

Strokovni članek

KONTROLA POLOŽAJA IGEL PRI VISOKODOZNI BRAHITERAPIJI RAKA PROSTATE

Professional Article

CONTROL OF NEEDLES POSITION IN HIGH-DOSE-RATE BRAHITHERAPY OF PROSTATE CANCER

Aljaž Bernik, dipl. inž. rad.

bernik.white@gmail.com

asist. dr. Valerija Žager, univ. dipl. org., dipl. inž. rad.

valerija.zager@zf.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

Primož Marolt, dipl. inž. rad.

PMarolt@onko-i.si

Onkološki inštitut, Zaloška 2, 1000 Ljubljana

IZVLEČEK

Uvod in namen: Brahiterapija raka prostate temelji na natančnosti vstavljanja igel in na ponovljivosti njihove lege. Med frakcijami se igle premikajo, največkrat zaradi periprostatične oteklina. S kontrolnimi slikanji premike prepoznamo in igle namestimo nazaj v planirani položaj. Strokovni članek je nastal z namenom raziskati uspešnost in natančnost fiksacije katetrov pri visokodozni brahiterapiji prostate na Onkološkem inštitutu v Ljubljani ter primerjati naše rezultate z raziskavami drugih institucij.

Metode dela: Uporabili smo rezultate meritev naključnih 25 pacientov, ki smo jih analizirali in jih opisno primerjali z drugimi, tujimi raziskavami.

Rezultati in razprava: Onkološki inštitut uporablja protokol, ki je pokazal zelo dobre rezultate v primerjavi z raziskavami drugih avtorjev, predvsem glede majhnih premikov igel v kranialno oziroma kaudalno smer. Analiza podatkov je pokazala, da je bil povprečen premik vseh 377 igel 1,9 mm z 2,2 mm standardnim odklonom (razpon od -15,1 mm do 8,7 mm). Meritve so pokazale, da pri enem pacientu nobena igla ni bil v mejah normale, pri desetih pa planiranja zaradi premikov igel ni bilo potrebno popravljati.

Sklep: Premiki igel so pri zdravljenju z brahiterapijo kritični in jih je potrebno upoštevati, sicer tvegamo poddoziranje tumorja in predoziranje zdravih organov. Raziskava je pokazala, da Onkološki inštitut izpolnjuje svetovne standarde zdravljenja raka prostate z brahiterapijo oziroma jih celo presega.

Ključne besede: Visokodozna brahiterapija, premik, igla, prostata, korekcija premika, slikovne metode

ABSTRACT

Introduction and purpose: The success of fractionated high-dose-rate brachytherapy depends on precise implantation and reproducible catheter positioning. Needle movement is often observed during fractionated treatment, usually because of periprostic oedema which can be discovered with control imaging. If any catheter deviation is observed, the correction of dwell positions is performed. This study was made to analyse catheter movement with the use of protocol of the Institute of Oncology in Ljubljana and to compare the results with previous researches.

Methods: For this research, professional literature was reviewed. We have analysed distances of catheter movements in 25 patients and compared the results with those from the literature.

Results and discussion: A study pointed out work accuracy and confirmed great success of treatment of prostate cancer at the Institute of Oncology in Ljubljana. According to the analysis, the mean catheter movement of 377 catheters was 1.9 mm with 2.2 mm standard deviation (range: -15.1 mm to 8.7 mm). The measurements showed that in one patient, none of the catheters was in the pre-planned position, whereas in ten patients no catheter correction was necessary, because none of the catheters was outside the limit of 3 mm.

Conclusion: Catheter movements are critical for treatment with high-dose-rate brachytherapy and should not be ignored. Without correction and replanning we risk underdosage of tumour tissue and over-dosage of organs at risk. The research has shown that the Institute of Oncology in Ljubljana complies with the world cancer treatment standards, or even exceeds them.

Key words: High-dose-rate brachytherapy, catheter movement, prostate, correction of displacement, imaging methods.

