

Intraoperatív és posztimplantációs dozimetria összehasonlítása permanens implantációs prosztata-brachyterápiával kezelt betegeknek

Herein András^{1,2}, Ágoston Péter¹, Szabó Zoltán¹, Jorgo Kliton¹, Markgruber Balázs¹, Pesznyák Csilla^{1,2}, Polgár Csaba¹, Major Tibor¹

¹Országos Onkológiai Intézet, Sugárterápiás Központ, ²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Nukleáris Technikai Intézet, Budapest

A munka célja az intraoperatív és az izotópbeültetést követő négyhetes, posztimplantációs dozimetriai adatok összehasonlítása szabad, illetve kötött sugárforrásokkal kezelt betegek permanens implantációs prosztata-brachyterápiájánál. Az alacsony dózisteljesítményű, I-125 sugárforrással végzett brachyterápiához transzrektális ultrahangvezérlést, féműket és a SPOT PRO 3.1 (Elekta, Svédország) besugárzástervező rendszert használtuk. Az első 79 beteget szabad sugárforrásos technikával kezeltük, mely technika során a sugárforrások a túbén tetszőleges pozícióba helyezhetők. A további páciensek kezelése kötött sugárforrásos technikával történt, amelynél a sugárforrások mindig 1 cm-re helyezkednek el egymástól, és csak az aktív besugárzási hossz választható meg szabadon. A szabad sugárforrásokat a prosztatatatokon belül, a kötött sugárforrásokat a prosztatatatok+2 mm-es zónán belül helyeztük el. Intraoperatív tervezéskor a dóziskritériumok azonosak voltak a két technikánál. A prosztatára előírt dózis 145 Gy volt. A két technika vizsgálatát 30-30 véletlenszerűen kiválasztott betegre végeztük el. Négy héttel az implantáció után natív kismedencei MRI-t és CT-t végeztünk. MRI/CT képfúziót követően az MR-képeken kontúroztuk a céltérfogatot, de a posztimplantációs tervet a CT-re készítettük el. A tervek kiértékeléséhez dózis-térfogat hisztogramot használtunk, a dózislefedettséget a V100, V90, D90, D100 paraméterekkel, a homogenitást a V150, V200, DHI, míg a konformitást a COIN indexekkel jellemeztük. A négy hét alatt a V100 értékek átlaga kötött (97% vs. 84%) és szabad sugárforrásos technikánál is (96% vs. 80%) csökkent. A csökkenés a DHI kivételével minden paraméter esetén megfigyelhető volt. A DHI mindkét technikára enyhén emelkedett (kötött: 0,38 vs. 0,41, szabad: 0,38 vs. 0,47), míg a COIN mindkét esetben csökkent (kötött: 0,63 vs. 0,57, szabad: 0,67 vs. 0,50). Minden eltérés szignifikáns volt, kivéve a V200 paraméter csökkenését kötött sugárforrásos technika esetén. Megállapítható, hogy az implantációt követő négy hétben a dózislefedettség mindkét technika esetén csökkent. A csökkenés mértéke nagyobb volt a szabad sugárforrásos technikánál, de a két eltérés között nem volt szignifikáns különbség. A dóziseloszlás mindkét technikánál homogénebb és kevésbé konformális a posztimplantációs terveken az intraoperatívhoz viszonyítva. Magyar Onkológia 59:148–153, 2015

Kulcsszavak: prosztata, brachyterápia, MRI-alapú posztimplantációs dozimetria

The purpose of our work was to compare intraoperative and four-week post-implant dosimetry for loose and stranded seed implants for permanent prostate implant brachytherapy. In our institute low-dose-rate (LDR) prostate brachytherapy is performed with encapsulated I-125 isotopes (seeds) using transrectal ultrasound guidance and metal needles. The SPOT PRO 3.1 (Elekta, Sweden) system is used for treatment planning. In this study the first 79 patients were treated with loose seed (LS) technique, the consecutive patients were treated with stranded seed (SS) technique. During intraoperative planning the dose constraints were the

