

UTJECAJ POGREŠKE U POLOŽAJU BOLESNIKA TIJEKOM ZRAČENJA ZDJELICE NA RASPODJELU DOZE

*Mladen Kasabašić¹, Vedran Rajevac², Slaven Jurković³, Ana Ivković¹,
Hrvoje Šobat² i Dario Faj¹*

¹Kliničko-bolnički centar Osijek, Odjel radioterapije i onkologije, Osijek

² Klinička bolnica "Sestre milosrdnice", Klinika za tumore, Zagreb

³Klinički bolnički centar Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju,

Odsjek za radiofiziku i dozimetriju, Rijeka

mkasabasic@mefos.hr

UVOD

Radioterapija megavoltnim snopovima fotona linearnog akceleratora je oblik lokalnog onkološkog liječenja. Njen cilj je predati propisanu apsorbiranu dozu ciljnom volumenu, uz što manju dozu okolnom, zdravom tkivu. Proces se sastoji od niza koraka u kojima sudjeluje tim stručnjaka iz različitih područja. Veliki broj postupaka i ljudi uključenih u radioterapijski proces, nepouzdanosti uređaja, te pomaci bolesnika i unutrašnjih organa tijekom terapije mogu uzrokovati odstupanja između planirane i stvarne raspodjele doze [1-4].

Radioterapija zdjelice primjenjuje se kod bolesnika s ginekološkim i rektalnim tumorima. Propisane doze kod zračenja takvih tumora mogu izazvati nuspojave uzrokovane ozračivanjem okolnih zdravih tkiva, ponajviše tankog crijeva. Postavljenjem bolesnika u potrbušni položaj na pomagalo za imobilizaciju i pozicioniranje – podložak s rupom (engl. *bellyboard*), postiže se izmještanje tankog crijeva izvan zdjelice i bitno smanjuje njegov volumen u polju zračenja. Problem je što se istovremeno može ugroziti reproducibilnost preciznog položaja bolesnika [5,6]. Uzroke varijabilnosti položaja bolesnika tijekom terapije možemo podijeliti na slučajne i sistematske. Slučajne pogreške su nasumične i nemoguće ih je spriječiti. Prilikom planiranja radioterapije predviđamo ih i uključujemo ih u ciljne volumene dodajući volumenima sigurnosni rub [1]. Sistematske pogreške, ukoliko postoje, prisutne su tijekom dijela ili čak cijele terapije. Utjecaj sistematskih pogrešaka potrebno je umanjiti kako bi razlika planirane i stvarno primljene doze bila čim manja.

Prije početka radioterapije potrebno je napraviti plan zračenja, odnosno izračunati raspodjelu doze u anatomskom području od interesa (engl. *region of interest*, ROI). Valjanost plana zračenja procjenjuje se prema dozno – volumnom histogramu (DVH). Analizira se pokrivenost planiranog volumena (engl. *PTV conformity index*, CI_{PTV}), predviđena doza zračenja na vitalne rizične organe i jednoličnost raspodjele doze u ciljnom volumenu (engl. *homogeneity index*, HI).

U radu smo prikazali odstupanja raspodjele doze unutar područja od interesa zbog pogreške u položaju bolesnika. Uz to, ispitali smo utjecaj pogreške u položaju bolesnika na veličine koje služe za procjenu kvalitete plana.

MATERIJALI I METODE

Pogreške u položaju bolesnika ispitane su u skupini od 35 bolesnika zračenih na područje zdjelice uz imobilizaciju "belly-boardom". Pogreške su bile u rasponu od -19,2 mm do 30,5 mm, od -30,3 mm do 15,4 mm i od -14,7 mm do 18 mm u smjerovima: antero-posteriornom (AP), kaudo-kranijalnom (CC) i medio-lateralnom (ML), redom. Izračunate sistematske pogreške dosezale su 12 mm u CC i AP smjeru, a 9 mm u ML smjeru [1]. Rotacija područja od interesa je također opažena i iznosila je do 14° [3].