UVOD

Rak prostate je drugi najpogostejši rak v Evropi in tudi v Sloveniji. Incidenca raka prostate pri nas in v svetu raste, deloma zaradi staranja populacije, predvsem pa zaradi zgodnjega odkrivanja tega raka s PSA-testom (prostate specific antigen test). Dejavniki tveganja za nastanek raka prostate so starost, rasa in dednost. Petina obolelih ima družinsko obremenitev (Kragelj in sod, 2009). Najpogosteje (95%) so karcinomi prostate adenokarcinomi, druge vrste so izjemno redke. Patohistološko se karcinom diagnosticira z vrednotenjem sprememb zgradbe žleznega tkiva, oceno sprememb jeder tumorskih celic in prisotnostjo invazivne rašče. Karcinome prostate opredelimo kot dobro, zmerno ali slabo diferencirane in jim določimo stopnjo diferenciacije po Gleasonovem sistemu (GS). Sistem razvrsti karcinom prostate v pet stopenj, kjer je peta stopnja najmanj diferencirana (Kragelj in sod., 2009).

Zdravljenje

Visokodozna brahiterapija raka prostate v kombinaciji s teleradioterapijo je pri nas standardna izbira zdravljenja te bolezni. V klinični rabi so poleg te še druge, kot je implantacija zlatih semen (LDR – low dose rate brahiteapija), prostatektomija in frakcionirana monobrahiterapija. Izbira je odvisna od obsega bolezni ter skupne odločitve pacienta in zdravnika. Prostatektomiji se moški z nizko razvitostjo raka izogibajo, saj povzroča impotenco in inkontinenco, navajata Mullokandov in Gejerman (2004). Kljub temu avtor članka Medicarea, 1999 svetuje prostatektomijo pri lokaliziranih rakih prostate (Hudson, 1999).

HDR (high dose rate) brahiterapija v primerjavi z LDR nudi večjo kontrolo nad dozno porazdelitvijo. Pri HDR brahiterapiji se z uporabo igel izognemo premikanju semen v prostati in bistvenim razlikam v velikosti prostate, ki so posledica edema, nastalega med obsevanjem (Simnor et al., 2009). Prednosti dozimetrije HDR brahiterapije so odvisne od lege igel, ki mora biti ponovljiva za vse frakcije zdravljenja. Mnogi avtorji poročajo o kavdalnih premikih igel v času med frakcijami. Hoskin et al. (2003) navajajo tri možne vzroke za premike. Prvi vzrok je premik matrike (template), drugi premikanje notranjosti prostate, tretji pa edem, ki nastane kot posledica obsevanja. Damore et al. (2000) ugotavljajo, da je glavna slabost HDR brahiterapije frakcioniranje zdravljenja, saj prihaja pri večjem številu frakcij do večjih možnosti za premike igel. Tako so med frakcijami potrebna kontrolna slikanja in korekcije pri aplikatorjih, ki odstopajo od meje normale, svetujejo Hoskin et al. (2003). Navajajo tudi, da v primeru, ko ne popravimo lege igel, pride do 36,4% upada dozne pokritosti tumorja pri 90% izodozi (D90), kljub temu, da so bile igle vstavljene do 10 mm preko prostate povsod, kjer je to bilo možno. Mullokandov in Gejerman (2004) poročata o podobnih rezultatih, in sicer 35% upada dozne pokritosti tumorja na D90. Kadar lahko korekcijo izvedemo s podaljšanjem časa bivanja (postanka) Ir-192 vira na

določenem mestu v aplikatorju, katetrov ni potrebno fizično potisniti v prvoten položaj. V primeru, da to ni mogoče, se morajo izvesti fizični popravki lege, sočasno z doznim replaniranjem časov Ir-192 vira (Simnor et al., 2008).