Levelezési cím: Herein András, Országos Onkológiai Intézet,
1122 Budapest, Ráth György u. 7–9. Tel.: 06/1-224-8600/3685, e-mail: herein@gmail.com

Közlésre érkezett: 2015. február 12. • Elfogadva: 2015. március 11.

same for both techniques. All LSs were placed inside the prostate capsule, while with SS a 2 mm margin around the prostate was allowed for seed positioning. The prescribed dose for the prostate was 145 Gy. This study investigated prostate dose coverage in 30-30 randomly selected patients with LS and SS. Four weeks after the implantation native CT and MRI were done and CT/MRI image fusion was performed. The target was contoured on MRI and the plan was prepared on CT data. To assess the treatment plan dose-volume histograms were used. For the target coverage V100, V90, D90, D100, for the dose inhomogeneity V150, V200, and the dose-homogeneity index (DHI), for dose conformity the conformal index (COIN) were calculated. Intraoperative and post-implant plans were compared. The mean V100 values decreased at four-week plan for SS (97% vs. 84%) and for LS (96% vs. 80%) technique, as well. Decrease was observed for all parameters except for the DHI value. The DHI increased for SS (0.38 vs. 0.41) and for LS (0.38 vs. 0.47) technique, as well. The COIN decreased for both techniques at four-week plan (SS: 0.63 vs. 0.57; LS: 0.67 vs. 0.50). All differences were significant except for the DHI value at SS technique. The percentage changes were not significant, except the COIN value. The dose coverage of the target decreased significantly at four-week plans for both techniques. The decrease was larger for LS technique, but the difference between techniques was not significant at this patient number. The dose distribution was more homogenous, but the conformity was worse at four-week plans.

Herein A, Ágoston P, Szabó Z, Jorgo K, Markgruber B, Pesznyák C, Polgár C, Major T. Intraoperative and post-implant dosimetry in patients treated with permanent prostate implant brachytherapy. Hungarian Oncology 59:148–153, 2015

Keywords: prostate, PIPB, brachytherapy, MRI-based post-implant dosimetry, I-125

BEVEZETÉS

Magyarországon a prosztatarák a férfiak negyedik leggyakoribb daganatos megbetegedése (1, 2). A prosztata-daganat kezelésének elfogadott módszere a sugárterápia. Ezen belül alkalmazható külső, ill. belső besugárzás, ún. brachyterápia is. Az alkalmazott sugárforrás dózisteljesítménye alapján nagy dózisteljesítményű ('high-dose-rate'; HDR) és kis dózisteljesítményű ('low-dose-rate'; LDR) brachyterápiát különböztetünk meg. Az egyedüli nagy dózisteljesítményű brachyterápiával kapcsolatban még nem állnak rendelkezésre hosszú távú eredmények, így egyelőre csak klinikai vizsgálatok keretében lehet azt végezni. Kis és válogatott közepes kockázatú betegek esetén elfogadott gyógymód a kis dózisteljesítményű, permanens implantációs prosztata-brachyterápia (PIPB). Lényege, hogy a beavatkozás során alacsony aktivitású, fémtokba zárt, kisméretű (4,5×0,8 mm-es) sugárforrásokat (esetünkben jód-125 izotópokat) ültetnek véglegesen a prosztatába. A jód-125 izotóp átlagos fotonenergiája 28 keV, a felezési rétegvastagság szövetben 1,8 cm, felezési ideje 59,4 nap. Így a teljes dózis 90%-át 197 nap alatt adja le. A sugárforrások prosztatába történő implantációja a gát bőrén át a prosztatába szűrt fémtűkön keresztül történik.

Az Országos Onkológiai Intézet Sugárterápiás Központjában 2008 decemberében végeztük az első permanens implantációs prosztata-brachyterápiát (3). A kezelésekhöz kétféle technikát alkalmaztunk. Az első 79 beteget ún. szabad sugárforrásos („loose seed”) technikával, míg a továbbiakat ún. kötött sugárforrásos („stranded seed”) technikával kezeltük. A szabad sugárforrásos technika során az egyes

izotópok elhelyezése az implantáló tüben teljesen szabadon kialakítható, míg a kötött sugárforrásos technika során egy adott tüben a sugárforrások egymástól szabályos, 1 cm-es távolságban helyezkednek el.