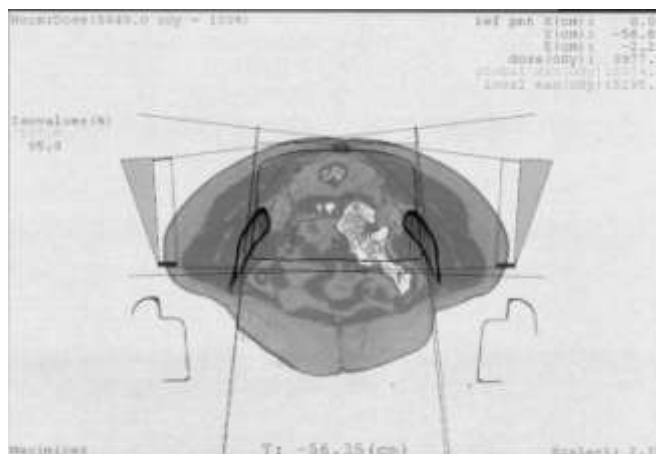
Nakon toga je, za 5 bolesnika, izrađen 3 – D konformalni plan zračenja – izocentrički s tri snopa (Slika 1), s propisanom dnevnom dozom od 1,8 Gy do ukupne doze od 50,4 Gy na ciljni volumen. Ciljni volumen određen je tako da načelno obuhvaća ležište odstranjenog tumora i različite skupine limfnih čvorova zdjelice, koje ovisno o vrsti tumora predstavljaju povećani rizik za povrat bolesti. Planovi su rađeni pomoću 3D sustava za planiranje terapije zračenjem, XiO (CMS Inc., St. Louis, MO) za linearni akcelerator Siemens Mevatron MD2 s višelamelarnim kolimatorom. Valjanost plana procijenjena je prema dozno – volumnom histogramu. Tada su isti planovi ponovno izrađeni na jednaki način, samo s pomaknutim izocentrom za prije izmjerene vrijednosti. Izocentar je pomican u smjerovima koordinatnih osi po 3 mm do ± 3 cm u AP, CC i ML smjeru redom.

Za sve radioterapijske planove dobivene na gore opisani način usporedili smo DVH, CI_{PTV} i HI , te dozu na okolno zdravo tkivo u planiranom položaju i u položajima koji odstupaju od planiranih.

CI_{PTV} smo računali prema:

$$CI_{PTV} = V_{PTV95\%} / V_{PTV} \quad (1)$$

gdje je $V_{PTV95\%}$ volumen PTV-a koji je primio najmanje 95 % tražene doze, a V_{PTV} je volumen PTV-a. Plan smo smatrali prihvatljivim uz uvjet $CI_{PTV} > 0,97$, odnosno ako je barem 97 % PTVa ozračeno s 95 % tražene doze. Ograničenje ove veličine je da nije osjetljiva na volumen ozračenog okolnog tkiva.



Slika 1. Položaj bolesnika je na trbuhu u "belly-boardu". Na slici je označen planirani ciljni volumen (PTV) i snopovi linearnog akceleratora.

Zbog toga smo promatrali i promjenu CI' , veličine koja uzima u obzir i volumen zdravog tkiva koji je ozračen s dozom većom od 95 % propisane doze [7]:

$$CI' = \frac{V_{PTV}}{V_{95\%}} \left(1 - \frac{V_{PTV < 95\%}}{V_{PTV}} \right) = \dots = \frac{V_{PTV 95\%}}{V_{95\%}} \quad (2)$$

gdje je $V_{PTV < 95\%}$ volumen PTVa ozračen s manje od 95 % tražene doze, a $V_{95\%}$ volumen tkiva (ne samo PTVa) ozračen s više od 95 % tražene doze. Iz definicije je vidljivo da CI' nema smisla ukoliko je dozom većom od 95 % ozračen samo dio PTVa. Dakle, CI' je dobar pokazatelj ozračenosti okolnog tkiva ukoliko je CI_{PTV} zadovoljavajući. Kako se vidi CI' je uvijek manji od 1, a okolno tkivo je tim manje ozračeno čim je CI' bliži 1.

HI opisuje odstupanje doze u planiranom volumenu od prepisane doze i definira se kao omjer maksimalne doze u PTVu i planirane doze. Preporuka je da maksimalna doza unutar PTVa bude manja od 107 % propisane doze, s tim što maksimum doze ne smije biti izvan PTV-a [8].