NAMEN

Projektna naloga je nastala z namenom raziskati premike igel v HDR brahiterapiji v Sloveniji. Prikazati želimo tudi nujnost uporabe CT in MR preiskav za planiranje in kontrolo izvajanja brahiterapije (BRT), saj z natančnostjo prispevajo k učinkovitejšemu in kvalitetnejšemu procesu zdravljenja raka prostate.

METODA

Da bi čim bolje opredelili premikanje igel med frakcijami v BRT prostate, smo analizirali premike s pomočjo MR in CT kontrolnih posnetkov prostatičnih implantov ter možne vzroke zanje, oboje pa nato primerjali s tujimi raziskavami. V raziskavi smo uporabili meritve premikov igel v kavdalni in kranialni smeri pri naključnih 25 pacientih (označenih s črkami od A do Ž) iz baze podatkov Onkološkega inštituta Ljubljana. Število vstavljenih igel pri posamezniku je bilo različno, glede na velikost prostate, ki je bila izmerjena pri planiranju na podlagi MR slik. Za metodo dela smo uporabili opisno analizo in pregled strokovne literature.

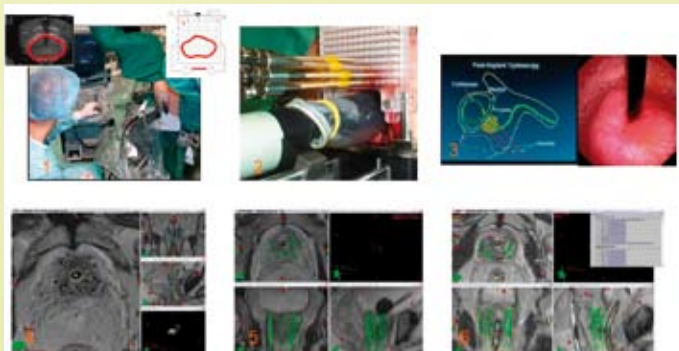
Postopek implantacije

Določitev kliničnega tumorskega volumna (CTV – clinical target volume), označitev kritičnih organov (OAR – organs at risk) in izdelava načrta zdravljenja je narejena na podlagi magnetno resonančnega slikanja (3 mm rezi). Implantacijo igle izvede zdravnik zjutraj s pomočjo transrektalne ultrazvočne sonde (TRUS), ki mu omogoča vpogled "v živo". Na monitorju UZ aparata (BK Medical, Flex Focus 400) je računalniški prikaz matrike, umerjen na realno matriko. Pacient leži v litotomski legi¹ in je v lokalni anesteziji², uspavan s sedativi. Kateterizirajo mu mehur in vzpostavijo monitoring EKG ter saturacije krvi. Navadno so v prostati že vstavljeni zlati markerji³ (Vstavili so jih za predhodno zdravljenje s teleradioterapijo), sicer pa na začetku posega vstavijo vsaj en marker. Intersticijske igle se v prostato vstavlja s pomočjo plastične, rigidne matrike, ki se nato po vstavitvi vseh igel prišije na pacientovo kožo. Vsaka igla ima na koncu bel obroček ("štopar"), ki služi kot individualna fiksacija igel na matriko. Poleg tega se za dodatno fiksacijo uporabljajo naramnice, ki se pri matriki križajo in nanjo prišijejo. Na koncu zdravnik s cistoskopom (Olympus Evis Exera CV180) preveri lego igel, jih potisne do mehurjeve stene (približno 10 mm čez prostato) in jim utrdi stabilnost lege z belimi obročki.

¹ Na hrbtu, z razprtimi nogami, kot pri ginekoloških posegih.

² Anestezija spinalnega bloka.

³ Vstavili so jih za predhodno zdravljenje s teleradioterapijo.