Az alacsony dózisteljesítménynek és a több hónapon át tartó besugárzásnak egyértelmű következménye, hogy az operáció során beültetett sugárforrások a hónapok során elmozdulhatnak, elvándorolhatnak, ami hatással van a sugárforrások által kialakított dóziseloszlásra, illetve ez által a céltér fogat ellátottságára és a védendő szervek dózisaira is. A beavatkozás és a besugárzás kapcsán keletkező ödéma, ill. a beteg egyéb anatómiai változásai is hatással lehetnek a dóziseloszlásra. Elfogadott módszer, hogy a beavatkozás után egy hónappal ismételt metszetképkalkuláció segítségével meghatározzuk a végleges dóziseloszlást (4, 5). Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy az első hónap után már nem történik jelentős változás a sugárforrások helyzetében, és így a dóziseloszlás sem fog már módosulni (6).

A jelen tanulmány célja az OOI-ben 2008 decembere óta permanens implantációs prosztata-brachyterápiával kezelt betegek intraoperatív és posztimplantációs dozimetriai eredményeinek összehasonlítása, tekintettel az elmúlt évek során alkalmazott két különböző technikára.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A dozimetriai összehasonlítást véletlenszerűen kiválasztott 30 szabad sugárforrásos és 30 kötött sugárforrásos technikával kezelt beteg intraoperatív és posztimplantációs tervei között végeztük el.

Intraoperatív dozimetria

Az OOI-ben 2008 decembere óta több mint 300 kis és közepes kockázatú prosztatadaganatos beteg PIPB-ját végeztük el. A beavatkozás minden esetben transzrektális ultrahangvezérléssel történt (B&K Medical, Herlev, Dánia). Minden beteg esetén szükség van egy felmérő ultrahangvizsgálatra, mely során az orvos ellenőrzi, hogy a beteg anatómiailag alkalmas-e a tűzdelés kivitelezésére, ill. ez alapján van mód arra, hogy megbecsüljük a várhatóan szükséges sugárforrások, ill. tűk számát, mely alapján mindig egyénre szabottan rendeljük meg azokat. A beavatkozás a szabad, ill. a kötött sugárforrásos módszer alkalmazásakor is alapvetően négy szakaszra osztható. Elsőként történik a képalkotás, ill. a céltérfogat és a védendő szervek kontúrozása. Ezt követi a tervezés, mely az orvos és a fizikus összehangolt munkáját követeli meg. Minden terv elkészítéséhez a SPOT PRO 3.1-es szoftvert használtuk (Elekta, Svédország). Az előterv elfogadása után történik a tűk előkészítése, majd a sugárforrások implantációja és a végleges intraoperatív dozimetria értékelése.

A képalkotás során szagittális ultrahangképeket veszünk fel, melyből a szoftver axiális és koronális képeket rekonstruál, így a céltérfogatról és a védendő szervekről háromdimenziós információt nyerünk. A céltérfogat és a védendő szervek kontúrozását az axiális szeleteken végezzük. A céltérfogat maga a teljes prosztata, míg védendő szerv az urethra, ill. a rectum. Az urethrát 7 mm átmérőjű körrel, míg a rectum belső felszínét 5 mm-es sávként rajzoljuk meg az UH-detektor körül (3).

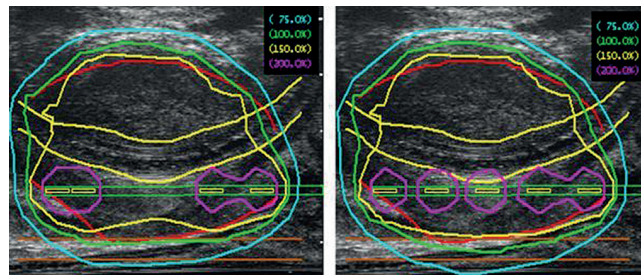
1. táblázat. Az optimalizálás során használt térfogati és felületi dózisparaméterek

