hasonló binukleáris sejteket tartalmazó minták esetében azonosnak tekinthető, tehát az eredményeik egy az egyben összehasonlíthatóak. A rendszer robusztussága elfogadható, de a fent megállapított jellemzőkben eltérő minták esetében az eredmények összehasonlítása fokozott figyelmet igényel.

Köszönetnyilvánítás

A Radometer-MN Series automata mikroszkópot a Radosys Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. A munka a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap által támogatott VKSZ_14-1-2015-0021 azonosító számú projekt keretében zajlott.

1. Táblázat:

Befolyásoló tényező	Befolyásolás mértéke
Festés	Kis mértékű
Izotóp behelyezése után eltelt idő	Jelentős
Mintán belüli eltérések (cseppentés homogenitása)	Bizonyos esetekben jelentős
Páciens személye	Változó

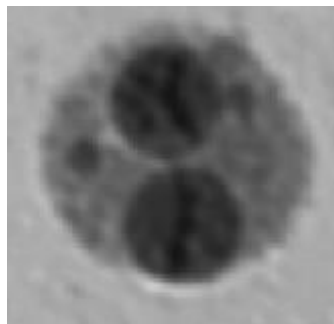
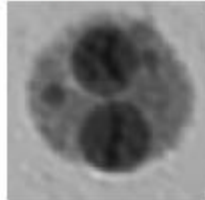
2. Táblázat:

Hátráltató tényező	Ideális minta	Műterméket tartalmazó minta	Befolyásolás mértéke
Fókuszálás pontossága	Éles sejthatárok	Kis mértékben elhangolt fókusz	Kis mértékű
Minta tisztasága	tiszta	szennyezett felületű	Jelentős

1. Kép: Radosys Radometer-MN Series mikroszkóp



2. Kép: Binukleáris sejt 3 mikronukleusszal



Irodalom

- [1] IAEA, TECHNICAL REPORTS SERIES No. 405, Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment, 2001
- [2] M. Fenech, "The in vitro micronucleus technique," *Mutat. Res. Mol. Mech. Mutagen.*, vol. 455, no. 1–2, pp. 81–95, 2000.
- [3] M. Fenech, J. Denham, W. Francis, and A. Morley, "Micronuclei in cytokinesis-blocked lymphocytes of cancer patients following fractionated partial-body radiotherapy.," *International journal of radiation biology*, vol. 57, no. 2. pp. 373–83, 1990.

BIOLOGIAI DÓZISBECSLÉS VARIAN TRUEBEAM LINEÁRIS GYORSÍTÓ KÉSZÜLÉKEN

Farkas Gyöngyi, Kocsis S. Zsuzsa, Székely Gábor, Béla Dalma, Pesznyák Csilla, Zongor Ágnes, Major Tibor, Jurányi Zsolt, Polgár Csaba

¹ Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest

Bevezetés: Az ionizáló sugárzás hatása biológiai rendszereknél nemcsak a dózistól függ, hanem a sugárzás energiájától, dózisteljesítményétől és az alkalmazott szűrőktől is, amit a terápiás besugárzás során nem vesznek figyelembe. A perifériás vér lymphocyták esetében, amely rendszer a biológiai dozimetriai mérések alapja, a lineáris-kvadratikus modell alkalmazása a megszokott. Munkánkban bemutatjuk a Varian TrueBeam lineáris gyorsító készüléken gamma fotonnal in vitro besugározott vérminták kromoszómaaberrációit. A besugárzást különböző dóziszráták, ill. energiák mellett is elvégeztük, majd az így kapott dóziszgörbék egyaránt, ill. kV-os fotonsugárzással is összehasonlítottuk. Célunk, hogy feltárjuk az esetleges, a terápia során is figyelembe veendő jelentős különbségeket és a lineáris kvadratikus modell alkalmazhatóságának határait.

Anyag és módszer: Lymphocytá tenyésztés és metafázisos kenetkészítés: egészséges önkéntes személyektől (n:19 életkor: $38,7 \pm 11,5$ év) perifériás vénás vért vettünk Li-heparinos vakuténberbe. A homogén dóziseloszlás érdekében a besugárzást 2 ml-enként, a kriocsővet vízzel telt műanyag fantomba helyezve végeztük. A besugárzás - tervezés után - a sugármező izocentrumában szobahőmérsékleten történt 80, 300, 600 MU/min 6, 10, 18 MV és 400, 600, 1400, 1600, 2400 MU/min 6 és 10 MV FFF (Flattening filter free) fotonsugárzással, 0,5-től 8 Gy tartományban.

A kromoszómaanalízis első osztódásban lévő perifériás vér lymphocytá kultúrákból származó sejteken történt: 0,8 mL vért adtunk 9 ml RPMI-1640 (Gibco) tápleveshez, amit kiegészítettünk 15% borjúsavóval és penicillin/streptomycinnel (0,5 ml/L). A lymphocytákat phytohaemagglutinin M kezeléssel készítettük osztódásra (0,2 mL, Gibco). Az inkubálás 50-52 óráig 37 °C-on történt. Az osztódási ciklus befejeződése előtt 2 órával colcemiddel (0,2 ml/L Gibco) blokkoltuk a sejteket. Az inkubáció után centrifugáltuk és 0,075 M KCl-el 15 percig 37 °C-on hypotonizáltuk, majd hideg metanol-ecetsav keverékével 4-5-ször fixáltuk a lymphocytákat. A metafázisos sejtosztódásokat tárgylemezre cseppentettük és 3% Giemsa oldattal festettük meg. Mintánként 100-200 sejtet értékeltünk. A számbeli és szerkezeti aberrációk közül a következő aberráció típusokat különítettünk el: aneuploidia (46 ± 2 kromoszóma /sejt), kromatid -(delécio, exchange), kromoszóma típusú aberrációk (páros fragment, dicentrikus és ring, ill. transzlokáció), valamint az aberrációt hordozó aberráns sejtek. Origin 8.0 programot használtunk a dóziszgörbék felvételéhez. Minden görbe esetén meghatároztuk az α és β értéket a főbb aberráció típusokra.

Eredmények: Kísérletünkben a kis dózisoknál (≤ 1 Gy) főleg az acentrikus kromoszóma fragmentek (nem azonosak a dicentrikus kromoszóma mellett keletkező fragmenttel), >2 Gy-nél a dicentrikus kromoszómák voltak többségben. Ugyanakkor a fotonenergia növekedésével (azonos dóziszráta esetén) inkább csökkent az aberrációs frekvencia, vagyis kisebb energia több aberrációt okozott. A görbék α lineáris koefficiensei több mérésben is elhanyagolhatóan kicsik, vagyis a β kvadratikus érték dominált. Az intenzitás modulált sugárterápiában használt szűrő nélküli (FFF mód) és a hagyományos szűrő melletti besugárzás kromoszómákra gyakorolt hatását is összehasonlítottuk. A legmagasabb értékek a következők voltak: 8 Gy 6 MV 80 MU/min-nél 511 összes aberráció/100 sejt ebből 260 dicentrikus + ring kromoszóma/sejt, 8 Gy 6 FFF 600 MU/min-nél 487 összes aberráció/100 sejt, ebből 258 dicentrikus + ring kromoszóma/sejt, 8 Gy 6 FFF 1400 MU/min-nél 476 összes aberráció/100 sejt ebből 257 dicentrikus + ring kromoszóma/sejt. Míg 2

Gy dózisfrakció in vitro $14 \pm 0,9$ dicentrikus kromoszómát, $29 \pm 1,6$ összes aberrációt indukált /100 sejtben.

Következtetések: A kapott dózisgörbét nemcsak sugárbalet esetén lehet felhasználni dózisbecslésre, hanem a terápiás kezelésben is figyelembe vehetjük a kapott eredményeket. A 2 Gy dózisfrakció kromoszómákra gyakorolt hatása különböző energiáknál és dózistrátáknál közel azonos. Azonban a nagyobb frakció dózisoknál nagyobb aberrációs különbségeket találtunk az alkalmazott módok között. Ezek az adatok pl. hypofrakcionált kezelésnél nyerhetnek jelentőséget.

NAGY TÉREREJŰ (7T) INTEGRÁLT PET-MRI BERENDEZÉS FEJLESZTÉSE – ELSŐ RÉSZEREDMÉNYEK

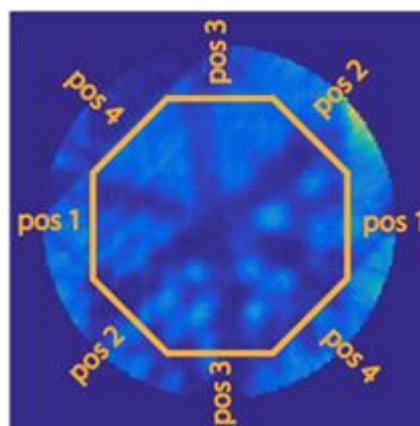
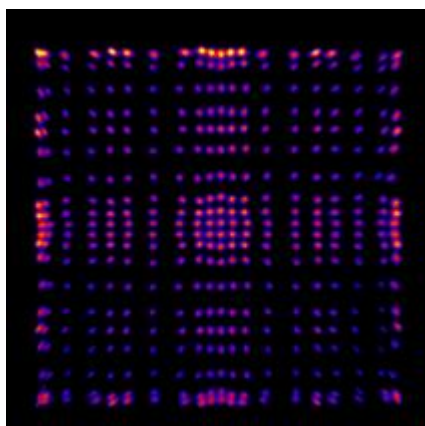
Hóbor Sándor, Babos Magor, Czeller Miklós, Németh Gábor, Major Péter

Mediso Kft., Budapest

Célkitűzés: A Mediso Kft a VKSz-14 pályázat keretében konzorciumi partnereivel, a Pázmány Péter Katolikus Egyetemmel, a Budapesti Műszaki Egyetemmel és a Semmelweis Egyetem Orvosi Karával egy nagy térerejű (7T) MRI és egy azzal egyidejű gyűjtésre alkalmas PET berendezés kifejlesztését tűzte ki célul, ami kutatóintézetek és gyógyszerfejlesztő központok számára kínál majd lehetőséget a különféle biológiai folyamatok és betegség modellek laborállatokon történő tanulmányozására. Ennek a több éves fejlesztésnek az első részeredményeit mutatjuk be.

Módszerek: A fejlesztés legfontosabb módszertani jellemzője a munkafolyamatok nagy mértékű párhuzamosítása, melynek során a 7T ún. kriogén-mentes mágnes prototípusa, a hozzá szükséges tekercsek és elektronika, a mágnesbe integrálandó PET gyűrű geometriája, mechanikája, elektronikája, az adatgyűjtés-, és feldolgozás komponensei, és a rekonstrukciós algoritmusok egyidejűleg fejlődhetnek a megfelelő partnerek különböző tapasztalati háttérére építve.

Eredmények: A berendezés mindkét modalitásának tervei, illetve a PET detektorok prototípusával készült első mérések eredményei kerülnek bemutatásra.



Az MR kompatibilis PET detektor prototípusok Anger-képe és az első rekonstruált próbatest-felvétel.

Következtetések: A berendezés MRI komponense a tervezett ütemezésnek megfelelően halad. A PET komponens teljes adatgyűjtési-, és feldolgozási láncának első tesztje, a detektortól az analóg-, digitális elektronikán, szűréseken át a rekonstrukcióig sikeresnek bizonyult. A továbbiakban természetesen cseréljük és finomítjuk majd a képalkotó lánc egyes elemeit, korrekcióit, de a tény hogy a teljes folyamatot sikerrel végigpróbáltuk, nagyon nagy mértékben leegyszerűsíti majd a hibakeresés folyamatát.

MQS HUNGARY KFT TEVÉKENYSÉGI KÖRÉNEK BEMUTATÁSA***Pavlikovics Gábor, Madari Szilárd***

MQS Hungary Kft

Az MQS Hungary Kft 2011 óta van jelen a hazai és környező országokbeli egészségügyi piacon. Tevékenységünk legnagyobbbrészt nagy kórházi berendezések (lineáris gyorsítók, CT-k, MR készülékek, képalkotó berendezések, stb.) szerviz és karbantartási feladatainak ellátását, a kapcsolódó alkatrészellátást, illetve a szükségessé váló fejlesztések, beszerzések megvalósítását jelenti. Emellett másik nagyon fontos tevékenységünk az egészségügyi gép-műszer beszerzések kapcsán márkafüggetlen tanácsadás, melynek során felkutatjuk a vevő igényeinek leginkább megfelelő készülékeket, igény szerint részt veszünk az előkészítő ártárgyalásokon, illetve amennyiben erre igény van, úgy a beszerzések bonyolítását is megoldjuk. Tevékenységünk lehetőséget biztosít egymástól teljesen eltérő profilú eszközök egy csomagban történő beszerzésére (pl. nőgyógyászati rendelő felszerelése radiológiai kiegészítők és fül-orr-gégészeti eszközök beszerzésével egyszerre). Az általunk potenciálisan ajánlható készülékek az alacsonyabb árfekvésűtől egészen a legnagyobb gyártók által kínált csúcskategóriás berendezésekig terjednek. Külön hangsúlyt fektetünk új illetve innovatív megoldások megismertetésére, ezért kiterjedt kapcsolatrendszerrel rendelkezünk a magyarországi, európai illetve ázsiai gyártók körében, rendszeresen látogatjuk az egészségügyi kiállításokat, vásárokat. Küldetésünk, hogy a velünk kapcsolatban álló ügyfeleink munkáját egyénre szabott módon, helyi szakemberek tevékenységével támogatva segítsük a költségek és szolgáltatási színvonal optimalizálása érdekében, legyen az komplex tanácsadói-szakértői, beszerzési vagy szerviz feladat.

TÉRFOGATI MODULÁCIÓS ÍV TERÁPIA (VMAT, RAPIDARC)

Megfontolások, kérdések, észrevételek, stratégiák egy új kezelés klinikai bevezetéséhez

Geszti Imre

Institute of Medical Physics, Slovak Medical University & St. Elisabeth Cancer Institute, Bratislava, VMD
Kórházi Technológia Zrt. (ELEKTA)

A térfogati modulációs ív terápia (VMAT, RapidArc) a fejlett országokban ma már általánosan elterjedt kezelési technika a sugárterápiában. Hazánkban napjainkban, csupán néhány intézetben végeznek rendszeresen, ilyen típusú kezeléseket. Ám a modern gyorsító berendezések elterjedésével, gyakorlatilag minden hazai intézetben lehetővé vált a számunkra még új technológia bevezetése a klinikai gyakorlatba. Ehhez kívánok néhány megfontolandó támpontot nyújtani a szakma iránt érdeklődőknek.

ATLAS-BASED AUTO-CONTOURING IN RADIOTHERAPY PLANNING: DOES ATLAS SELECTION IMPROVE PERFORMANCE?