Slika 1: Slika prikazuje postopek implantacije BRT prostate; (1): Vstavitve intersticijskih igel v prostato pod nadzorom transrektalnega UZ, skozi matriko; (2): Vstavljene igle skozi matriko s fiksirnimi stoperji; (3): Kontrolna cistoskopija mehurja, na desni posnetek odtisa prostate z iglami, potisnjenimi v steno mehurja; (4): Po končanem MR slikanju sledi vrisovanje tarčnih volumnov ter rizičnih organov; (5): Rekonstrukcija aplikatorjev, oz. natančna določitev pozicije igel v prostati kot nosilcev vira sevanja; (6): optimizacija obsevalnega plana, s katerim želimo doseči optimalno pokritost tarče ob upoštevanju toleranc rizičnih organov.

Izvajanje zdravljenja

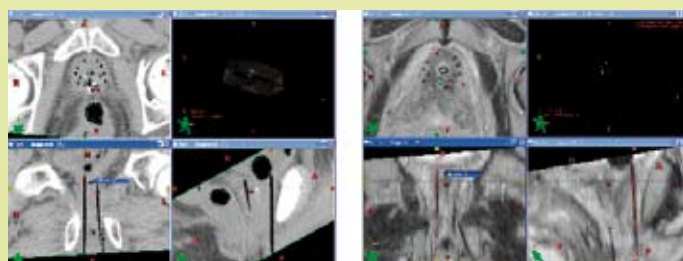
Na Onkološkem inštitutu izvajajo predvsem HDR "boost" zdravljenje, s tremi frakcijami po 6 Gy, po predhodni teleradioterapiji, kjer pacient prejme 50 Gy. Doza boosta je določena po HDR pretvorbenih faktorjih in znaša 18 Gy. Slikanje z magnetno resonanco (s FRFSE sekvenco, debelina reza 1 mm in FSE, z debelino reza 3 mm.) se izvede v čim krajšem času po implantaciji igel, da se izničijo morebitni premiki. Sledi izdelava plana v programu BrachyVision, ki zajema rekonstrukcijo igel in določitev časov obsevanja. Obsevanje se izvaja na PDR afterload aparatu Varian GammaMed, ki se je v praksi izkazal za kompetativnega HDR afterload aparatom. Prva frakcija 6 Gy sledi v razmaku do dveh ur po implantaciji, nato sledi minimalno 6urni urni premor, istega dne zvečer pa dobi pacient drugo frakcijo. Naslednje jutro se naredi kontrolni CT, izmeri se morebitne premike igel in po potrebi spremeni plan obsevanja (čase bivanja Ir-192 vira) ali pa popravi lego igel (če odstopa od dopustne meje, ki je na Onkološkem inštitutu 3 mm); pri tem po potrebi popravijo tudi čase bivanja vira ter nadaljujejo obsevanje. Pri zelo velikih odstopanjih več igel hkrati je pacient naročen na ponovno aplikacijo čez en teden.



Slika 2: Obsevalni aparat s funkcijo naknadnega polnjenja

Merjenje premikov

Za izračunavanje premikov se na Onkološkem inštitutu v Ljubljani uporablja metoda merjenja razdalje od vrha igel do transversalne ravnine tistega zlatega markerja, ki se na MR sliki najbolj vidi. Meritve pridobijo na podlagi MR in CT slik (drugi dan zdravljenja). Igle se na slikah najprej rekonstruira in oštevilči. Oštevilčenje igel poteka od leve proti desni, od vrha proti dnu matrike. Morebitne premike merita dve osebi. Na slikah se orientirata najprej po zlatemu markerju, nato pa ravnine (3D posnetkov) poravnata glede na lego vstavljenih igel. Meritve se zapišejo v prirejeno tabelo, ki sproti izračunava razliko med premiki s CT in MR slik. Pri odstopanjih, ki so večja od dopustnih 3 mm, se tabela obarva, s čimer program excel avtomatsko opozori na preveliko odstopanje in tako zmanjša možnost človeške napake.