Térfogat	Feltétel típusa	Feltétel értéke	Feltétel súlyfaktora
Prosztata	minimális felületi dózis	145 Gy	2
Prosztata	minimális térfogati dózis	145 Gy	2
Prosztata	maximális felületi dózis	217,5 Gy	1
Prosztata	maximális térfogati dózis	290 Gy	1
Urethra	maximális felületi és térfogati dózis	174 Gy	0,9
Rectum	maximális felületi dózis	116 Gy	0,9

2. táblázat. Dózisparaméterek célértékei

Prosztata	Urethra	Rectum
V100	>95%	D10
V150	<50%	D30
D90	>100%	

1. ábra. Szabad és kötött sugárforrásos elrendezés dóziseloszlása egy tüvel és benne a sugárforrásokkal (piros kontúr: prosztata, sárga kontúr: urethra, barna kontúr: rectum)

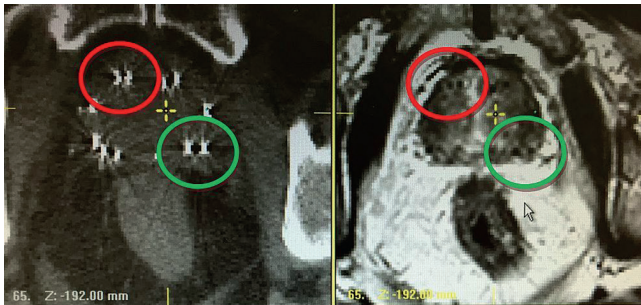


A tervezési szakasz első lépéseként inverz optimalizáló algoritmus segítségével készítünk egy előtervet. Az algoritmus paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. Az optimalizálási paraméterek mindig azonosak voltak a két technikánál. A prosztatára előírt dózis 145 Gy volt minden esetben. Annak érdekében, hogy minden dozimetriai paraméterre előírt feltétel (2. táblázat) teljesüljön, esetlegesen szükség lehet a tűk, ill. a sugárforrások helyzetének manuális módosítására.

Az első 79 beteget szabad sugárforrásos technikával, míg a további betegeket kötött sugárforrásos technikával kezeltük. A két módszer között dozimetriai szempontból néhány fontos különbség van. Szabad sugárforrásos módszer esetén a tűkön belül bármilyen konfigurációban állíthatunk be sugárforrásokat, ennek megfelelően két forrás közvetlenül egymás mellé kerülhet, ill. egy tűben akár több cm kihagyással szerepelhet két forrás. A kötött sugárforrásos technikánál egy adott tűben csak a tű aktív hosszát tudjuk meghatározni, az egymástól 1 cm-es távolságra levő sugárforrások számának megválasztásával. Ennek következménye, hogy ha egy adott tűvel szeretnénk a prosztata bázisát, illetve csúcsát (apex) is ellátni, akkor a teljes tűnek aktívnak kell lennie (1. ábra). Fontos különbség még, hogy a kötött sugárforrások műanyag távtartók segítségével egymáshoz vannak rögzítve, így az egymáshoz képesti pozíciójuk a tűn belül várhatóan kevesebbet változik, mint a szabad sugárforrásos elrendezésben. További különbség, hogy szabad sugárforrásos technika esetén a sugárforrásokat mindig a prosztatán belülre helyezzük, míg kötött sugárforrások használatakor a prosztatán kívül, a felszíntől legfeljebb 2 mm-re is megengedünk sugárforrás-elhelyezést.

A tűk beszúrása az előterv alapján történik, és a tűk mélységét minden esetben az UH-detektorral párhuzamos longitudinális metszeten ellenőrizzük. A végleges dóziseloszlás a tűk valódi helyzetéhez igazodik, melyet valós idejű UH-képalkotással határozzunk meg. A sugárforrások beültetése után következik a terv elfogadása, a dóziseloszlás szeletenkénti átnézése, a dózis-térfogat paraméterek ellen-

2. ábra. CT (bal) és MR (jobb) képkészlet fúziójának kivitelezése a sugárforrások helyzete alapján. Az azonos színű körök a fúzió alapjául szolgáló sugárforráspárokat jelölik a CT-n és az MR-en



őrzése, szükség esetén a terv utólagos módosítása további sugárforrások beültetésével, ill. röntgenképkalkuláció segítségével a beültetett sugárforrások számának ellenőrzése.