Dakle, HI dobrog radioterapijskog plana je manji od 1,07. Kako je važan i volumen tkiva ozračenog visokom dozom dana je dodatna veličina koja opisuje jednoličnost doze u PTV-u, HI' [9,10]:

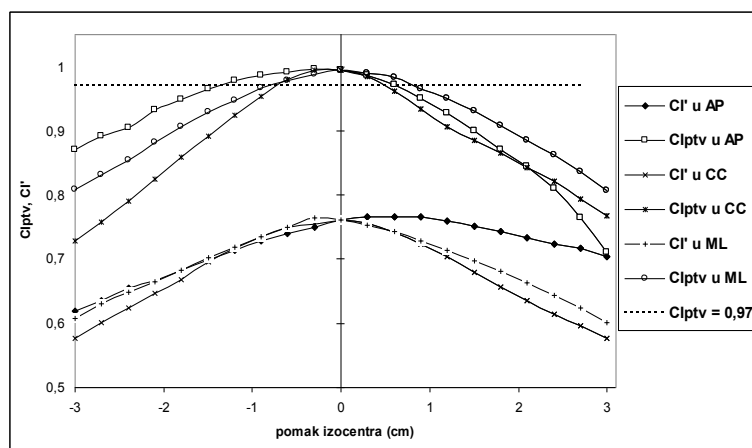
$$HI' = \frac{D_2 - D_{98}}{D_p} \quad (3)$$

gdje D_2 označava dozu kojom je ozračeno 2 % PTV-a, a D_{98} 98 % PTV-a, D_p je doza propisana na PTV. HI' dobrog radioterapijskog plana treba biti čim bliže nuli.

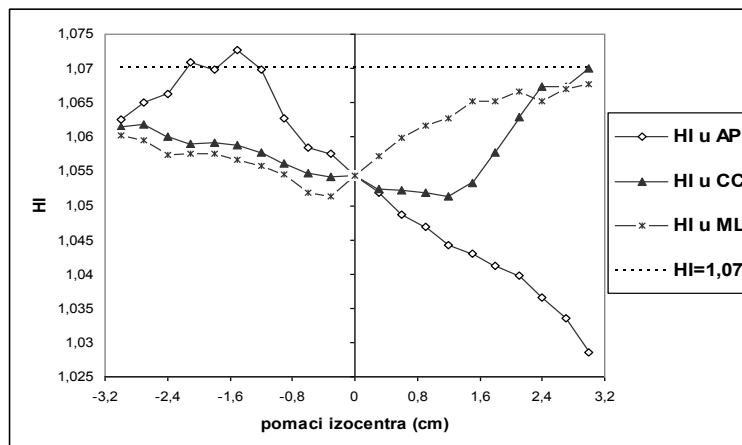
REZULTATI

Terapijski planovi 5 simuliranih bolesnika odabrani su na osnovi analize DVH, te $CI_{PTV} > 0,97$. CI' je bio u rasponu od 0,755 do 0,775 za te planove.

Prikaz promjene CI_{PTV} i CI' , za jednog bolesnika, pri pomacima izocentra do ± 3 cm od planiranog položaja dan je na Slici 2.



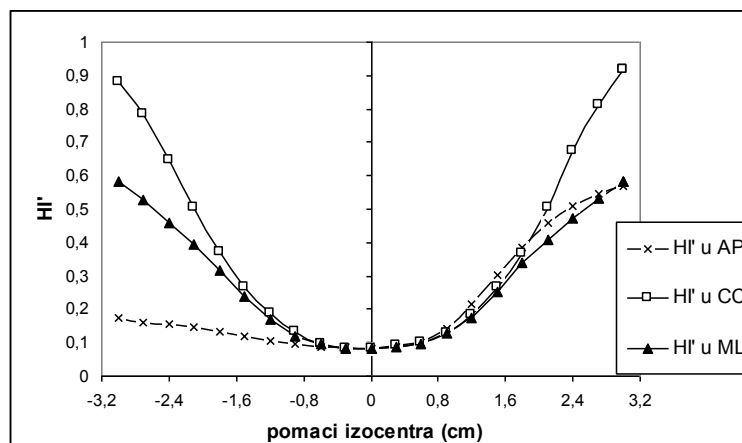
Slika 2. Prikazane su ovisnosti CI_{PTV} i CI' o pomaku izocentra u sva tri smjera za jednog bolesnika. Naznačena je i vrijednost kod koje plan više ne smatramo prihvatljivim ($CI_{PTV} < 0,97$).