Slika 3: Izvajanje meritve na CT in MR sliki pred zadnjim odmerkom doze

Ime in Priimek Številka popisa		XY 1111/11		
zap. št.	CT	MR	Δ	premik na pacientu
1	1,52	1,7	-0,18	
2	1,2	1,4	-0,2	
3	1,9	2,1	-0,2	
4	2,34	2,3	0,04	
5	2,68	2,9	-0,22	
6	3,08	2,9	0,18	
7	2,72	2,9	-0,18	
8	3	3,2	-0,2	
9	2,87	3	-0,13	
10	2,87	2,9	-0,03	
11	2,6	2,9	-0,3	
12	2,72	3	-0,28	
13	2,97	3	-0,03	
14	2,43	2,8	-0,37	
15	2,85	3,1	-0,25	
16	2,74	2,7	0,04	
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
Datum:	18.05.2011			
Radiofizik / Dozimetrist			Zdravnik	

Slika 4: Zapis pridobljenih podatkov

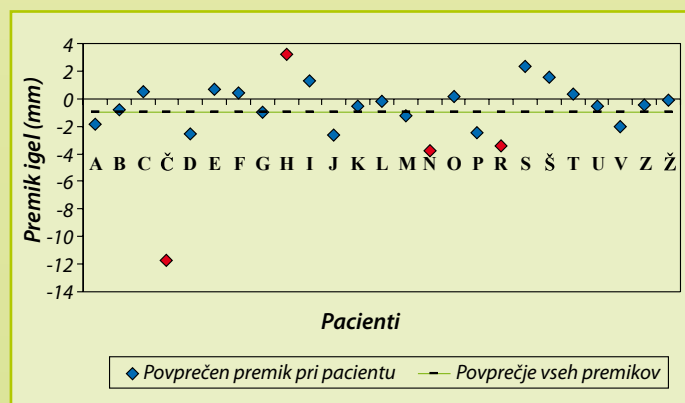
REZULTATI

Tabela 1 kaže statistiko vstavljenih igel. V povprečju je bilo vstavljenih 15 igel na pacienta, največ 19 (pacient P), najmanj pa 11 (pacient R), najpogostejše število implantiranih igel je bilo 13.

Tabela 1: Analiza igel glede na pacienta

Pacienti (A-Ž)	Število vseh igel	Povprečje ± st.odklon (mm)	Mediana (mm)	Standardni odklon (mm)	Najpogostejše št. vstavljenih igel
25	377	15±2,2	15	2,2	13

Graf 4 prikazuje povprečje premikov igel pri posameznem pacientu. Negativne vrednosti so premik igel v kaudalno, pozitivne pa v kranialno smer. Pri pacientu Č drugi dan zdravljenja ni bil niti ena igla v mejah normale, medtem ko popravki pri pacientih B, E, F, K, L, M, O, U, Z in Ž niso bili potrebni.



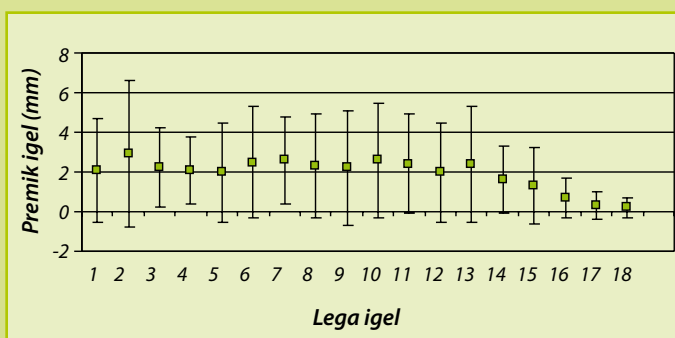
Graf 4: Povprečje premikov igel

Modre točke na grafu 1 so izmerjena povprečja premikov pri posameznem pacientu znotraj, rdeče pa izven dopustne meje 3 mm. Črtna označuje povprečje premikov igel pri vseh pacientih in znaša 1 mm kaudalno.