Posztimplantációs dozimetria

A beültetés után 4 héttel minden betegnél natív CT-, ill. MR-vizsgálatot végzünk a prosztatarégióról. A két képkészletet fuzionáljuk, a fúzió alapját a sugárforrások helyzete képezi. Három jól meghatározható sugárforrás azonosításával pont a ponthoz illesztéssel végezzük a képfúziót (2. ábra) (7). A prosztátát, mint céltérfogatot az MR-képeken határozzuk meg, majd a kontúrokat átmásoljuk a CT-szeletekre. Az utótér elkészítését a CT-képek alapján végezzük. A CT-n automatikus sugárforrás-felismerő algoritmus segítségével megkeressük az összes sugárforrást (a beültetett sugárforrások száma ismert), és a sugárforrások helyzete alapján dóziseloszlást számolunk, majd dózis-térfogat hisztogram segítségével kiértékeljük a kapott tervet. A védendő szervek (urethra, rectum) nem határozhatók meg kellő pontossággal a CT-, ill. az MR-képsorozatokon, így a posztimplantációs kiértékelés során csak a céltérfogat ellátottságával foglalkoztunk. A vizsgált dózis-térfogat paraméterek a V100, V90, V150, V200, D90, D100, DHI (dózychomogenitási index) és COIN (konformitási index) voltak (8).

Csoportanalízissel összehasonlítottuk a két kezelési csoportban a dózis-térfogat paraméterekben tapasztalt eltéréseket, és megvizsgáltuk, hogy van-e statisztikailag kimutatható különbség a változások mértékében. A statisztikai elemzéseket Statistica 10.0 (Stat Soft, USA) programmal végeztük, a normalitástól függően párosított t-próbát vagy Wilcoxon-féle előjeltesztet használva.

EREDMÉNYEK

Mindkét betegcsoportnál a sugárforrások száma 4 héttel a kezelés után minden betegnél azonos volt a beültetett sugárforrásszámmal, sugárforrás-elvándorlást nem tapasztaltunk.

Az adatokra először Shapiro-Wilk normalitáspróbát végeztünk, és majdnem minden paramétert normális eloszlásúnak találtunk, így a statisztikai kiértékelést nagyrészt párosított t-próbával végeztük. Ez alól kivételek: kötött sugárforrásos technika esetén a V100, V90 és D90 paraméterek, ezekre a paraméterekre Wilcoxon-féle előjeltesztet végeztünk. A V100-értékekben mindkét betegcsoport esetén csökkenést tapasztaltunk, szabad sugárforrásos technikánál 96%-ról 80%-ra, míg kötött sugárforrásos technikánál 97%-ról 84%-ra csökkent a V100-értékek átlaga. A csökkenés a többi paraméterben is megfigyelhető volt. Szabad sugárforrásos technika esetén a V90 értéke 98%-ról 86%-ra, a V150 értéke 59%-ról 44%-ra, a V200 értéke 30%-ról 22%-ra, a D90 értéke 115%-ról 85%-ra, míg a D100 értéke 68%-ról 45%-ra csökkent. Kötött sugárforrásos technikánál a V90 értéke 99%-ról 90%-ra, a V150 értéke 61%-ról 50%-ra, a D90 értéke 119%-ról 90%-ra, míg a D100 értéke 76%-ról 49%-ra csökkent, a V200 értéke kötött sugárforrásos tech-

3. táblázat. A kötött sugárforrásos és a szabad sugárforrásos technika átlagos intraoperatív és posztimplantációs dozimetriai adatai