D. Peressutti¹, A. Szentmiklossy¹, J. van Soest², T. Lustberg², W. van Elmpt², A. Dekker², M. Gooding¹

¹Mirada Medical Ltd, Science and Medical Technology, Oxford, UK

²Maastricht University Medical Centre, Department of Radiation Oncology MAASTRO, Netherlands

Purpose: In recent years, atlas-based techniques have gained increasing popularity in radiotherapy planning for automatic contouring of organs at risk (OARs) (G. Sharp, 2014). Atlas-based methods have the potential to provide contours of human level quality if a perfect set of atlases would be selected (B. Schipaanboord, 2016). This work investigates the effectiveness of currently available atlas selection methods against a perfect atlas selection. An extensive comparison of common state-of-the-art atlas selection methods was performed for the contouring of OARs in thoracic CT images.

Method: For this purpose, 280 cases with clinically delineated OARs were employed as atlases database from which atlases would be selected. 154 combinations of selection methods proposed in the literature and used in commercial systems were investigated. Atlas selection methods comprised global and local image similarity measures computed after rigid and deformable registration, combined with an exhaustive atlas search and the use of a template CT image (S. Klein, 2008). Results on the left and right lung, heart, esophagus and spinal cord were compared to random selection, a fixed set of 10 “good” atlases, and perfect selection by an “oracle” with knowledge of the ground truth. The Dice score was employed to assess the contouring performance of the top 10 atlases selected by each method, as well as average ranking with respect to the “oracle”. A leave-one-out cross-validation was employed by treating each clinical case as a patient case in turn and the remaining cases as potential database atlases.

Results: The fixed set of “good” atlases outperformed all selection methods based on similarities between atlases and test images for all OARs considered (mean DICE 0.874 c.f. 0.741-0.869 for the heart). Results for the heart and esophagus can be visually assessed in Figure 1 and Figure 2, respectively. In general, methods based on exhaustive comparison of local similarity measures showed better average Dice scores compared to the use of a template image and global similarity measures. However, the performance of image-based selection methods (mean DICE 0.741-0.869) was found to be only slightly better than a random selection (mean DICE 0.811).

Conclusion: While atlas selection based on the patient CT should improve auto-contouring performance, it was found that published approaches as well as commercially available approaches performed marginally better than random. Selection of a fixed set of representative atlases showed favourable performance.

Figures: Figures report the mean value of the average Dice score and the average rank position of the top 10 selected atlases for some of the methods compared. The rank measures the position of the selected atlas when ranking the Dice score according to the ground-truth. The best possible average rank position is 5, while a random atlas selection should lead to an average rank position of half the number of atlases with the given OAR. GT refers to the performance of selecting atlases based on their performance knowing the ground truth. OFF is offline selection, where a well performing fixed set of good atlases are selected without considering the patient. BONE is the selection based on bony anatomy. The other selection methods are encoded by atlas search type (E-exhaustive, T-template), region of interest (G-global, L-local), similarity measure (S-SSD,

N-NMI, C-CC), and registration type (R-rigid, D-deformable). RND denotes a random selection of the atlases. Figure 1 reports results for the heart while Figure 2 reports results for the esophagus.

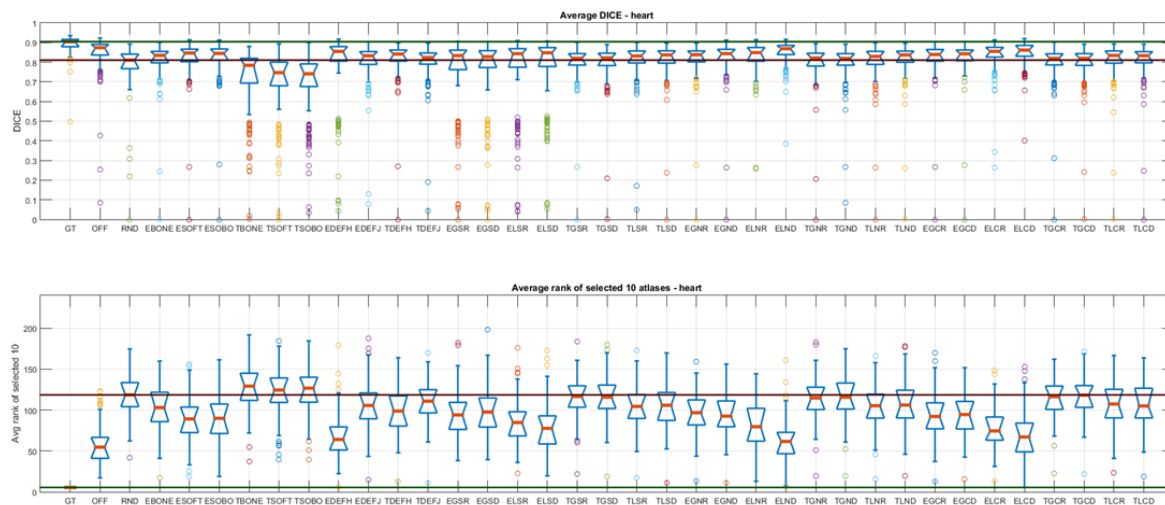


Figure 1. Distribution of the heart average Dice score and ranking position of the top 10 selected atlases for all methods compared.

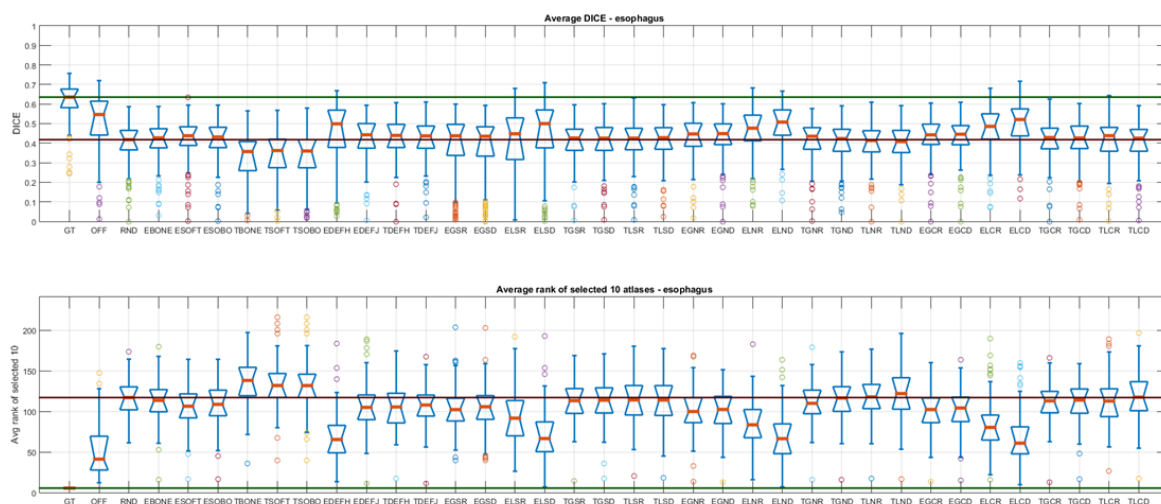


Figure 2. Distribution of the esophagus average Dice score and ranking position of the top 10 selected atlases for all methods compared.

References

- [1] B. Schipaanboord, et. al. (2016). Oc-0068: Can atlas-based auto-contouring ever be perfect? Radiotherapy and Oncology, (pp. S30-S31).
- [2] G. Sharp, et. al. (2014). Vision 20/20: perspectives on automated image segmentation for radiotherapy. Medical Physics.
- [3] S. Klein, et. al. (2008). Automatic segmentation of the prostate in 3D MR images by atlas matching using localised MI. Medical Physics.

ÚJ STATISZTIKAI MODELL A TUMOR-HETEROGENITÁS MEGÍTÉLÉSÉRE EMISSZIÓS TOMOGRÁFIÁS KÉPEKEN

Varga József¹, Forgács Attila^{2,1}

¹ Debreceni Egyetem ÁOK Orvosi Képző Intézet Nukleáris Medicina Tanszék

² Scanomed Kft, Debrecen

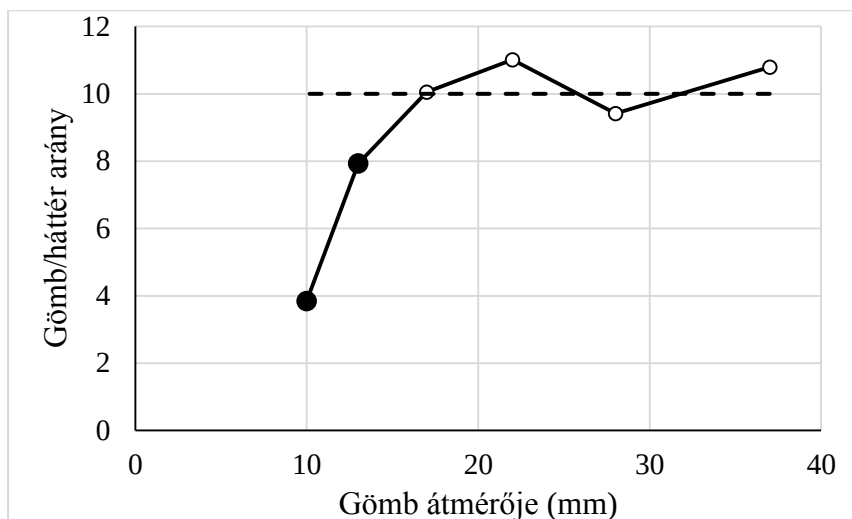
Célkitűzés: A biológiai heterogenitáson kívül a tumor térfogatában levő voxelértékek szóródása a voxelek zajától és a résztérfigathatástól (PVE) is függ. Minél kisebb az objektum, annál jelentősebb a PVE hatása. Egy olyan statisztikai próbát kerestünk, amely a biológiai heterogenitás elkülönített megítélésére alkalmas, és képes különbséget tenni heterogén vagy homogén mintázat között.

Módszerek: A modell lényege, hogy meghatározzuk azt a homogén tumortérfogatot, amely – a pontszétterjedési függvénnyel konvolválva – a legjobban közelítene a ténylegesen mért aktivitáseloszlást a tumor egy környezetében. Ehhez felváltva becsüljük a tumor maszkját (kiterjedését), majd a tumor és a környezet aktivitáskoncentrációját. A statisztikai próbát arra a null-hipotézisre végezzük, hogy a megfigyelt és a (homogén eloszlás szétterjesztésével) becsült eloszlás különbségének szóródását a tumor térfogatában teljes mértékben csak a zaj okozza. F próbát végzünk a megfigyelt és várt szórásnégyzet hányadosára, ahol a szabadsági fokok számát annak figyelembe vételével korigáljuk, hogy az egymáshoz közeli képelemek tartalma korrelált.

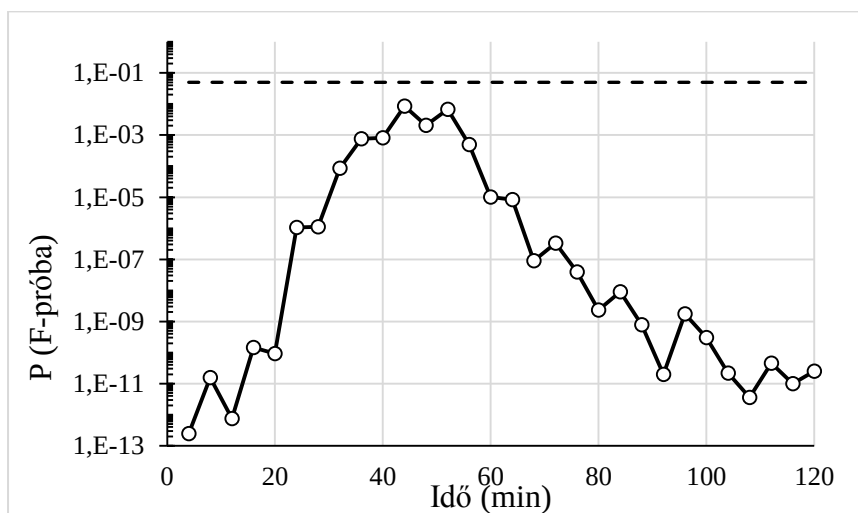
Elsőként szimulált- és fantomvizsgálatok kétdimenziós metszeti képein teszteltük az eljárást. (a) Szimulált képeink 2, 4, ..., 16 képelemnyi külső sugarú és fele olyan szélességű körgyűrűket tartalmaztak (4 mm/képelem), ahol a gyűrű/környezet aktivitásaránya 4. Mindegyikhez 0.3, 1, 3, 10 és 30%-os Poisson-eloszlású véletlen zajt adtunk, így módon összesen 40 szimulált képet állítva elő. (b) A fantom PET vizsgálatokhoz az IEC emberi törzs fantom 6 feltölthető gömböt tartalmazott (átmérők: 10, 13, 17, 22, 28 és 37 mm). A gömb/háttér arányt 10-re állítottuk be. (c) Egy speciális heterogenitási fantom hét darab 2,5 ml-es műanyag fecskendőből állt, melyek közül 3 db F-18-at ($T_{1/2}=110$ perc), 4 pedig C-11-et tartalmazott ($T_{1/2}=20$ perc), és F-18-tartalmú víztartályba merült; a kezdeti aktivitáskoncentrációk: 40 (F-18) / 80 (C-11) / 5 (F-18 háttér) kBq/ml. 2 perc gyűjtés majd 2 perc várakozás váltotta egymást, összesen 120 percig, miközben a fecskendők koncentrációaránya, és ezzel együtt a fantom mintázata folyamatosan változott.

Eredmények: (a) A módszer 30%-os zajszintnél a 4 legkisebb ($r=2, 4, 6, 8$ mm), 10 %-osnál már csak a legkisebb gyűrű heterogenitását nem mutatta szignifikánsnak; az összes többi helyesen heterogénnek mutatta 5 %-os valószínűségi szinten. (b) A legkisebbet kivéve a gömbök $p>0,05$ valószínűséget adtak (megtartva a homogenitás feltételezését). A tumor/háttér arány becslése a modellből csak a két legkisebb gömbnél eredményezett torzult kontrasztviszonyt (1. ábra). (c) A heterogén fantom minden kontrasztértéknél jelentős heterogenitást mutatott, de a valószínűség szélsőértéket ért el, amikor a C 11 és F-18 koncentrációja megegyezett a fecskendőkben (2. ábra).

Következtetések: Modellünk az objektum heterogenitását a résztérfigathatástól és a zajtól függetlenül képes ellenőrizni; így kisebb objektumok megítélésére is alkalmas, mint a szóródás közvetlen mérőszámai. Továbbá a módszer lehetőséget ad a tumor aktivitásszintjének robosztus becslésére, amely objektív mérőszám lehet a követéses vizsgálatokhoz.