Številka igel	Povprečja premikov	Standardni odkloni	Mediane	Minimalni premiki	Maksimalni premiki
1.	2,1	2,6	1,1	0	12,0
2.	2,9	3,7	2,0	0	15,1
3.	2,2	2,0	1,4	0	8,5
4.	2,1	1,7	1,9	0	7,7
5.	2,0	2,5	1,4	0	2,5
6.	2,5	2,8	2,0	0	3,7
7.	2,6	2,2	2,0	0	9,5
8.	2,3	2,6	1,4	0,1	12,0
9.	2,2	2,9	1,0	0	12,8
10.	2,6	2,9	1,6	0	13,5
11.	2,4	2,5	1,4	0	11,0
12.	2,0	2,5	1,4	0	12,3
13.	2,4	2,9	1,7	0,4	14,5
14.	1,6	1,7	1,0	0,6	5,5
15.	1,3	1,9	0,4	0	7,2
16.	0,7	1,0	0	0,5	2,8
17.	0,3	0,7	0	0	2,2
18.	0,2	0,5	0	0,5	2,0
Povprečja	1,9	2,2	1,2	0,1	9,7

Tabela 2: Izračuni premikov igel (v mm)

Tabela 2 prikazuje izračune podatkov o premikih posameznih igel od 1. – 18.) pri vseh 25 obravnavanih pacientih. Iгла št. 19 je bila pri izračunih izpuščena, ker je bila vstavljena samo enemu pacientu in zato predstavlja premajhen vzorec za analizo. Povprečen premik igel je bil $1,9 \pm 2,2$ mm (povprečje ± standardni odklon), največji premik je bil pri legi igle št. 2, razpon popravkov od 0 – 15,1 mm.



Graf 5: Povprečno odstopanje lege katetrov s standardnimi odkloni v mm

Graf 5 kaže, kolikšen je bil premik igel na posameznih legah. Največji premik so imele igle na legi št. 2, najmanjšega pa na št. 18. Pri teh rezultatih je potrebno upoštevati število igel pri posameznem pacientu, ki je bilo različno: 23 pacientov (92%) je imelo vstavljene igle od št. 1 – 13, medtem ko je imelo npr. iglo št. 17 vstavljenih le 7 (28%).

RAZPRAVA

HDR brahiterapija prostate teži k natančni implantaciji igel, konformnosti doze in ponovljivosti zdravljenja. V kombinaciji s teleradioterapijo (TRT) je brahiterapija metoda izbora za lokalizirane tumorje (Kovács et al., 2005; Yoshida et al., 2009). Korekcija premikov igel v fracionirani terapiji je pomemben dejavnik uspešnosti zdravljenja, ki ga moramo upoštevati in temu primerno ravnati (Simnor et al., 2009).

Premike igel v HDR brahiterapiji v kavdalno smer so analizirali že v več raziskavah, ki so bile izvedene pod različnimi pogoji (Mullokanov and Gejerman, 2004). Namen teh raziskav je bil podoben našemu⁴, vendar so različni avtorji pri analiziranju uporabili še izračune 90% doze (D90) in pre-doziranja kritičnih organov, drugačne metode merjenja premikov⁵, drugačne fiksacijske pripomočke⁶ in slikovne metode (Damore et al., 2000; Hoskin et al., 2003; Mullokandov and Gejerman, 2004; Kim et al., 2006; Yoshida et al., 2008).

Martinez et al. (2001) so s pomočjo diaskopije izmerili 20 mm velike povprečne premike med prvo in drugo frakcijo s 6 urnim premorom. Kim et al. (2006) navajajo povprečen premik igel 4,1 mm (med prvo in drugo frakcijo z 19 urnim premorom ter z uporabo zobnega kita za fiksacijo igel na perinej. Damore et al. (2000) poročajo, da so ugotovili možnost velikih premikov, kar ima za posledico nestrokovno obsevanje (obsevali so v štirih frakcijah), če prvotnega plana obsevanja ne popravijo. Njihove meritve so pokazale, da je premikanje prostate in igel najintenzivnejše med prvo in drugo frakcijo. S klasičnim rentgenskim slikanjem so izmerili povprečen premik 7,6 mm. Hoskin et al. (2003) so izračunali 9,7 mm povprečen premik glede na lego prostate. Vse te raziskave so pokazale časovno odvisnost premikanja igel. Kim et al. (2006) povzamejo rezultate maksimalnih odstopanj. Po približno 12 urah po prvi frakciji (torej pred drugo frakcijo) je največji premik znašal 20 mm in nato le 6 mm pred tretjo frakcijo.