Szabad sugárforrásos technika	Intraoperatív átlag	Posztimplantációs átlag	Százalékos eltérés (intraop.-hoz viszonyítva)	p-érték
V100 (%)	96	80	-17	<0,0001
V90 (%)	98	86	-12	<0,0001
V150 (%)	59	44	-25	<0,0001
V200 (%)	30	22	-27	<0,0001
D100 (%)	68	45	-34	<0,0001
D90 (%)	115	85	-26	<0,0001
DHI	0,38	0,47	+24	0,0001
COIN	0,67	0,50	-25	<0,0001
Kötött sugárforrásos technika	Intraoperatív átlag	Posztimplantációs átlag	Százalékos eltérés (intraop.-hoz viszonyítva)	p-érték
V100 (%)	97	84	-13,4	<0,0001
V90 (%)	99	90	-9,1	<0,0001
V150 (%)	61	50	-18	<0,0001
V200 (%)	25	25	0	0,9638
D100 (%)	76	49	-35,5	<0,0001
D90 (%)	119	90	-24,4	<0,0001
DHI	0,38	0,41	+7,9	0,0624
COIN	0,63	0,57	-9,5	<0,0001

nika esetén intraoperatív és posztimplantációs körülmények között is 25%-nak adódott.

A DHI értéke szabad sugárforrásos technika esetén 0,38-ról 0,47-re növekedett, míg a COIN értéke 0,67-ről 0,50-re csökkent. Kötött sugárforrásos technikánál a DHI 0,38-ról 0,41-ra növekedett, míg a COIN értéke 0,63-ról 0,57-ra csökkent. Ezekből az értékekből látható, hogy négy héttel a beavatkozás után mindkét technika esetén kissé homogénebb dóziseloszlást tapasztaltunk, és a konformitás mindkét technikánál csökkent. A különbségeket minden esetben szignifikánsnak találtuk, kivéve a V200 értéket kötött sugárforrásos technika esetén. Az eredményeket a szignifikanciaszintek feltüntetésével a 3. táblázat foglalja össze.

Mindkét technika alkalmazása esetén csökkenést tapasztaltunk a posztimplantációs terveken a céltérfogat ellátottságában az intraoperatív értékekhez képest. Mann-Whitney U-teszt segítségével azt vizsgáltuk meg, hogy van-e különbség a két technika között a csökkenés mértékében. Harminc-harminc betegre megvizsgálva a dózisparamétereket, azt tapasztaltuk, hogy a két beültetési technikát összevetve nincs statisztikailag szignifikáns különbség a dóziscsökkenések között. A dózisparaméterek változásai között szignifikáns különbséget csak a V200 és a COIN paramétereknél találtunk. Adataink alapján az a tendencia fedezhető fel, hogy a kötött sugárforrással kezelt betegek céltérfogatának lefedettsége kevésbé csökken az implantációt követő négy hétben.

MEGBESZÉLÉS

Vizsgálatunk alapján kijelenthetjük, hogy permanens implantációs prosztata-brachyterápia esetén az intraoperatív tervekben létrehozott és négy héttel a beavatkozás után kialakult (posztimplantációs) végleges dóziseloszlások jelentősen különböznek. Eredményeink azt mutatják, hogy a céltérfogat dózislefedettsége csökken, akár kötött, akár szabad sugárforrásos technikát használtunk a kezeléseknél. A csökkenés mértéke mindkét technika esetén szignifikáns, majdnem minden paraméterben kimutatható (kivéve kötött sugárforrásos technika esetén a V200 paraméter értékét), azonban a két technika között a csökkenés mértékében nem találtunk szignifikáns különbséget a legtöbb paraméternél (kivéve a V200 és COIN paramétereket). Az általunk elvégzett vizsgálat egyediségét az MR-alapú céltérfogat-meghatározás adja a posztimplantációs tervezésnél. Ilyen jellegű vizsgálatot végeztek Moerland és mtsai (9) 389, kötött és szabad sugárforrásos technikával kezelt beteg bevonásával. Ők csak a D90 paramétert vizsgálták a prosztata lefedettségének jellemzésére, ami az eredményeik alapján átlagosan 12%-kal csökkent. Ellentétben velünk, ők azt tapasztalták,

hogy szignifikáns különbség van a kétféle technika között a D90 érték csökkenésében. Ennek oka valószínűleg az igen magas betegszám. Eredményeik azt mutatták, hogy a kötött sugárforrásos technikával kezelt betegek D90 értékei jelentősebb mértékben csökkentek, mint a szabad sugárforrásos technikával kezelt betegekénél. A mi adatainkban ugyan szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk, de ellenkező trendet figyelhetünk meg. A kötött sugárforrásos technikával kezelt betegek posztimplantációs dozimetriai értékei magasabb céltérfogat-lefedettséget adtak, mint a szabad sugárforrásos technikával kezelt betegekéi.