2. ábra: A gömbök modell alapján becsült kontrasztja



3. ábra: A heterogenitási próba korrigált valószínűségi értékei a fecskendők változó aktivitásarányainál

PARALLEL VETÍTÉSŰ SZIMULTÁN TÖBBENERGIÁS SPECT-CT LEKÉPEZÉS KÉPMINŐSÉGÉT JAVÍTÓ ELJÁRÁS KIDOLGOZÁSA ÉS ANALIZÁLÁSA

Kári Béla^{1,2}, Wirth András³, Hesz Gábor^{3,4}, Szlávecz Ákos⁴, Farkas Attila³, Fegyvári András³, Máté Domokos⁵, Veres Dániel⁶, Taba Gabriella⁷, Györke Tamás²

¹Semmelweis Egyetem ÁOK, Radiológiai és Onkoterápiás Klinika, Budapest;

²Semmelweis Egyetem ÁOK, Nukleáris Medicina Tanszék, Budapest;

³Mediso Kft. Budapest;

⁴BME, Irányítástechnika és Informatika Tanszék, Budapest;

⁵CROMed Kft., Budapest;

⁶Semmelweis Egyetem Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet, Budapest;

⁷Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat, Budapest

Cél: Az élő szervezet in-vivo működésének és farmako-kinetikai hatásmechanizmusainak 3D képszerű megjelenítése az orvosi képalkotás egyik kiemelkedő multi-diszciplináris kutatási területe. Kutató-fejlesztő munkánk e területen arra irányult, hogy multi-modalitású - jelen esetben SPECT-CT - leképezési eljárással többenergiás és több-farmakon jelzés (multi-labelling technika) alkalmazásakor milyen képminőség problémákkal szembesülünk, ill. a felmerülő járulékos torzító hatások miképp csökkenthetők. E kérdéskör egyik legkritikusabb problematikája, hogy a különböző foton energiákra vonatkozóan, hogyan tudjuk a képminőséget az energiától függetlenül közel állandó jó minőségen tartani a képrekonstrukciós eljárásoknál. A kidolgozott eljárásaink kivitelezhetőségét és fizika teljesítőképességét valós fizikai fantom mérések alapján parallel vetítésű SPECT/CT leképezési módszerrel analizáltuk.

Módszer: A kutató-fejlesztő munkánk egyik bázisa az NKTH nemzeti kutatási program keretén belül megalkotott 3D iteratív multi-modalitású képrekonstrukciós eljárás - TeraTomo™ -, amelyet e tevékenységünk során tovább fejlesztettük a szimultán többenergiás és több-farmakon jelzésű (multi-labelling technika) alkalmazások irányába. A munkánk másik bázisát a Mediso Kft. AnyScan SC típusú human kétfejes SPECT/CT leképező és a hozzá kapcsolódó kiértékelő - InterViewXP - rendszere képezte. A kidolgozott eljárásunk alapfeltételének tekintettük, hogy a parallel vetítésű SPECT leképezés képminőségét befolyásoló tényezőket, mint a felbontóképesség és az érzékenység közötti ellentmondás, a felbontóképesség nem-lineáris távolságfüggése és a leképezendő objektumot körülvevő csillapító közeg hatásait a foton energia függvényében kompenzáljuk. Egy másik alapkérdés a SPECT leképezéseknél a kollimátor választás, ui. többenergiás esetben a legmagasabb energiájú gamma foton határozza meg az alkalmazandó kollimátor típusát. A választott kollimátorra valamennyi a leképezésben szerepet játszó foton energiára elvégeztük a távolságfüggő PSF (Point Spread Function) pontválasz függvény kalibrációt. A foton elnyelődés térképet minden egyes foton energiára a regisztrált és újra mintavételezett CT leképezésből származtattuk. A SPECT rendszer detektorainak intrinsic kalibrációjára is új módszert dolgoztunk ki, amelynek alapja a több izotóp tartalmú kalibrációs standard készítése. Így az intrinsic detektor kalibráció forrása tartalmazta az összes kalibrációhoz használt izotóp energiáit. A kalibrációkat, méréseket, fizikai fantom kísérleteket 99mTc(141keV) és 67Ga(91keV, 184keV, 300keV) források alkalmazásával (ez szimultán 5 energiájú alkalmazás) közepes energiájú általános célú (MEGP) kollimátorral hajtottuk végre. A képrekonstrukciós eljárásunk a TeraTomo™ 3D iteratív módszer a kiterjesztett energiánkénti korrekciós és kalibrációs faktorokkal, mely az új InterViewXP támogatásával szolgáltatja a képi eredményt.

Eredmények konklúzió: A leképezési eljárás és a rekonstruált kép minőségét a 6 göbös (különböző átmérőjű „forró göb jellegű”) IEC NEMA Body Phantom alapján analizáltuk. A leképezést 1283 térfogati diszkretizációban 4.14mm voxel méretben hajtottuk végre. A legkisebb átmérőjű göb

(~8,4mm) a 91keV és 184keV energiatartományban még megfelelően látható, viszont a 300keV tartományban már nem. E magasabb energián a többi göbök alaki leképezései sem teljesen torzításmentesek, melynek elsődleges oka a kollimátorban rejlik. 300keV-nél ugyanis az MEGP kollimátor már marginálisan használható a nagyobb mértékű ún. kollimátor „septum penetration” effektus végett. A fizikai fantomfelvételek az alkalmazott kalibrációs és korrekciós eljárások helyességét visszaigazolták. További képminőség javítás a többenergiás vizsgálatok átszórás korrekciójával érhető el, amely munkák még jelenleg folyamatban vannak.

Köszönetnyilvánítás: A 3D Iteratív rekonstrukciós metodika az alábbi támogatások („grant”-ek) alapján került megalkotásra: TECH_08_A2-TeraTomo (NKTH), TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002

Irodalom

[1] Szlávecz Ákos, Hesz Gábor, Bükki Tamás, Kári Béla, Benyó Balázs: GPU-based acceleration of the MLEM algorithm for SPECT parallel imaging with attenuation correction and compensation for detector response, Proceedings of the 18th IFAC World Congress. Milan, Italy, 2011.08.28-09.02. pp. 6195-6200. ISBN: 978-3-902661-93-7, DOI: 10.3182/20110828-6-IT-1002.02896

TÜDŐBŐL ÉS EMLŐBŐL SZÁRMAZÓ AGYI ÁTTÉTEK TEXTÚRA ANALÍZISE MR KÉPEK ALAPJÁN

Monika Béres^{1,4}, Andrés Larroza², Estanislao Arana³, David Moratal², Ervin Berényi¹, József Varga⁴, László Balkay⁴

¹ Debreceni Egyetem, ÁOK Orvosi Képalkotó Intézet, Radiológia Nem Önálló Tanszék

² Universitat Politècnica de València, Center for Biomaterials and Tissue Engineering, España

³ Fundación Instituto Valenciano de Oncología, España

⁴ Debreceni Egyetem, ÁOK Orvosi Képalkotó Intézet, Nukleáris Medicina Nem Önálló Tanszék

Célkitűzés: Célunk volt az emlőből és a tüdőből származó agyi áttétek elemzése, heterogenitási különbségek keresése T1 súlyozott MRI képek esetén.

Anyag és módszer: 26 és 32 emlőből, illetve tüdőből származó agyi áttétel rendelkező beteg 1.5 T MR T1- súlyozott kontrasztanyagot képeit dolgoztunk fel.

A tumorok szegmentálása semi-automatikus módszerrel történt a Creaseg programmal. Globális paramétereket, mint átlag, szórás, minimum, maximum, medián és varianciát számoltunk, illetve öt lokális (textúra) változót, melyek az ún. co-occurrence mátrix alapú paraméterek voltak: energia, entrópia, kontraszt, korreláció és homogenitás. Minden analízist az eredeti T1 kontrasztos és az ún. local binary pattern (LBP) képeken is számoltunk. A ROI méret alapján négy csoportot hoztunk létre, az alábbiak szerint: (1) 0-1935 mm², (2) 1936-3845 mm², (3) 3846-7700 és (4) 7701-11540 mm². A különböző ROI méretek alapján parametrikus és nem parametrikus statisztikai tesztet alkalmaztunk.

Eredmények: A normál kontrasztos képeknél a kis ROI-k esetén (0-1935 mm²) nem volt szignifikáns különbség az emlőből és tüdőből származó áttétekből számolt textúra paraméterek között. A nagyobb méretű áttétek esetén (1936-11540 mm²) a minimum és a variancia értékeket találtuk szignifikánsan különbözőnek. Az LBP képeken való textúra elemzés több szignifikáns különbséget eredményezett. Mind a négy mérettartományban jelentős eltérést mutattak a kontraszt, korreláció, energia és homogenitás értékei.

Következtetések: A heterogenitási paraméterek lehetővé teszik, hogy különböző primer tumorból származó agyi áttétek között különbségeket írjunk le. Az LBP képeken számolt paraméterek érzékenyebbnak tűnnek a két metasztatikus csoport elkülönítésére.

*A doktori képzés alatt történő kutatások a Richter Gedeon Talentum Alapítvány támogatásának köszönhetőek, a külföldi kutató munka és kollaboráció a Campus Hungary mobilitási programmal jött létre.

RÖNTGENBERENDEZÉSEK MEGFELELŐSÉGVIZSGÁLATA ÉS A SUGÁRVÉDELEM

Porubszky Tamás, Váradi Csaba, Salik Ádám, Elek Richárd, Bartha András, Juhász László, Sáfrány Géza

Országos Közegészségügyi Központ Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Igazgatósága (OKK OSSKI), Munkahelyi Sugárvédelmi Osztály, Budapest

Célkitűzés. A röntgenberendezések gyártóinak a nemzetközi piacon meg kell felelniük a rájuk vonatkozó nemzetközi (IEC) szabványok alapvető biztonsági és teljesítőképességi követelményeinek. A megfelelést egy bejegyzett tanúsító szervezet (notified body) tanúsíthatja, típusvizsgálati eredmények alapján. A szükséges típusvizsgálatok között röntgensugaras vizsgálatok is vannak.

Módszerek. Az OKK OSSKI Sugáregészségügyi Vizsgáló Laboratóriumának akkreditált eljárásai között szerepel a „Röntgendiagnosztikai aktív eszközök megfeleltetésvizsgálata” is. Ez a diagnosztikai röntgenberendezésekre vonatkozó nemzetközi (IEC=EN=MSZ EN) szabványok röntgensugaras mérési eljárásai szerinti vizsgálatokat jelenti, amelyeket Laboratóriumunk egy tanúsító szervezet felkérésére tud elvégezni, mint akkreditált alvállalkozó. 2001 óta vizsgáltunk felvételi/átvilágító röntgenberendezéseket és azok részegységeit, valamint CT-berendezéseket, de akkreditációnk kiterjed mammográf, digitális szubtrakciós angiográf és fogröntgen berendezésekre is. Valamennyi vizsgálat közvetlenül vagy közvetve a páciensek és a személyzet sugárvédelmét és biztonságát szolgálja. A megfeleltetésvizsgálatokra való akkreditációt az teszi lehetővé, hogy laboratóriumunk mind személyileg, mind eszközösen egyébként is magas szinten felkészült a röntgenberendezéseken végzendő mérésekre és azokban gyakorlatunk folyamatos.

Eredmények. 2005 és 2016 között a TÜV Rheinland InterCert Kft. MEEI Division mint tanúsító szervezet felkérésére az Innomed Medical Zrt. 8, a Mediso Kft. 6, a Control-X Medical Kft. 1 és a Sedecal Magyarország Kft. 1 gyártmányát vagy gyártmánycsaládját vizsgáltuk, továbbá 8 alkalommal végeztünk saját kezdeményezésből vizsgálatokat alkalmasságunk bizonyítására. Jelenleg is több újabb vizsgálat megrendelése van előkészületben.

Következtetések. Tudomásunk szerint Európa keleti felében nincs másik hasonló szolgáltatást kínáló laboratórium, így akkreditációnk elsősorban a hazai gyártók számára jelent kedvező vizsgálati lehetőséget.

GPU ALAPÚ MONTE CARLO PET KÉPREKONSTRUKCIÓ KONVERGENCIATULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

Somai Vencel, Tolnai Gábor, Légrády Dávid

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technikai Intézet

A Pozitron Emissziós Tomográfiában (PET) Maximum Likelihood - Expectation Maximization (ML-EM) algoritmus iteratív eljárással becsülhetjük az izotópkoncentráció térbeli eloszlását a mért adatokból kiindulva. A Nukleáris Technikai Intézetben fejlesztett grafikus kártya (GPU) alapú Monte Carlo kód (Pet Aimed Novel Nuclear Imager - PANNI) fejlettségi szintje eléri a PET szkennerek sztenderd rekonstrukciós szoftvereinek színvonalát. A PANNI kód világviszonylatban is újdonságnak számító pontos részecsketranszport-modellezés segítségével alkalmas a részecsketranszport fizikájának minden elemét figyelembe venni, a pozitronvándorlástól a fotondetektálásig, azonban a kapott kép pontosabbnak bizonyult, ha az ML-EM iteráció visszavetítő tagjában elhanyagoljuk a pozitronvándorlást.

Ezen anomália magyarázata a pontatlanabb fizikai modell esetén fellépő gyorsabb kezdeti konvergencia. Az ML-EM séma, mint lineáris konvergenciával rendelkező módszer, lassan konvergál a keresett eloszlásba. Ebben a konvergenciasebességben van különbség az egyes beállítások között, valamint jelentős az eltérés az anyagrészek között is, amiben a keresett eloszlást rekonstruálni szeretnénk. A visszavetítő operátor diszkrétizált alakja egy mátrix (ún. „rendszer mátrix”), aminek hatása a szinguláris értékeivel, és a szinguláris vektorai által indukált bázissal jellemezhető, így a kapott eredmények kvantitatív elemzésére a szinguláris érték felbontás (SVD) bizonyult hatékony eszköznek. Az SVD segítségével megvizsgálva az ML-EM iterációt azt kapjuk, hogy a konvergencia sebessége erősen függ a visszavetítésben felhasznált rendszer mátrix szinguláris értékeitől, illetve a szinguláris vektoraitól, amik ortogonális bázist alkotnak. A pozitronvándorlást modellező eset kisebb szinguláris értékeket és a pozitron szabad úthossz növekedésével egyre kisebb térfrekvenciás szinguláris vektorokat eredményez, ezért konvergál lassabban az iterációk elején. A pozitronvándorlás elhanyagolás ezzel szemben gyors kezdeti konvergenciát jelent, azonban az iterációk számának növekedésével még zajmentes esetben is elkonvergálunk az ideális megoldástól. Mivel a konvergencia sebességét az alacsony (és egymáshoz képest is több nagyságrendet változó, azaz magas kondíciószámot eredményező) szinguláris értékek rontják el, született egy megoldási javaslat, ami kitranszformálja őket a rendszerből, a szinguláris vektorokat és ezzel együtt az algoritmus fixpontját megtartva (SVD-filter). Zajmentes esetben ez a módszer két nagyságrenddel gyorsította fel a konvergenciát, azonban a valós, tehát zajjal terhelt esetre csak néhány változtatás után lehet alkalmazni.