Glede časovnega vidika (celokupno trajanje terapije, ki je približno 24 ur) lahko rezultate te raziskave primerjamo z Kim et al., (2006). Kljub temu so pri primerjavi nekatere razlike v metodi dela, ki lahko pogojujejo rezultate. Spodnja tabela prikazuje te razlike.

Metoda merjenja dolžine od vrha igle do transversalne ravnine markerja na Onkološkem inštitutu (OI) ne upošteva možnosti premika zlatega markerja, medtem ko Kim et al. (2006) to možnost izničijo s povprečjem dveh metod (BM in COGM). Premik zlatega markerja nastopi kot individualni premik (redko) ali kot premik cele prostate in markerja v njej (pogosteje). V tem primeru so na OI s pomočjo natančnih CT slik (1,5 mm rezi) prepoznali spremembe in temu primerno popravili plan in lego igel. Kim in sodelavci navajajo težave pri izbiranju rezine markerja s 3 mm CT rezi, od katerega merijo razdalje. Markerji na sliki povzročijo artefakte, zato se prikažejo na več rezih. Izbira rezine s sredino markerja je pomembna, saj drugače povzroči 1,5 mm napako (Kim et al., 2006). V obeh primerih se v raziskavah izbere rez, na katerem je artefakt markerja največji in se s tem napaki pri merjenju. Kim et al., 2006 prav tako omenjajo omejeno natančnost merjenja premikov, zaradi 3 mm debeline rezin. Iz praktičnih izkušenj uporaba 1 mm posnetkov olajša iskanje vrha igel in zmanjša napako pri ocenitvi vrha iz 3 mm na 1 mm.

Z grafom 1 lahko potrdimo poročila drugih raziskav, da prevladujejo premiki igel v kavdalni smeri (Hoskin et al., 2003; Mullokandov and Gejerman, 2004; Kim et al., 2006). V našem primeru je bilo 64% vseh igel premaknjenih v kavdalni, 36% pa v kranialni smeri. Vzroki premikov so lahko fiziološki (npr. količina vode v mehuruju), patološki (rast edema) ali pa umetno povzročeni (premik cele matrike) (Hoskin et al., 2003; Kim et al., 2006). Graf 1 tudi pokaže, da pri 84% pacientov ni bilo večjih premikov igel, pri 12% je bilo potrebno popraviti plan obsevanja in položaj igel pri 4% (pacient Č) pa je bilo treba igle vstaviti ponovno. Do večjih premikov v kavdalni smeri pri pacientu Č je lahko prišlo zaradi nemirnega spanja (v noči iz prvega na drugi dan) ali pa si je igle, kljub fiksaciji, nehoteno premaknil sam. Rezultati te raziskave so torej pokazali, da je kombinacija uporabe fiksacijskih "naramnic" s prišitjem matrike na obeh lateralnih straneh na perinej zelo učinkovita metoda fiksacije. Odstopanje od meje dopustnosti v kranialno smer smo opazili le pri pacientu H. Lege igel, ki najbolj odstopajo, so v levem spodnjem kotu matrike (igle št. 9, 11, 12, 15). Velika verjetnost je, da so ti pacienti naslonili igle ob posteljo in si pri tem potisnili matriko z iglami v kranialno smer.