Katayama és mtsai (10) kimutatták, hogy T2*- és T2-súlyozású MR-vizsgálatok alapján a CT-MR fúziós képeken végzett posztimplantációs dozimetriai elemzéssel egyenértékű kiértékelés végezhető, mivel a T2*-súlyozású képeken a sugárforrások a CT-hez hasonlóan jól felismerhetők. Ezzel az eljárással azonban a fúzió bizonytalanságát minimalizálni lehet, hiszen a két különböző MR-vizsgálat egy fektetésben történik.

A szakirodalomban található legtöbb cikk azonban csak CT-alapú posztimplantációs dozimetriával foglalkozik, ahogy Ishiyama és mtsai (11) 160 betegre elvégzett elemzése is, melyben a D90, V100 és V150 paramétereket vizsgálták. Szabad sugárforrásos elrendezést használva kezelték a betegeket, és hozzánk hasonlóan ők is csökkenést tapasztaltak mindhárom fenti paraméternél, de a változás mértéke csak néhány százalékos volt. A V100 értéke a mi adataink alapján szabad sugárforrásos technika esetén 17%-ot csökkent, míg Ishiyama és mtsai csak 3%-os csökkenést tapasztaltak.

Ohashi és mtsai (12) 412, szabad sugárforrásos technikával kezelt beteg CT-alapú posztimplantációs dozimetriai elemzése alapján nem találtak szignifikáns különbséget az intraoperatív és a posztimplantációs dozimetriai adatok között.

Heysek és mtsai (13) 272 beteg (159 szabad sugárforrásos és 113 kötött sugárforrásos) intraoperatív és posztimplantációs dozimetriai adatait elemezték, és hozzánk hasonlóan csökkenést tapasztaltak a D90 és V100 értékében. A csökkenést a D90 értékre átlagosan 15%-nak, míg a V100 értékre 9%-nak találták. Eredményeinkkel összhangban ez a vizsgálat is alacsonyabb mértékű D90- és V100-csökkenést mutatott ki a kötött sugárforrásos technikánál.

Marcu és mtsai (14) átfogó vizsgálatot végeztek 7 év kezeléseinek intraoperatív és posztimplantációs dozimetriai és klinikai adatai alapján. 265 beteg kezelését végezték el kötött sugárforrásos technikával. A posztimplantációs dozimetriai elemzést CT alapján, illetve ultrahang alapján is elvégezték. A CT-alapú kiértékelés során ők is csökkenést tapasztaltak a D90 értékében, a csökkenés mértéke a 7 év átlagát tekintve kb. 22%-nak adódott. Ehhez hasonlóan a mi adataink 24%-os csökkenést mutatnak. Azt tapasztal-

ták, hogy a csak CT-alapú posztimplantációs dozimetriai elemzés alulbecsüli a prosztata ellátottságát, mivel a CT-n könnyen túlbecsülhető a prosztata mérete. E vizsgálatban kiemelik a posztimplantációs dozimetriai elemzés fontosságát, a 7 éves intervallum második felében készített tervekre igen jelentős hatással voltak a 7 éves időszak első felében szerzett tapasztalatok.

Stone és mtsai (15) 77, szabad sugárforrásos technikával kezelt beteg intraoperatív és posztimplantációs dozimetriai adatainak elemzése során nem találtak jelentős különbséget a paraméterekben. Eredményeik alapján az intraoperatív terv megfelelően reprezentálja a céltérfogat dózislefedettségét. A posztimplantációs dozimetriai elemzést CT-vizsgálat alapján készítették el, szignifikáns, de nem jelentős mértékű csökkenést tapasztaltak a D90, V100 és a V90 értékében is. A csökkenés D90 esetén 3%, V100-nál 4,8%, míg V90-nél 0,5% volt.