A tomográfiás képrekonstrukció egy elsőfajú Fredholm-integrálegyenlet megoldását jelenti. Az ebben szereplő integrál-operátor a pozitron fizika természeténél fogva jelentős elkenést visz a rendszerbe (kiszélesedett pontválaszfüggvény). Ezt jelzi az operátor szinguláris értékeinek már említett meredek csökkenése. Ennek következtében az inverz probléma kapcsán jelentős zajerősítéssel kell számolni. Az operátor által indukált bázisban a mért adatsor is kifejtethető, és a diszkrét Picard feltétel szerint megvizsgálható, hogy az adott (operátort használó) iterációs séma szempontjából mely spektrális komponensek hordoznak hasznos információt, és melyek azok, amik már belevesznek a zajba. Ekkor tehát nem lehet egyszerűen kitranszformálni a szinguláris értékeket, mert azzal a mérés (általában igen jelentős mennyiségű) zaját erősítenénk. A zajmentes esetre kidolgozott eljárásból kiindulva sikerült olyan, a mért adatsorhoz hangolt spektrális szűrőt tervezni, melynek segítségével gyorsabb konvergenciát, és minden iterációs lépésben jobb képet sikerült elérni, mint az eddigi legpontosabb, a pozitronvándorlást a visszavetítésben elhanyagoló iterációs sémával. Jelen kutatás célja tehát megtalálni a visszavetítő

operátor ideális alakját, azaz egy adott mérési eredményből legtöbb információt kinyerni képes operátort, az említett szinguláris érték szűrési technikával (SVD-filter).

Irodalom

- [1] Anna Pyzara, Beata Bylina, Jarosław Bylina: The influence of a matrix condition number on iterative methods' convergence, , Institute of Mathematics, Marie Curie-Skłodowska University, ISBN: 978-83-60810-22-4
- [2] Geoffrey McLachlan, Thriyambakam Krishnan, The EM Algorithm and Extensions, 1997
- [3] PANNI – PET Aimed Novel Nuclear Imager; Forward Monte Carlo based image reconstruction software for Positron Emission Tomography corresponding to code Revision 664; General description; Coding: Á. Cserkaszký, Á. Szlávecz, D. Légrády, G. Tolnai; contact: legrady@reak.bme.hu
- [4] Rózsa Pál, Lineáris algebra és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974, ISBN: 963 10 0018 4
- [5] Per Christian Hansent: Numerical tools for analysis and solution of Fredholm integral equations of the first kind, UNI-C, Danish Computing Center for Research and Education, Building MS, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denmark
- [6] D. Légrády and Á. Cserkaszký: GPU BASED MONTE CARLO FOR PET IMAGE RECONSTRUCTION DETECTOR MODELING
- [7] Somai Vencel: ML-EM PET iteratív képrekonstrukció felbontásvizsgálata pozitronvándorlás modellezésével, BME Fizika Bsc szakdolgozat 2016.

MAMMOGRÁFIÁS MIRIGYDÓZIS MÉRÉSES MEGHATÁROZÁSÁNAK NÉHÁNY GYAKORLATI KÉRDÉSE

Porubszky Tamás, Elek Richárd

Országos Közegészségügyi Központ Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Igazgatósága (OKK OSSKI), Munkahelyi Sugárvédelmi Osztály, Budapest

Célkitűzés. A mammográfiás mirigy dózis (Average Glandular Dose, AGD) a mammográfiás képalkotás egy fontos minőségi paramétere [1], amelyet levegőkerma mérésével és több korrekciós tényező alkalmazásával lehet meghatározni. Hazánkban elsőként *Giczi Ferenc* és munkatársai végeztek ilyen vizsgálatokat, 1994-ben a győri régió területén, 7 munkahelyen [2], majd két NAÜ projekt keretében: 1999-2000-ben 3 helyen (OOI, HIETE, Vas. M. Kh.) [3], illetve 2005-2008-ban is több helyen; a magyar fél az utóbbi projektben koordinátor is volt [4]. Az OKK OSSKI-ban a közelmúltban kezdtük el ennek rendszeres mérését, az átvételi vizsgálatok keretébe illesztve. A mammográfiás energiatartományban (22-35 kV) való mérések több sajátos kérdést vetnek fel, ezekre kerestük a válaszokat. Igaz-e itt is, hogy az ionizációs kamrák energiafüggése elhanyagolható? Igaz-e, hogy sugárelnyelésük elhanyagolható? Lehet-e a felvételi automatika által beállított expozíció közben mérni, vagy manuálisan kell beállítani azonos paramétereket? Mi a jobb, megbízhatóbb mérőeszköz: az ionizációs kamra vagy az – adott sugárminőségre kalibrált – félvezető detektor? Mi az ideális geometriai elhelyezés? Kell-e korrigálni a visszaszórásra (ahogyan TLD esetén [5])?

Módszerek. A konszenzusosnak tekinthető mérési eljárást több európai és nemzetközi dokumentum is leírja [6-8], de nem elég részletesen ahhoz, hogy a fenti kérdésekre megnyugtató választ kaphassunk. Ezért munkánk során kísérletezéssel igyekeztünk megtalálni a válaszokat, ezt konzultációkkal és irodalomkutatással egészítettük ki. 2015 novemberében az OKK OSSKI-ba kihelyezett páciensdozimetriai IAEA-tréning keretében mammográfiás mérési gyakorlatra is sor került. Saját vizsgálataink során RTI (Svédország) gyártmányú Barracuda röntgenparaméter-mérő eszközt és hozzá kapcsolt Magna 1cc ionizációs kamrát, illetve – több mammográfiás sugárminőségre kalibrált – félvezető detektort (MPD, Multi-Purpose Detector) alkalmaztunk [9]. A mérés lényege, hogy az automatikus felvételi szabályozás (AEC) által adott emlőre/fantomra beállított paraméterek mellett kell belépőoldali bőrdózszt mérni, a belépőoldali bőr távolságára korrigálva.

Eredmények. Eddig több mint egy tucat átvételi vizsgálat során végeztünk dozimetriai méréseket. Legelső tapasztalataink egyike, hogy az ionizáció kamra árnyéka a mammográfiás képalkotás során jelentős, jelenléte az automatika által beállított dózisérték mintegy megduplázódását okozza. Ezért, ha nem lehetséges a kamrát az ún. dominánsmezőn kívül elhelyezni (tehát ha az egész képmező az AEC jelforrása), akkor az AEC által beállított paraméterek manuális újrabeállítása során kell a dózismérést elvégezni (ezt „behelyettesítéses módszernek” nevezik). Előadásunkban elemezzük a geometriai elrendezés különböző lehetőségeinek előnyeit és hátrányait. A detektorok gyártója megerősítette azt a – mérések alapján kialakult – sejtésünket, hogy az adott energiákon az adott ionizációs kamra hátlapján keresztül bejutó visszaszórt sugárzás elhanyagolható, nem éri el az 1 %-ot [10-11].

Következtetések. Bár az ionizációs kamra energiafüggése tényleg kicsiny és elméletileg ideális detektornak tekinthető, a gyakorlatban azonban a visszaszórásra nem érzékeny (ólmozott hátlapú), könnyebben kezelhető MPD félvezető detektor alkalmazása – még ha minden esetben megismételt expozíciót igényel is – megbízhatóbb eredményekre vezet.

Irodalom (hivatkozások)

- [1] Péntek Z.: személyes közlés. Ld. még az alábbi 5-8. hivatkozásokat.
- [2] Giczi F., Pellet S., Halmai O., Ballay L. et al.: Mammográfiás tevékenység technikai paramétereinek és páciensdózisainak vizsgálata. Magyar Radiológia 69/3, 67-72 (1995)
- [3] IAEA-TECDOC-1447: Optimization of the radiological protection of patients: Image quality and dose in mammography (coordinated research in Europe). Results of the Coordinated Research Project on Optimization of Protection in Mammography in Some Eastern European States. IAEA, Vienna, 2005.
- [4] IAEA Human Health Series No. 4: Implementation of the International Code of Practice on Dosimetry in Diagnostic Radiology (Technical Reports Series No. 457): Review of Test Results. IAEA, Vienna, 2011.
- [5] European Commission: European Protocol on Dosimetry in Mammography. EUR 16263 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996., pp.16-17
- [6] IAEA Technical Report Series No. 457: Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice. IAEA, Vienna, 2007., pp. 155-172:
- [7] European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. Fourth Edition. Perry N, Broeders M, de Wolf C, Törnberg S, Holland R, von Karsa L, Putthar E (eds). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006., pp. 83, 130, 157-161

- Ennek 2. fejezete magyarul: Európai protokoll a mammográfiás szűrés fizikai és technikai minőségellenőrzéséhez: Ennek kiegészítése: European Commission: European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. Fourth Edition – Supplements. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union, 2013., pp. 34-37:
- [8] EFOMP Mammo Protocol: Quality Controls in Digital Mammography – Protocol of the EFOMP Mammo Working Group (leader: G. Gennaro), March 2015., pp. 42-43
- [9] Barracuda & QABrowser Reference Manual – English – Version 4.3A. RTI Electronics AB, 2012., pp. 132-146
- [10] Application Note 1-AN-52020-2: How to measure ESAK and average glandular dose correctly with a Barracuda MPD or ionization chamber. Rev. B. RTI Electronics AB, 2005. –
- [11] S. Stureson: személyes közlés

TERANOSZTIKAI CÉLÚ GYÓGYSZERHORDOZÓ NANORÉSZECSKÉK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS JELLEMZÉSE

Milecz-Mitykó Richárd¹, Dóczi Rita¹, Wacha András Ferenc², Varga Zoltán²

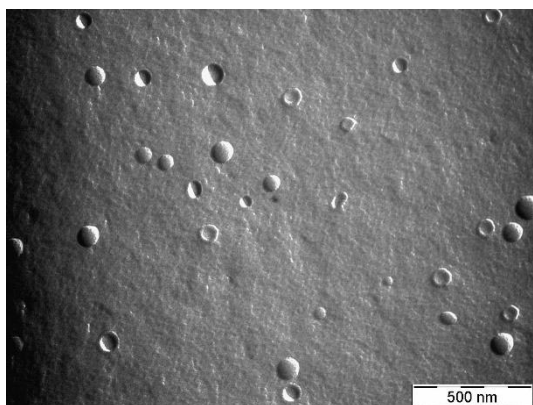
¹BME Nukleáris Technikai Intézet,

²MTA TTK Anyag- és Környezetkémiai Intézet

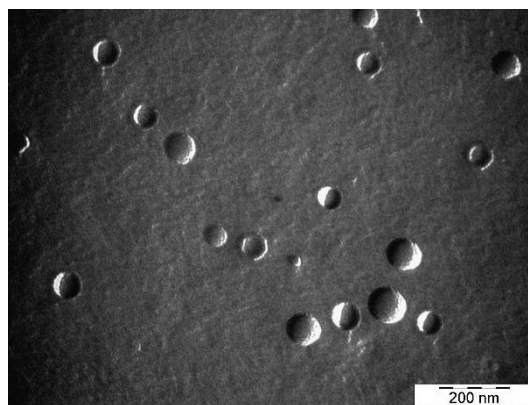
Célkitűzés: A munka célja diagnosztikai célú 100 nm átmérőjű sztérikusan stabilizált liposzómák (SSL) előállítása és jellemzése méret, morfológia, összetétel és belső felépítés szempontjából.

Módszerek: Az SSL mintát az MTA Természettudományi Kutatóközpontban nanorészecskék vizsgálatára jellemzően használt fagyasztva töréssel kombinált transzmissziós elektronmikroszkópiával (FF-TEM), dinamikus fényszórással (DLS), csillapított teljes reflexiós infravörös spektroszkópiával (FTIR-ATR), továbbá kisszögű röntgenszórással (SAXS) vizsgáltam.

Eredmények: A gömbszerű (lásd 1. ábra) részecskék átlagos mérete 102,62 nm 9.23 nm szórással, polidiszperzitás indexe 8,99%