Avtorji preiskav	Slikovne metode	Metoda merjenja	Fiksacijski pripomočki	Število pacientov	Število katetrov
Yongbok et al, 2006	CT 3mm	Dolžina od konice katetra do markerja (COGM) in merjenje glede na kostni marker (BM)	Obročki na katetrah in zobni kit	10	160
Onkološki inštitut v Ljubljani	MRI 1mm CT 1mm	Dolžina od konice katetra do transversalne linije markerja	Obročki, plastična matrika, naramnice	25	377

Tabela 3: Razlike med raziskavo Yongboka in sodelavcev in raziskavo na Onkološkem inštitutu

Pred vsakim obsevanjem v frakcionirani brahiterapiji je zaželeno, da se pridobijo CT kontrolne slike (Hoskin et al., 2003). V prihodnje bi bilo dobro narediti raziskavo premikov pred drugim obsevanjem, rezultate primerjati z rezultati drugih institucij in oceniti potrebo po uvedbi kontrolnega slikanja tudi pred drugo frakcijo na Onkološkem inštitutu v Ljubljani (sedaj opravijo MRI slikanje takoj po vstavitvi igel, pred prvo frakcijo in CT drugi dan, pred tretjo frakcijo).

SKLEP

Ta raziskava je pokazala, da so moderne slikovne metode pomemben dejavnik pri planiranju in korekciji lege igel pri frakcionirani brahiterapiji in da s primerno fiksacijo v večjem številu prihaja le do manjših premikov igel v prostati. Preverjanje lege igel z modernimi slikovnimi metodami doprinese k visokim standardom obsevanja prostate z BRT. Protokol zdravljenja prostate z brahiterapijo Onkološkega inštituta v Sloveniji se lahko primerja s svetovnimi standardi in jih na nekaterih področjih presega.

LITERATURA

Damore JS, Syed N, Puthawala AA, Sharma A (2000). Needle displacement during HDR brachytherapy in the treatment of prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 46(5):1205-1211.

Hoskin PJ, Bownes PJ, Ostler P et al. (2003). High dose rate afterloading brachytherapy for prostate cancer: catheter and gland movement between fractions. *Radiat Oncol.* 68:285-288.

Hudson R (1999). Brachytherapy treatments increasing among Medicare population. *Health Policy Brief of the American Urologic Association*, 9:1-8.

Kim Y, Hsu IC and Pouliot J (2006). Measurement of craniocaudal catheter displacement between fractions in computed tomography-based high dose rate brachytherapy of prostate cancer. *JACMP.* 2007;8(4).

Kovács G, Pötter R, Loch T et al. (2005). GEC/ESTRO-EAU recommendations on temporary brachytherapy using stepping sources for localised prostate cancer. *Radiat Oncol.* 74:137-148.

Martinez AA, Pataki I, Edmundson G, Sebastian E, Brabbins D, Gustafson G (2001). Phase II prospective study of the use of conformal high-dose-rate brachytherapy as monotherapy for the treatment of favorable stage prostate cancer: a feasibility report. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 49(1):61-69.

Mullokanov E, Gejerman G (2004). Analysis of serial CT scans to assess template and catheter movement in prostate HDR brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 58(4):1063-1071.

Novaković S, Hočevar M, Novaković JB, Strojjan P, Žgajnar J in sod. (2009). *Onkologija : raziskovanje, diagnostika in zdravljenje raka.* Ljubljana: Mladinska knjiga.

Simnor T, Li S, Lowe G et al. (2009) Justification for inter-fraction correction of catheter movement in fractionated high dose-rate brachytherapy treatment of prostate cancer. *Radiat Oncol.* 93(2):253-258.

Yoshida K, Yamazaki H, Nose T et al. (2008). Needle applicator displacement during high-dose-rate interstitial brachytherapy for prostate cancer. *Brachytherapy.* 2010;9(1):36-41.

⁴ Izmeriti premike igel in jih analizirati.

⁵ Od vrha igle do markerja, merjenje glede na kostne markerje.

⁶ Zobni kit, fiksacija brez matrike.