A korábban említett publikációk adatai alapján a nemzeti irodalommal nagyrészt egyező eredményeket kaptunk. A cikkek nagy részében, ahogy mi is, a céltérfogat ellátottságának csökkenéséről számolnak be a posztimplantációs tervek elemzésekor. Annak eldöntéséhez, hogy a szabad vagy kötött sugárforrások használata eredményez-e jobb végleges dóziseloszlásokat, további vizsgálatok szükségesek. Az irodalmi adatok ezzel kapcsolatban ellentmondások. A kérdés megválaszolásához több beteg bevonásával a klinikai eredmények és a dozimetriai adatok közötti korreláció felállítása segíthet hozzá.

IRODALOM

1. Kásler M, Ottó Sz. Európai és hazai kihívások az onkológiában. *Magyar Onkológia* 52:21–33, 2008
2. Tompa A. A daganatos betegségek előfordulása – A hazai és a nemzetközi helyzet ismertetése. *Magyar Tudomány*, 2011, <http://www.matud.iif.hu/2011/11/06.htm>

3. Ágoston P, Major T, Fröhlich G, et al. Permanens implantációs prosztata-brachyterápia korai, szervre lokalizált prosztatarák kezelésére. *Magyar Onkológia* 55:170–177, 2011
4. Nath R, Bice W, Butler W, et al. AAPM recommendations on dose prescription and reporting methods for permanent interstitial brachytherapy for prostate cancer: report of Task Group 137. *Med Phys* 36:5310–5322, 2009
5. Salembier C, Lavagnini P, Nickers P, et al. Tumour and target volumes in permanent prostate brachytherapy: A supplement to the ESTRO/EAU/EORTC recommendations on prostate brachytherapy. *Radiother Oncol* 83:3–10, 2007
6. Tejwani A, Bieniek E, Puckett L, et al. Case series analysis of post-brachytherapy prostate edema and its relevance to post-implant dosimetry. Post-implant prostate edema and dosimetry. *J Contemp Brachyther* 4:75–80, 2012
7. De Brabandere M, Al-Qaisieh B, De Wever L, et al. CT- and MRI-based seed localization in postimplant evaluation after prostate brachytherapy. *Brachytherapy* 12:580–588, 2013
8. Fröhlich G, Ágoston P, Lövey J, et al. Dosimetric evaluation of high-dose-rate interstitial brachytherapy boost treatments for localized prostate cancer. *Strahlenther Onkol* 186:388–395, 2010
9. Moerland M, van Deursen M, Elias S, et al. Decline of dose coverage between intraoperative planning and post implant dosimetry for I-125 permanent prostate brachytherapy: Comparison between loose and stranded seed implants. *Radiother Oncol* 91:202–206, 2009
10. Katayama N, Takemoto M, Yoshio K, et al. T2*-weighted image/T2-weighted image fusion in postimplant dosimetry of prostate brachytherapy. *J Radiat Res* 52:680–684, 2011
11. Ishiyama H, Nakamura R, Satoh T, et al. Differences between intraoperative ultrasound-based dosimetry and postoperative computed tomography-based dosimetry for permanent interstitial prostate brachytherapy. *Brachytherapy* 9:219–223, 2010
12. Ohashi T, Yorozu A, Toya K, et al. Comparison of intraoperative ultrasound with postimplant computed tomography-dosimetric values at day 1 and day 30 after prostate brachytherapy. *Brachytherapy* 6:246–253, 2007
13. Heysek R, Gwede C, Torres-Roca J, et al. A dosimetric analysis of unstranded seeds versus customized stranded seeds in transperineal interstitial permanent prostate seed brachytherapy. *Brachytherapy* 5:244–250, 2006
14. Marcu L, Lawson J, Rutten T, et al. Quality indicators and technique for analyzing permanent I-125 prostate seed implants: Seven years post-implant dosimetry evaluation. *Med Phys* 39:4123–4131, 2012
15. Stone N, Hong S, Lo Y, et al. Comparison of intraoperative dosimetric implant representation with postimplant dosimetry in patients receiving prostate brachytherapy. *Brachytherapy* 2:17–25, 2003