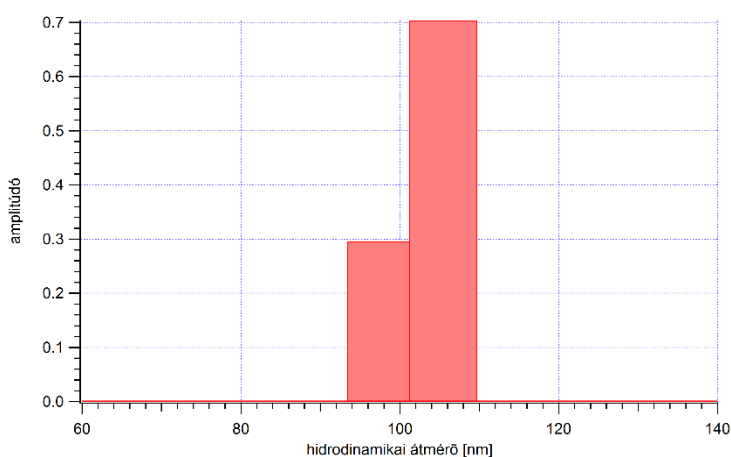


8000-szeres nagyítás

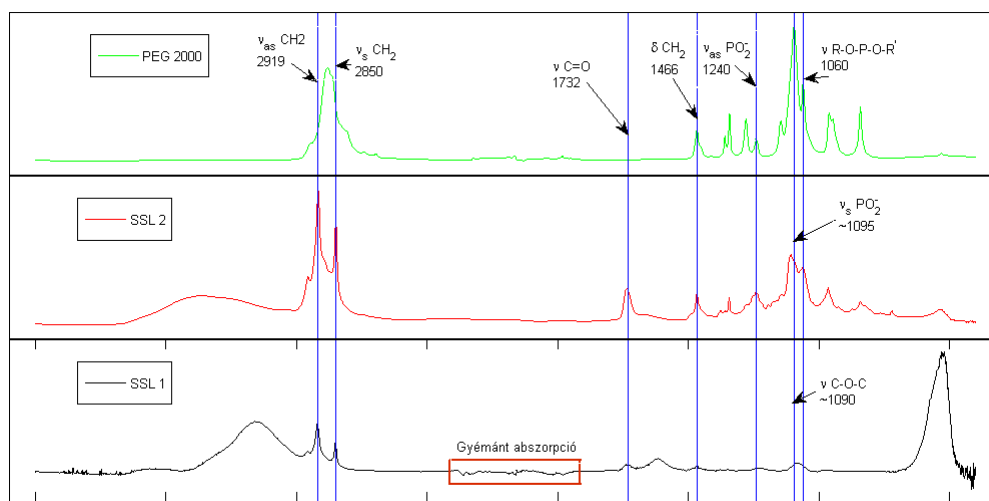


13000-szeres nagyítás

1. ábra: A mintáról készült FF-TEM képek

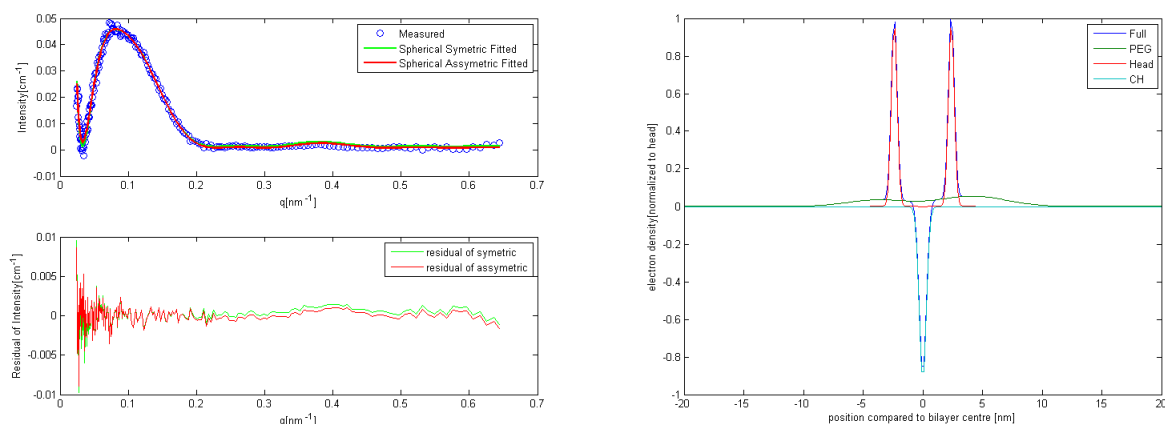


2. ábra: A minta nanorészecskéinek méreteloszlása DLS mérés alapján



3. ábra: PEG 2000, PBS közegő elpárolgatott közegű minta és FTIR-ATR spektruma

Az elkészített minta abszorbancia spektrumán bizonyos csúcsok olyan molekula gerjesztési frekvenciákhoz kapcsolhatók (3. ábra) melyek foszfolipidek és PEG jelenlétére utalnak.



4. ábra: SAXS intenzitás és arra történt illesztés (bal), SSL minta kettősrétegeinek elektronsűrűség keresztmetszete aszimmetrikus Gauss-os modell alapján (jobbra)

A minta SAXS intenzitás görbéjére MATLAB-ban írt scriptel Gauss-görbéket használó modellek alapján görbéket illesztettem (4. ábra). Az illesztés alapján kapott paraméterek az előállított és vizsgált liposzómák foszfolipid kettősrétegeinek átlagos elektronsűrűség keresztmetszetét jellemzik (az egyik modell eredménye ábrázolva a 4. ábrán látható).

Következtetések: A kapott eredmények alapján az előállított részecskék a kezdeti méret, összetétel és felépítés specifikációknak megfeleltek.

Irodalom

[1] Milecz-Mitykó Richárd BSc szakdolgozata, Teranosztikai célú gyógyszerhordozó nanorészecskék előállítása és jellemzése, BME 2016

INTRAVASZKULÁRIS ULTRAHANG (IVUS)

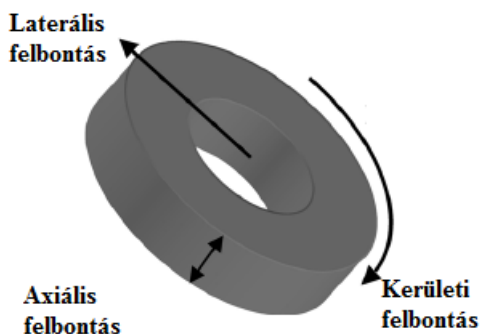
Bakacs Eszter Katalin, Dóczy Rita

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technikai Intézet

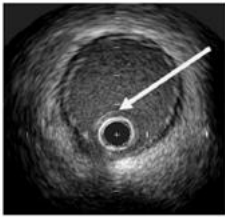
Bevezetés: Az intravaszkuláris ultrahang vizsgálati módszert a 90-es években kezdték el használni Magyarországon. Jelenleg több budapesti és vidéki kórházban is alkalmazzák ezt a technikát. Ennek ellenére szinte alig található róla magyar szakirodalom. A munkánk célja egy monográfia elkészítése volt, melyben a témához kapcsolódó fizikai, és biológiai ismereteket és a fejlesztések irányait foglaltuk össze. A szív- és érrendszeri (kardiovaszkuláris) betegségek, ezen belül is a CAD (szívkoszorúér betegségek) világszerte nagy arányban vannak jelen. Fontos a megelőzés, a kezdeti, kialakulóban lévő lerakódások (későbbiekben plakkok) felismerése, illetve a már véráramlást erősen befolyásoló nagyobb plakkok, elzáródások helyének pontos meghatározása. Az erek belső struktúrájának, plakkok összetételének feltérképezése egy az 1980-as évek végén kifejlesztett ultrahangos technikával, az intravaszkuláris ultrahanggal (IVUS) lehetséges, mely a legkorábbi érvizsgálati beavatkozás. 1971-ben Bom és társai Hollandiában fejlesztették ki az első IVUS katétert, majd később, az 1980-as években Yorknak sikerült rögzíteni az első képet ezzel a technikával. Ez a módszer jelentősen megnövelte a korai felismerést, a koronagráfiához képest, mely csupán az erek külső átmérőjének változásáról tud információt szolgáltatni. Emellett stent beültetését, és PCI-t (Percutaneous coronary intervention) megelőzően és követően fontos információk nyerhetők.

Megbeszélés: Az intravaszkuláris ultrahang egy nagyfrekvenciát (20-40MHz) alkalmazó technika. Átmérőjét tekintve 2,6-3,5 Fr (≈ 1 mm) közé tehető. Egy vezető drót segítségével, röntgenes ellenőrzés mellett, a katétert a vizsgálni kívánt érszakasz túlsó végére helyezik, majd egy léptető motor egyenletes sebességgel húzza vissza. Eközben kétdimenziós keresztmetszeti képsorozatot készítenek, és ezt a folyamatot akár többször is megismétlik. A kapott képekből kontúrozást követően megtudható, hogy milyen mértékű az érszűkület. Ez az úgynevezett luminális mérőszámokkal adható meg.

IVUS beatvakozásnál használt eszközök: A 360 fokos kép elkészítéséhez két módszert alkalmaznak az ultrahang nyaláb körbeforgatásához. A transzducerek egyik fő csoportja az úgynevezett mechanikus transzducer, melynek lényege, hogy egy motor segítségével körbeforgatják az egyelemű ultrahang forrást. A nyaláb nem minden esetben merőleges a katéter axiális tengelyére (β) (pl Forward Looking IVUS). A másik típus az elektronikus transzducer. Itt a lapkák egy teljes kört alkotnak (64, 128 elemű), így szükségtelenné válik a forgatás. A kristályok egymás után, meghatározott sorrendben lépnek működésbe, hogy ne zavarják egymás transzmittált jelét. A nyaláb előállításánál több szomszédos elem is működésbe léphet, azaz a

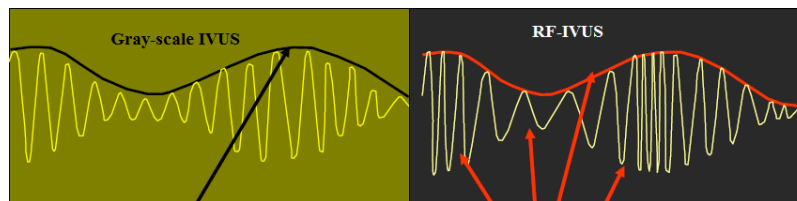


közvetlenül szomszédos elemek aktiválásával fókuszálni tudjuk a nyalábot egy megfelelő időbeni késleltetéssel (time delay). Napjainkban az IVUS technikával kapcsolatos fejlesztések nagy hangsúlyt fektetnek az egyre nagyobb frekvencia elérésére (80 MHz). A magasabb frekvencia a felbontás javulását is eredményezi mindhárom típus esetén, hiszen a hullámhosszal fordítottan arányos. Ez az ultrahang nyaláb divergenciájának csökkenésével is összefüggésben áll.



A pozitív hatásai mellett azonban a Fresnel-zóna megnövekedését is eredményezi. Közeltérben a nyaláb divergenciája elhanyagolható, de a nagy amplitúdójú, oszcilláló jel alkalmatlan a vizsgálatra. Ez az IVUS képen a ring-down (fényes gyűrű) műtermék megjelenését eredményezi.

A frekvencia növelésével a behatolási mélység csökken. Erek esetén megengedhető a nagy frekvencia, hiszen az artéria átmérője (4mm) nem nagyobb a behatolási mélységnél. A képfeldolgozási technikákat illetően jelentős változást hozott a rádiófrekvenciás jelfeldolgozás a Gray-scale (szürkeskála) módszerhez képest. A jel intenzitásán (amplitúdó) túl a frekvencia összetételét is figyelembe veszi. Ez lehetőséget ad arra, hogy a kvantitatív elemzésen túl kvalitatív, szövettani elemzést is végezhessünk. A spektrális jelanalízis (pl. FFT) után színek segítségével jelölik az adott frekvenciájú szövetet.



ARZÉN-74 IZOTÓP: ÚJ POTENCIÁL A TERANOSZTIKÁBAN

Oláh Zita¹, Andreas Vogg², Kremmer Tibor³, Dóczi Rita¹

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technikai Intézet

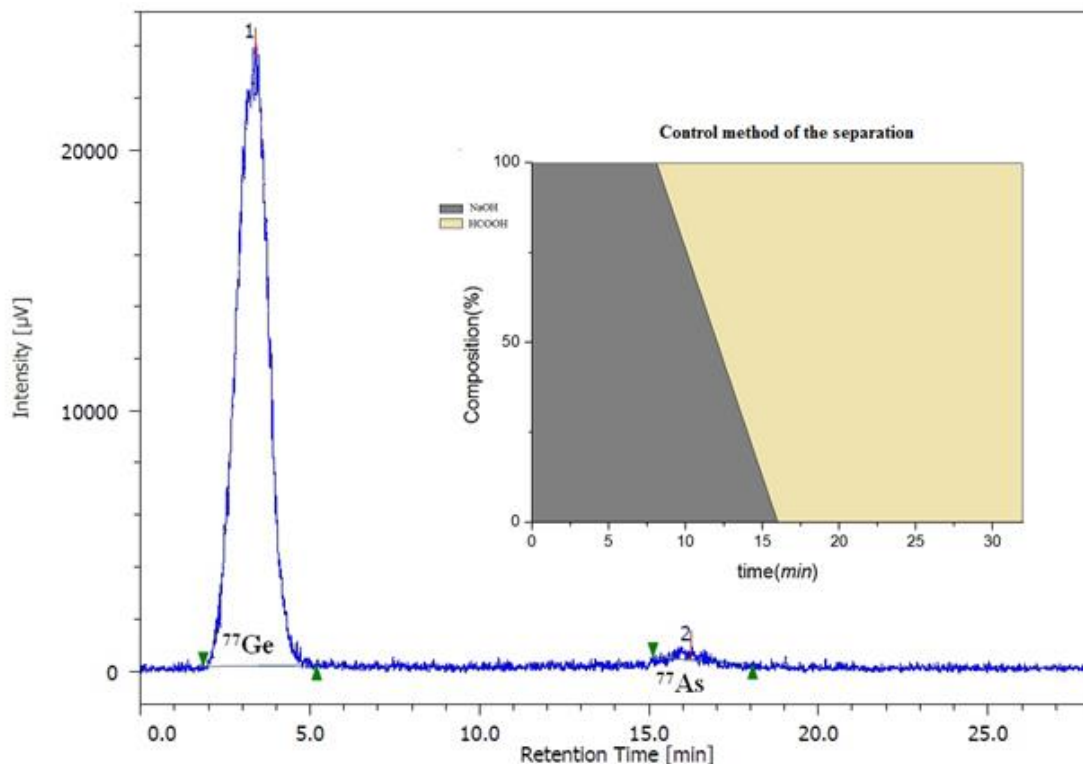
²Aacheni Rajnai- Vesztfáliai Egyetemi Kórház, Nukleáris Medicina Tanszék

³Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Kémiai Intézet

Bevezetés: Új, anioncserélő kromatográfiás eljárást fejlesztettünk ^{77}As izotóp besugárzott GeO_2 targettól történő elválasztására. A kidolgozott módszert adaptáltuk ciklotronnal előállított ^{74}As izotóp esetén is, ahol az elválasztott ^{74}As -frakciót liponsavval történő kapcsolási reakció optimalizálására alkalmaztuk.

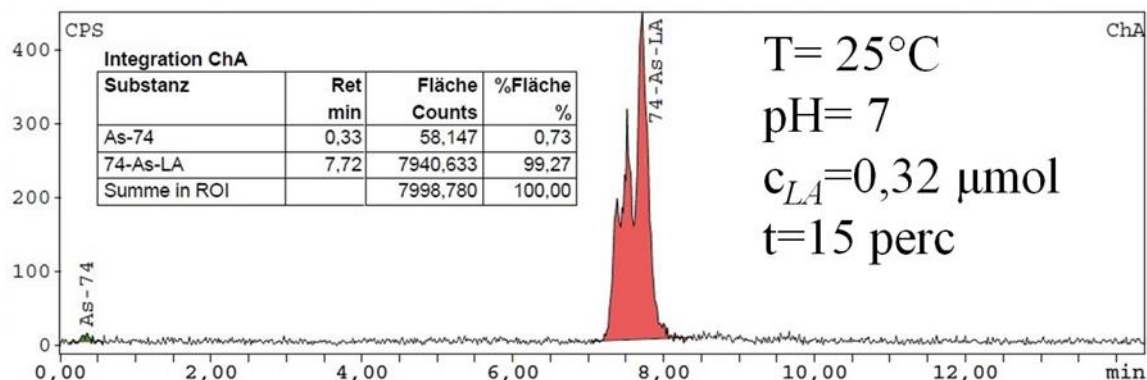
Módszerek: A besugárzott GeO_2 -tól az arzént anioncserélő gyantát tartalmazó *Pharmacia HR5/5* kromatográfiás oszloppal választottuk el. A kromatogram csúcsaihoz tartozó frakciókat a detektálás után well-kémcsövekbe gyűjtöttük, és azokat gamma spektrométerrel detektáltuk. A kidolgozott folyadékkromatográfiás módszert sikeresen alkalmaztuk $^{\text{nat}}\text{GeO}_2/^{74}\text{As}$ rendszer esetén is. Az elválasztott ^{74}As frakciót liponsav jelölésére használtuk fel. Szisztematikusan vizsgáltuk a jelölési reakció körülményeit (az oldat pH-ját, a liponsav koncentrációját, a reakció hőmérsékletét, illetve a reakcióidőt). A ^{74}As -liponsav jelölési hatásfokának ellenőrzéséhez és a szervesen komponensektől való elválasztásához *Chromolith* (50*3 mm) típusú monolit kromatográfiás oszlopot használtunk.

Eredmények és diszkusszió: A kromatográfiás elválasztás során alkalmazott eljárás lépései az első ábrán látható. Az elválasztott ^{77}As frakció radionuklidos tisztasága 99.91% volt. A liponsav arzénnel történő jelölése esetén a reakció körülményei és az elválasztás hatásfoka a második ábrán van felülítve.



1. ábra: $^{77}\text{As}/\text{GeO}_2$ rendszer kromatogramja elválasztás után

Az új anioncserélő kromatográfiás módszerrel elválasztott, tiszta arzén frakciót liponsav jelölésére használtuk fel. Az arzénal jelzett liponsav, köszönhetően az izotóp fizikai tulajdonságainak (EC és β^+ bomlási módok) további vizsgálatok után radiógyógyszerként alkalmazható a diagnosztikában és/vagy a terápiában.



2. ábra: ^{74}As izotóppal jelzett liponsav kromatogramja, az optimális jelölési reakció körülményeivel

A munka a TÉT_12_DE-1-2013-0013 projekt keretén belül valósult meg

Irodalom

- [1] Oláh Z., Szűcs Z., Varga Z., Dóczy R., 2015. Development of $^{77}\text{Ge}/^{77}\text{As}$ parent-daughter system for periodic removal of ^{77}As for environmental sanitation and biochemical purposes. Radiochim. Acta 103 (12), 871-877
- [2] Oláh Z., T. Kremmer, A. T. Vogg, Szűcs Z., Varga Z., Dóczy R., 2016. Novel anion exchange chromatography methods for nca. Arsenic separation. Appl. Rad. And Isot. Submitted

MÉHNYAKDAGANATOK CT-ALAPÚ, TÚZDELÉSSSEL KIEGÉSZÍTETT INTRAKAVITÁLIS BRACHYTERÁPIÁJA – ELSŐ DOZIMETRIAI TAPASZTALATOK

Fröhlich Georgina, Vízkeleti Júlia, Anhhong Nhung Nguyen, Mészáros Norbert, Major Tibor, Polgár Csaba

Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, Budapest

Célkitűzés: A Magyarországon elsőként bevezetett CT-alapú, tűzdeléssel kiegészített intrakavitális méhnyak brachyterápiás kezelések dozimetriai elemzése és a hagyományos dózistervezési technikával való összehasonlítása.

Módszerek: Osztályunkon 2016 áprilisa óta 8 méhnyakrákos betegnél (St. II/B: 5, St. III/B: 3), összesen 21 tűzdeléssel kombinált üregi brachyterápiát végeztünk. A kezelésre kiválasztott betegek teleterápia utáni MR-képei alapján megterveztük a beültetni kívánt tűk helyzetét, majd béllelőkészítés után általános anesztéziában behelyeztük a CT-kompatibilis nőgyógyászati applikátort, és ezt követően az erre a célra kialakított lyukakon keresztül beszúrtuk a tervezett tűket. A húgyhólyag leeresztése után CT-vizsgálatot végeztünk, majd a képek alapján elkészítettük a besugárzási tervet, amelynél a GEC-ESTRO Nőgyógyászati Munkacsoport ajánlásait vettük figyelembe a céltérfogat, a céltérfogat dózislefedettségének és a védendő szervek biológiai toleranciadózisainak meghatározásakor. Minden esetben elkészítettük a hagyományos, A-ponton alapuló, tűk és optimalizálás nélküli besugárzási tervet is, és azt az intersticiális tervvel összevetettük.

Eredmények: A beültetett tűk medián száma 3 (tartomány: 2-4), a nagy kockázatú céltérfogat (High Risk CTV; HR-CTV) átlagos térfogata $38,9 \text{ cm}^3$ ($8,3\text{-}100,2 \text{ cm}^3$) volt. A HR-CTV dózislefedettsége (Coverage Index; CI) tűzdeléssel 0,90, hagyományos technikával 0,83 volt ($p=0,0853$). A V150, V200 paraméterekben és a dózishomogenitásban nem volt szignifikáns különbség. A hólyag, a végbél és a szigmabél is szignifikánsan kevesebb dózist kapott tűzdeléssel: $D2(h) = 4,9 \text{ Gy}$ vs. $7,1 \text{ Gy}$ ($p=0,0004$), $D2(r) = 3,1 \text{ Gy}$ vs. $6,5 \text{ Gy}$ ($p<0,001$) és $D2(s) = 3,6 \text{ Gy}$ vs. $5,3 \text{ Gy}$ ($p=0,0245$) a tűzdeléssel és a hagyományos tervezési technika esetén. A beültetett tűk száma a rektum dóziséval ($D2(r)$) korrelált, 3 tű esetén átlagosan $3,8 \text{ Gy}$ -t, 4 tű beültetésekor 2 Gy -t kapott ($p=0,0228$). A céltérfogat nagysága a hólyag, a végbél és a szigmabél dóziséval ($D2$) is lineáris összefüggést mutatott (rendre $r^2=0,62$, $0,55$ és $0,75$).

Következtetések: A méhnyak daganatok CT-alapú intersticiális technikával kiegészített intrakavitális brachyterápiáját sikeresen bevezettük osztályunkon. A dozimetriai eredmények mind a céltérfogat dózislefedettsége, mind a védendő szervek dózisainak tekintetében a szakirodalommal összemérhetők, és a hagyományos kezelési technikáénál kedvezőbb értékeket mutattak.

INTERSTICIÁLIS BRACHYTERÁPIA ÉS INTENZITÁSMODULÁLT TELETÉRÁPIA DOZIMETRIAI ÖSSZEHASONLÍTÁSA GYORSÍTOTT RÉSZLEGES EMLŐBESUGÁRZÁS ESETÉN

Stelczer Gábor^{1,2}, Pesznyák Csilla^{1,2}, Mészáros Norbert¹, Polgár Csaba¹, Major Tibor¹

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technika Intézet

Célkitűzések: Gyorsított részleges emlőbesugárzás (APERT) esetén dozimetriailag összehasonlítani az intersticiális brachyterápiát (IBT) és az intenzitásmodulált teletérápiát (IMRT), különös tekintettel a normál szövetek és védendő szervek dózisterhelésére.

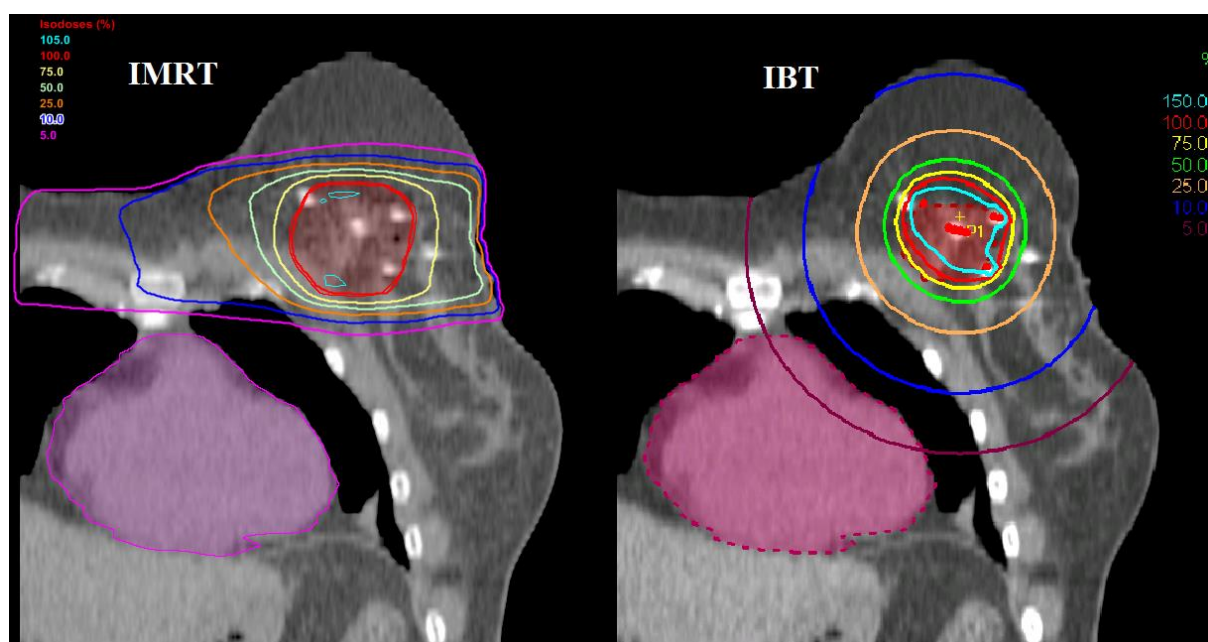
Módszerek: Vizsgálatunkhoz véletlenszerűen választottunk ki 34 esetet az intézetünkben korábban IBT-vel kezelt korai stádiumú emlődaganatos betegek közül. Minden beteg esetén az IBT-hez készült CT-felvétel és kontúrok alapján IMRT-s besugárzási tervet készítettünk. Védendő szervként figyelembe vettük az azonos oldali emlő céltérfogaton kívüli részét, az ellen oldali emlőt, mindkét oldali tüdőt, a bőrt, a bordákat és a szívet bal oldali daganatnál. A céltérfogatok meghatározásához a klippekkel határolt szeróma alapján berajzoltuk a tumorágyat, majd a szövettani lelet alapján azt az ép sebési szélek figyelembe vételével 6 irányban különböző nagyságú margókkal terjesztettük ki a CTV meghatározásához. Az IMRT-s terveknél a CTV-t további 5 mm-rel terjesztettük ki a PTV meghatározásához. Az összehasonlíthatóság érdekében az előírt dózis mindkét technikánál 7 x 4,3 Gy, azaz összesen 30,1 Gy volt. A tervek kvantitatív elemzéséhez kigyűjtöttük a minimum, maximum és átlag dózisokat, Vxx% és Dxx% értékeket (Vxx% egy adott szerv azon relatív térfogata, mely az előírt dózis legalább xx%-át kapja, míg Dxx% az a dózis, mellyel adott térfogat xx%-át besugarazzuk), a szervek térfogatát és a referencia 95%-os (28,6 Gy) izodózisfelület által határolt térfogatot.

Eredmények: A céltérfogatok dózis ellátottsága mindkét technikával kielégítő volt, de az IMRT biztosította a jobb lefedettséget. Az átlagos V95 értékek 94,0% vs. 99,7% voltak az IMRT javára. Az IMRT technikának jobb a konformalitása (azonos oldali emlő céltérfogaton kívüli részére V100 0,4% vs. 2,4%) és homogenitása (HI: 0,1 vs. 2,7) is. A nagy dózisokat leszámítva, az azonos oldali emlő céltérfogaton kívüli része kisebb dózisterhelést kapott IBT technikával. A V90 érték az IBT és IMRT technikáknál rendre 3,6% és 4,8% volt, míg a V50 paraméterek 13,7% és 25,5%. Az azonos oldali tüdőt jobban lehet védeni IBT kezeléssel. Az átlag tüdő dózisok 5,1% vs. 7,1%, a D_{1cm^3} 39% vs. 54,3% és a V5 32,9% vs. 41,7% voltak rendre az IBT javára. Bal oldali esetekben a szív nagyobb átlagos dózist kapott IBT technikával, 4,5% vs. 2,0%. A bőr jelentős térfogata azonos dózis terhelést kapott a két technikával, azonban a maximum dózis nagyobb volt IMRT technikával, $D_{0,1cm^3}$ 76,6% vs. 94,4%. A bordák kevesebb dózist kaptak IBT technikával, D_{1cm^3} 45,6% vs. 69,3%. Az ellenoldali emlő és tüdő terhelése alacsony volt mindkét technika használatával. Szignifikáns különbség nem volt, de a D_{1cm^3} paraméterek alacsonyabbak voltak IBT technikával, 3,2% vs. 6,7% az emlőnél és 3,7% vs. 5,6% a tüdőnél. Az IMRT technika előnye, hogy az emlőben bárhol elhelyezkedő céltérfogatok kezelése megvalósítható vele, míg IBT technikával nem minden esetben kivitelezhető a katéterek behelyezése.

Következtetések: A céltérfogatok mindkét technikával kiválóan ellátható. A szív kivételével a brachyterápiás kezelés jobban kíméli a védendő szerveket és normál szöveteket. Az IBT technika összességében dozimetriailag előnyösebb kezelés gyorsított részleges emlőbesugárzások végzésére, azonban az IMRT technika is egy jó alternatíva minden olyan esetben, amikor brachyterápiás kezelés valamilyen okból nem végezhető el.

Irodalom

- [1] Njeh CF, Saunders MW, Langton CM. Accelerated Partial Breast Irradiation (APBI): A review of available techniques. *RadiatOncol* 2010;5:90.
- [2] Lettmaier S, Kreppner S, Lotter M, et al. Radiation exposure of the heart, lung and skin by radiation therapy for breast cancer: A dosimetric comparison between partial breast irradiation using multicatheter brachytherapy and whole breast teletherapy. *RadiotherOncol* 2011;100:189-194.
- [3] Major T, Stelczer G, Pesznyák Cs, et al. Multicatheter interstitial brachytherapy versus intensity modulated external beam therapy for accelerated partial breast irradiation: A comparative treatment planning study with respect to dosimetry of organs at risk. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2016.08.003>



1. ábra: Jellemző dóziseloszlások coronális metszetben

KÉPVEZÉRLÉSI PROTOKOLL KIDOLGOZÁSA VARIAN TRUEBEAM GYORSÍTÓRA

Tódor István Szabolcs¹, Stelczer Gábor^{1,2}, Vékás Márton¹, Ágoston Péter¹, Pesznyák Csilla^{1,2}, Major Tibor¹, Polgár Csaba¹

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás központ, Budapest

²BME, Nukleáris Technika Intézet

Célkitűzés: A modern sugárterápiában alkalmazott nagy konformitású intenzitásmodulált (IMRT) technikák megkövetelik a lehető legnagyobb pontosságú betegpozicionálást, amely nélkülözhetetlenné teszi a képvezérlés (IGRT) alkalmazását [1]. A jelen tanulmány célja egy olyan képvezérlési protokoll kidolgozása, amely biztonságosabbá és pontosabbá teszi a betegbeállítást a Varian TrueBeam besugárzó készülékein.

Módszer: A betegek beállítása elsőként a bőrre tetovált referencia pontokhoz történik, majd elmozdítjuk az asztalt a tervben szereplő eltolási értékekkel. Nehézséget okoz, hogy a TrueBeam asztalkoordinátái nem nullázhatóak (az asztal csak abszolút koordináták kijelzésére képes), így ki kell számolni az asztal cél koordinátáit. Ez nem csak időigényes folyamat, de hibalehetőséget is hordoz magában. Kezelés előtt úgynevezett "cone beam" CT (CBCT) felvételt készül, mely alapján "on line" meghatározásra és korrigálásra kerülnek a beállítási hibák. Az első három frakció verifikációs CBCT-je alapján "off line" meghatározzuk a betegbeállítás szisztematikus hibáját és a 4. kezelés előtt korrigáljuk a besugárzási tervben szereplő eltolási értékeket. Ha a 4. frakcióban történő verifikáció nem mutat 5 mm-nél nagyobb eltérést egyik irányban sem, akkor az „on-line” korrekció elvégzése előtt feljelölésre kerül a beteg bőrére a szisztematikus hibától mentes izocentrum. A további kezeléseknél már a betegbeállítás az izocentrum jelölések alapján történik, és minden 5. frakcióban újabb verifikáció készül. Ha a verifikációk során bármely irányban 5 mm-nél nagyobb az eltérés, a következő nap ismételt verifikációs felvétel készül. Ha 3 egymást követő napon az eltérés nagyobb, mint 5 mm, akkor az izocentrum pozícióját újra kell számolni és jelölni. Összesen 68 - 22 fej-nyaki és 46 kismedencei lokalizációval kezelt - beteg 739 CT képe alapján végeztük az elemzéseket. A van Herk képlet segítségével meghatároztuk a Varian TrueBeam gyorsítóra jellemző régió specifikus klinikai céltérfogat (CTV) és tervezési céltérfogat (PTV) közti biztonsági kiterjesztéseket [2,3].

Eredmények: A képvezérlési protokollt már 4 hónapja használjuk a klinikai gyakorlatban. A módszer kiküszöböli az abszolút koordináta rendszerben történő asztaleltolásból eredő számolási hiba, illetve előjeltévesztés lehetőségét. Lecsökkenti a CTV-PTV biztonsági zóna nagyságát és a 4. frakciótól a betegek beállításához szükséges időt. Képvezérlési protokoll nélküli kezelések esetén a CTV-PTV biztonsági zóna kismedencei lokalizációkban iránytól függően 8 - 12 mm, míg fejnyaki besugárzásoknál 5-8 mm. Az általunk kidolgozott módszert használva a biztonsági kiterjesztések kismedencei besugárzások esetén irányonként 6 - 7 mm-re, míg fejnyaki besugárzások esetén 5 mm-re csökken. Az irányonkénti CTV-PTV biztonsági zónák értékeit az 1. táblázat mutatja. A nehezen pozicionálható betegeknél a szisztematikus hiba ugyan lecsökken, de a random hiba nagy marad, ezért ezeknél a betegeknél a heti verifikáció nem elegendő.

Következtetések: A képvezérlési protokoll alkalmazásával kiküszöböltük a Varian True Beam gyorsító asztalának relatív koordináta rendszerben történő eltolási problémáját. Javítottuk a betegek beállítási pontosságát, így jelentősen csökkenthetők a CTV-PTV biztonsági kiterjesztések. A nagy random hibával pozicionálható betegek esetén át kell térni napi verifikációra és "on line" korrekcióra.

Lokalizáció	Betegbeállítás	Biztonsági kiterjesztések	Laterális	Vertikális	Longitudinális
fej-nyak	Tetoválás	CTV-PTV kiterjesztés	0,54	0,69	0,76
	IGRT		0,52	0,47	0,45
kismedence	Tetoválás		0,89	1,17	0,79
	IGRT		0,67	0,64	0,63

1. táblázat: Biztonsági kiterjesztések cm-ben laterális, vertikális és longitudinális irányokban

Irodalom

- [1] M. Stock et al., IGRT induced dose burden for a variety of imaging protocols at two different anatomical sites, *Radiotherapy and Oncology* 102, 355–363 (2012)
- [2] A. McKenzie et al., Technical overview of geometric uncertainties in radiotherapy, *Geometric uncertainties in radiotherapy*, British Institute of Radiology, London, 11-47 (2003).
- [3] Major T és mtsai., Képzérelt sugárterápia klinikai alkalmazása daganatos betegek külső besugárzásánál, *Magyar Onkológia*, 56, 258-265, (2012)

BESUGÁRZÁSI TERVEK DOZIMETRIAI VERIFIKÁCIÓJA – MÉRÉSI EREDMÉNYEK, TAPASZTALATOK KAPOSVÁRON

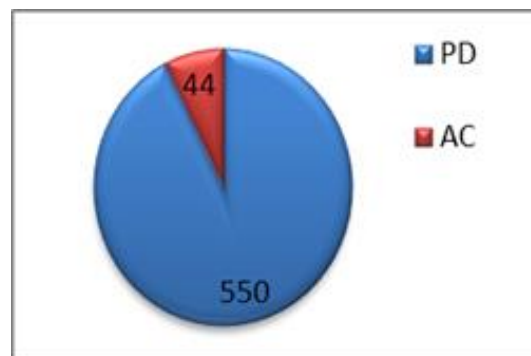
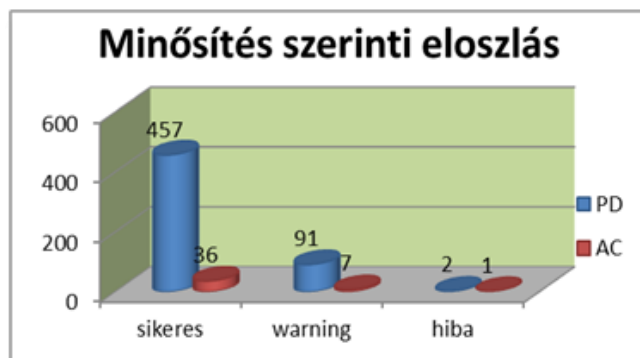
Nagy Péter, Antal Gergely, Glavák Csaba, Kovács Péter, Walter Norbert, Hadjiev Janaki

Onkoradiológiai Intézet, Kaposvári Egyetem Egészségügyi Központ, Kaposvár

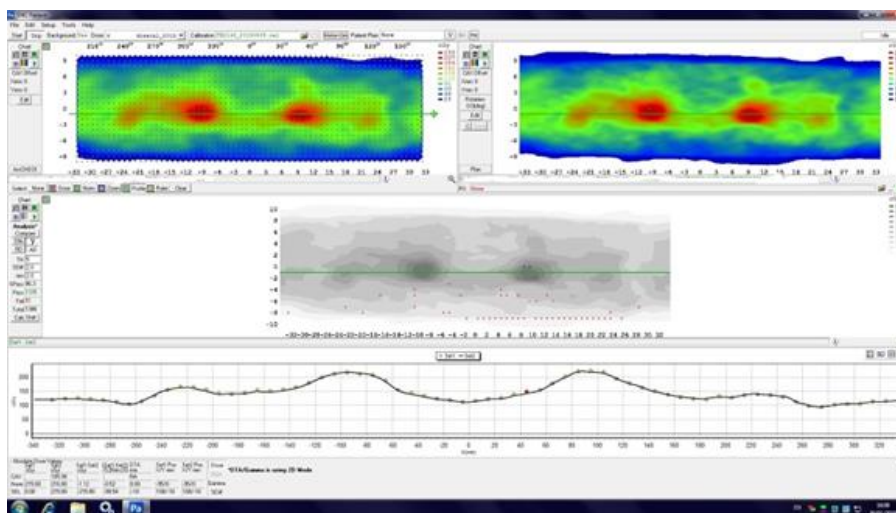
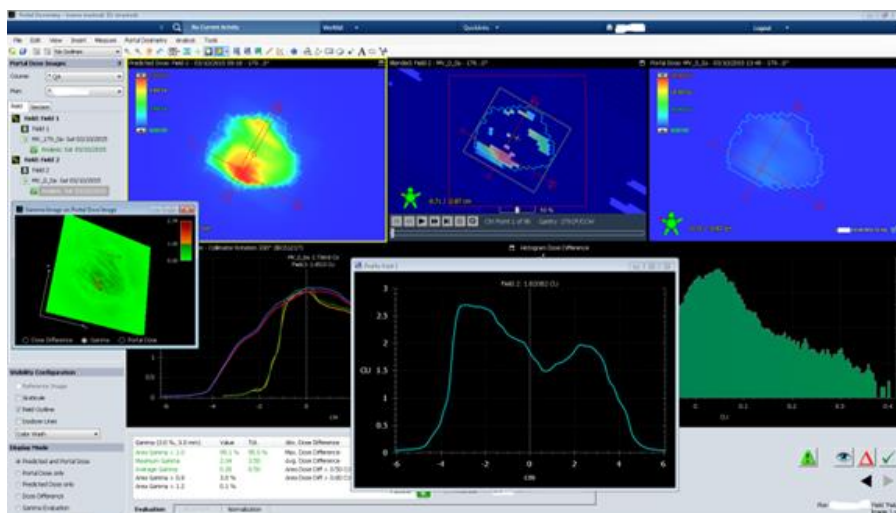
Célkitűzés: A Kaposvári Egyetem Egészségügyi Központjának Onkoradiológiai Intézetében 2015-ben új korszak vette kezdetét, melynek eredményeként új lineáris gyorsítók (Varian TrueBeam 2.0, Varian Clinac IX) és új besugárzás-tervező rendszer (Eclipse 13.0) kerültek telepítésre. Ez a rendszer képes korszerű intenzitás-modulált besugárzási technikák (VMAT, IMRT) felhasználásával a hagyományos terápiához képest homogénebb, konformálisabb sugárkezelést adni a páciensek számára. Ugyanakkor elengedhetetlen minden beteg minden elfogadott tervének a dozimetriai ellenőrzése még a teljes kezelés megkezdése előtt. Ennek a tevékenységnek a részleteit, eredményeit mutatom be.

Módszerek: A célkitűzésben leírt Varian felhasználói környezetben, az External Beam Planning modulban, a fizikus – az előzetesen orvos által elfogadott célterületekre – megtervezte az intenzitás-modulált terv(ek)et és azt a kezelő orvosa kezelésre alkalmasnak találta. Dozimetriai verifikálás kell, beteg nélküli Quality Assurance (QA) terv leadásával. Két lehetőség közül választhatunk Kaposváron: az egyik az ún. Portal Dosimetry (továbbiakban: PD) megavoltos képalkotó segítségével, a másik az ArcCheck (későbbiekben: AC) fantom a hozzátartozó SNC Patient program segítségével.

Eredmények: 2015. május és 2016. szeptember közötti időszakot vizsgáltam. Ez idő alatt összesen 594 mérést végeztünk. 3%, 3mm-es gamma-kritériumnál az adott terv-verifikációt sikeresnek, a tervet kezelésre alkalmasnak ítéltük; ha az eredmény 95% felett adódott, 90-95% között a kezelés egyedi megfontolás tárgyát képezte (figyelmeztetési szint); 90% alatt pedig a verifikációt sikertelennek tekintettük.



Többnyire PD-vel, javarészt sikeres verifikációkat hajtottunk végre. A 2016-os évben eddig 4 alkalommal fordult elő figyelmeztetési szint úgy, hogy a PD-rendszert ezt követően dozimetriailag újralibrálva már ugyanezen tervekre közel 100 százalékos eredményt kaptunk. 34 alkalommal mindkét módszerrel (PD, AC) mértünk. Ezek közül 20 esetben találtunk az elfogadhatóság szempontjából teljes egyezést, 14 esetben pedig a PD és AC ellenőrző technikák közül az egyik a sikeresség százalék-kritériuma alatti, a másik felette lévő értéket adott, melyek közül 1 esetben a rosszabb eredményt adó AC fantom újralibrálása már ott is sikerre vezetett.



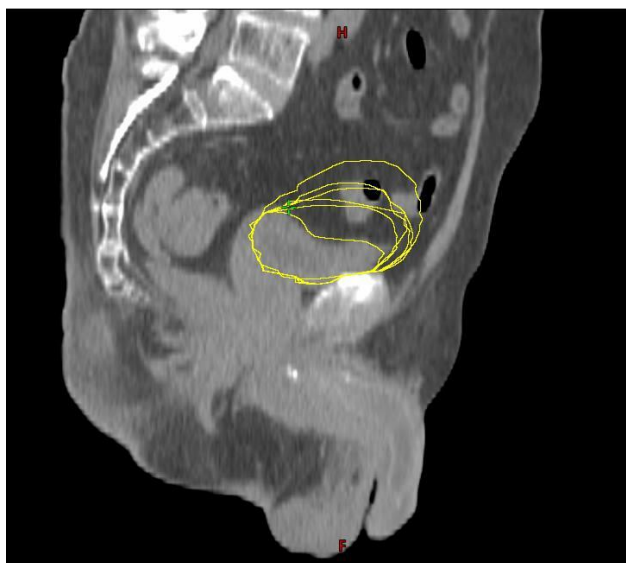
Következtetések: Mindkettő mérési módszernek megvannak a maga előnyei és hátrányai, de mindkettő kiválóan alkalmas verifikálásra. A mindennapos használathoz szoftveres integráltsága, mérési beállítási egyszerűsége, a teljes mérési folyamat kisebb időigénye miatt a PD bizonyult alkalmasabb rutin-eljárásnak, melynek eredményei rendszerint relatíve kis eltérést mutatnak az AC méréseihez képest. A PD esetleges sikertelensége sok esetben jó indikátora a gyorsító sugárminőség-romlásának (pl. hiba, elkalibrálódás). Megfelelő sugárminőség és mérőrendszer-kalibráció esetén viszont joggal feltételezhető, hogy a tervezett kezelés valamilyen egyéb (pl. a kezelőegység fizikai korlátaiból adódó) okból nem kivitelezhető; ilyen esetben – még a betegkezelés megkezdése előtt - mindenképpen módosítanunk kell a besugárzási terven.

MAGAS KOCKÁZATÚ PROSZTATA DAGANATOS BETEGEK HÓLYAGTÉRFOGAT-DÓZIS FÜGGÉSÉNEK VIZSGÁLATA

Gáldi Ádám, Bodakos Dalma, Antal Gergely, Cselik Zsolt

Csolnoky Ferenc Kórház Regionális Onkológiai Centrum, Veszprém

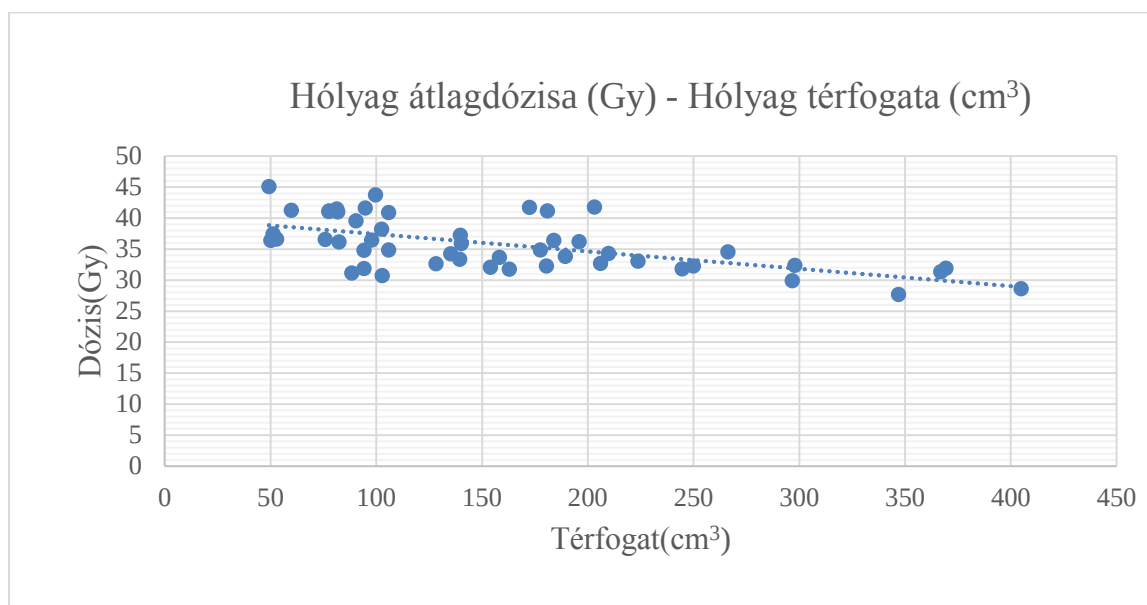
Célkitűzés: 10 darab magas kockázatú prosztata tumoros beteg esetében a hólyagokat ért valós dózisterhelés retrospektív vizsgálata a húgyhólyag térfogatának függvényében. A tervezési CT-re elkészített besugárzási tervek mindig a hólyag egy adott pillanatbeli állapotára vannak optimalizálva, bízva abban, hogy a páciensek a már a tervezési CT előtt meghatározott hólyagteltiségi protokollt a kezelések során mindvégig betartják [1]. Tapasztalataink alapján azonban a betegek instruálása ellenére a hólyagteltiségek a kezelések alatt nagy ingadozásokat mutatnak. Jogosan merül fel a kérdés, hogy ez vajon milyen hatással van a kezelések minőségére.



Hólyagkontúrok vetülete a tervezési CT szagittális metszetén, a CBCT képek alapján

Módszerek: A kiválasztott 10 beteg a nagymezős besugárzása 2Gy/fr. dózissal történt 22 frakcióban. A betegek 1., 6., 11., 16., 21. napi CBCT-jén újra bekontúroztuk az aktuális hólyagtérfogatot, majd ezt a kontúrt felmásoltuk a tervezési CT képsorozatra, amelyen már ismert a kezelés tervének dóziseloszlása. Ebből a tervből nyertük ki a különböző hólyag-állapotokra vonatkozó térfogat, átlagdózis, D_{min} , D_{max} , V20, V30, V40, V44 értékeket.

Eredmények: Előzetes vizsgálataink alapján módszerünk a korrektebb, de hosszadalmasabb, egyedi CBCT-kre történő terv-rekonstrukciós adatértékelés várható eredményeivel jó egyezést mutatott. Vizsgálatunk során azt tapasztaltuk, hogy a betegek, a számukra meghatározott protokollt nehezen tudták tartani, tehát nagyon változó hólyagtérfogattal jelentek meg a kezelésekhöz. Az irodalmi adatokhoz hasonlóan a hólyagtérfogat növekedésével fordítottan arányos volt az átlagdózisok mértéke [2]. Átlagosan körülbelül 22cm³ térfogat növekedés mellett 1Gy átlagdózis csökkenés következett be. Ha a beteg kis hólyaggal érkezett tervezési CT-vizsgálatra, majd ezt követően következetesen nagyobb hólyagtérfogattal a kezelésekre, akkor a tervezés frakció dózisa általában felülbecsülte a hólyag valós átlagos frakció dózisait. Ezen megállapítás megfordítása is igaznak bizonyult.



1. ábra: A teljes kezelésre extrapolált átlagos hólyagdózisok a CBCT-ken mérhető hólyagtérfogatok függvényében (az összes beteg összes mért adata egyben)

Következtetés: Az eredmények alapján jogosan merül fel az adaptív sugárterápia fontossága, amellyel képesek lehetünk csökkenteni a hólyag – és persze a többi védendő szerv – dózisterhelését. Az erre vonatkozó hivatkozott irodalomban szereplő adattól való eltérés lehetséges okai között vélelmezhető az eltérő CT-előkészítő- és kezelési hólyagtelttségi protokoll, a vizsgált, viszonylag kis minta túlságosan heterogén hólyagtérfogatai, illetve kisebb mértékben az eltérő kontúrozási, tervezési, tervelfogadási protokollok.

Irodalom

- [1] Tzung-Chi Huang, Kuei-TingChou, Shih-Neng Yang, Chih-Kai Chang, Ji-An Liang, Geoffrey Zhang, Fractionated changes in prostate cancer radiotherapy using cone-beam computed tomography Medical Dosimetry 2015; 40(3):222-5
- [2] Zhi Chen, Zhaozhi Yang, Jiazhou Wang and Weigang Hu, Dosimetric impact of different bladder and rectum filling during prostate cancer radiotherapy, Radiation Oncology (2016) 11:103

4D CBCT KLINIKAI HASZNÁLATA DEBRECENBEN

Simon Mihály, Balogh István, Kovács Attila, Dobos Erik, Hócza Gergely, Jánváry Levente, Horváth Zsolt

Debreceni Egyetem Klinikai Központ Onkológiai Klinika Sugárterápia Osztály

Célkitűzés: A 2015 decemberében telepítésre került 4D CBCT modul klinikai használatának meghatározása, első tapasztalatok.

Módszer: Klinikánkon tüdő SBRT kezelések előkészítése során 4D CT vizsgálatot készítünk, ezáltal a besugárzástervezés során időbeni információkat is nyerünk a tumor helyzetéről. A Symmetry modul segítségével a kezelőasztalon elvégzett verifikációs CT alkalmával is rendelkezésünkre áll ez az információ. Valamennyi SBRT frakció előtt elvégzett 4D CBCT verifikációval korrigáljuk a napi translációs eltéréseket, ezen kívül a szoftver meghatározza az ún. time weighted average pozíciót is, ami lehetőséget biztosít a biztonsági margók csökkentésére alapos megfontolások után.

Eredmények: A kezelések előtt elvégzett 4D CBCT vizsgálat lehetőséget teremt a naponta jelentkező baseline shift kiköszöbölésére, a besugárzási margók esetleges csökkentésére és nagyon kis kiterjedésű tumorok észlelésére.

KÖSZÖNJÜK TÁMOGATÓINKNAK

Varian Medical Systems & Fototronic Medical Solution

MQS & AQUILAB

Elekta &VMD Hospital Technology

MIRADA Medical

Mediso Ltd

PTW Freiburg &Canberra Packard



CLINICAL &
PRECLINICAL IMAGING



www.mediso.com

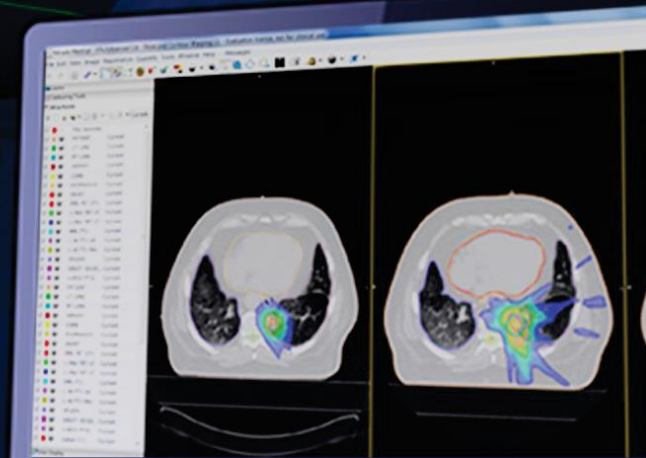
Discover MIRADA radiation therapy software

Robust image fusion technologies that enable multi-modality deformable registration, intelligent contouring and adaptive workflows

"We have chosen Mirada as strategic partner to develop multimodality imaging solutions because of the quality of their software, allowing rapid translation of novel techniques into our clinic while also providing the possibility to efficiently integrate workflows for the different treatment techniques that are available at our site."

Prof. Marcel Van Herk
Chair in Radiotherapy Physics
The Christie NHS Foundation Trust
United Kingdom

Visit www.mirada-medical.com/radiation-oncology



BEAM
COMMISSIONING
EPID QC PHANTOM
UNIDOS[®] FIELDCHECK
MEPHYSTO[®] IMRT QA
PEAKFINDER VIVODOS[®]
PATIENT PLAN VERIFICATION LINAC QA
SOURCECHECK^{4π} DOSIMETRY DIODES
microDiamond **DETECTORS**
PinPoint[®] VeriSoft[®] TANDEM
OCTAVIUS[®] PARTICLE THERAPY QA
NOMEX[®] MLCSoft^{epid}
ISO CHECK BQ-CHECK[®]
STARCHECK[®] MultiCheck[®]
DAVID[®] LINACHECK[®]
FILM DOSIMETRY MARKUS[®]
BRACHYTHERAPY ROOS[®]
IMAGING QA **MP3**
ELECTROMETERS **WATER PHANTOMS**
QUICKCHECK^{weblne} **SEMIFLEX**
DIAMOND **ABSOLUTE DOSIMETRY**
BEAMSCANTM **BRAGG PEAK CHAMBERS**

**Dosimetry and
QA Solutions for
Radiation Therapy**



VERSA HD

MEETS ITS PERFECT MATCH

Versa **HD**

The powerful combination of Versa HD™ and Monaco® delivers a unique blend of unrivaled dose delivery and intelligent dose planning. With the ultra-low transmission of Agility™ and Monaco's Monte Carlo accuracy, dose delivery to the target can be precisely controlled while ensuring surrounding anatomy is protected. Together, they make dynamic and stereotactic techniques not only possible but routine practice. GO BEYOND with Versa HD and Monaco.

VISIT.VERSAHD.COM

VMD
Kórházi Technológiai Zrt.

 **ELEKTA**



IMPT WITHOUT COMPROMISE



PROBEAM® COMPACT SINGLE-ROOM PROTON THERAPY SOLUTION

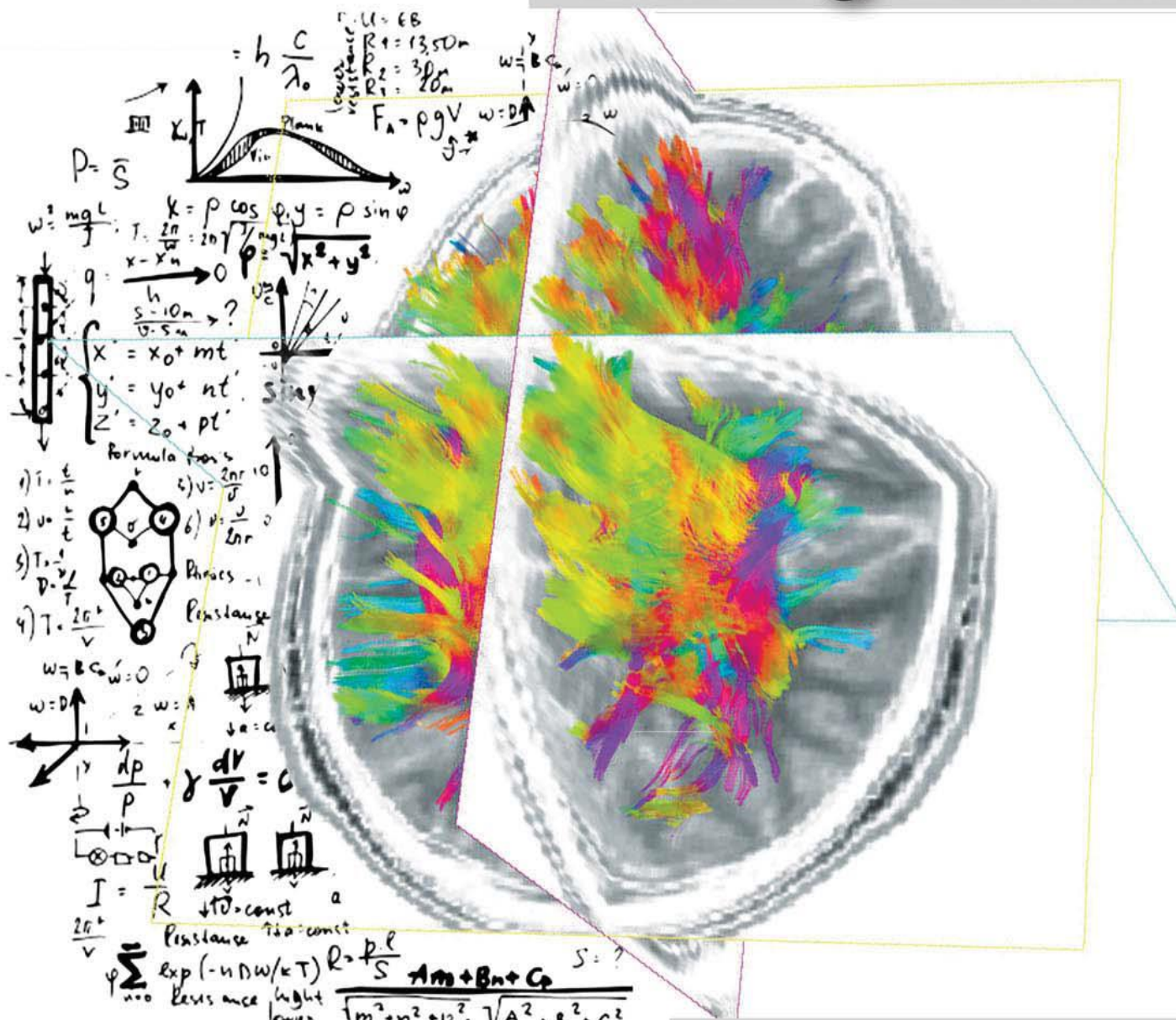
Fully integrated image-guided IMPT solution within the
size of a tennis court.

Learn more about ProBeam at varian.com/ProBeamCompact

VARIAN
medical systems
A partner for **life**

Education in Medical Physics

The Key to Success



November 7, 2016

International Day of Medical Physics