Slika 3. Ovisnost HI o pomaku izocentra u sva tri smjera. Naznačena je i vrijednost kod koje plan više ne smatramo prihvatljivim $HI > 1,07$.

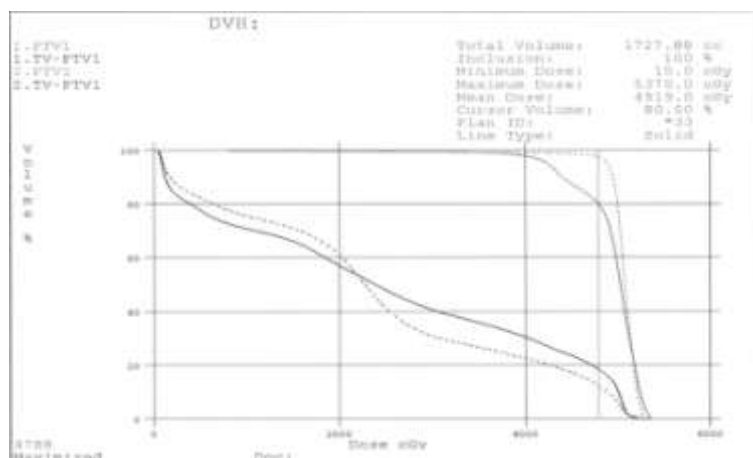
HI koji opisuje jednoličnost doze u PTVu bio je od 1,054 do 1,065, a HI' od 0,075 do 0,089 za radioterapijske planove 5 bolesnika.

Promjena HI kada se položaj izocentra mijenja prikazana je na Slici 3, a HI' na Slici 4.



Slika 4. Ovisnost HI' o pomaku izocentra u sva tri smjera. Plan je tim bolji čim je HI' manji.

Slika 5 prikazuje DVH za planirani položaj izocentra i za najveće izmjereno odstupanje u AP smjeru (3 cm).



Slika 5. DVH-i za planirani položaj izocentra (crtkana linija) i za najveće odstupanje u AP smjeru (puna linija). Prikazani su PTV i okolno zdravo tkivo (TV – PTV).

ZAKLJUČAK

Odstupanja položaja bolesnika tijekom radioterapije zdjelice na "belly-boardu" od planiranog položaja mogu doseći i do 3 cm u AP i CC smjeru ukoliko se ne korigiraju. Takvi pomaci dovode do velikih odstupanja stvarne od planirane raspodjele doze u tkivu (Slika 5). Već i manji pomaci bolesnika (5 – 7 mm) mijenjaju CI_{PTV} do te mjere da bi radioterapijski plan smatrali neprihvatljivim zbog slabije pokrivenosti PTV-a dozom (Slika 2). Međutim CI_{PTV} se ne mijenja kada se povećava volumen ozračenog okolnog zdravog tkiva. Zbog toga je, uz CI_{PTV} dobro koristiti i CI vrijednost koja uzima u obzir i volumen ozračenog okolnog tkiva.

Prilikom promjene položaja bolesnika jednoličnost doze u PTV-u, opisana s HI ne mijenja se značajno (Slika 3). Razlog tome je što je HI omjer maksimalne doze u PTV-u i planirane doze. Dakle, kada je maksimalna doza van PTV-a, HI se ne mijenja ili je čak i manji. HI indeks ne promatra samo točku maksimuma, nego je proširen na volumene velike i male doze, te je puno osjetljiviji na pomake izocentra od HI (Slika 4).

Razlike između planiranog i stvarnog položaja bolesnika mogu dovesti do velike razlike u raspodjeli doze. Pomaci bolesnika su simulirani samo u smjerovima koordinatnih osi, ali ne i u proizvoljnom smjeru koji realnije opisuje stvarne pomake. Također, nije simulirana već prije opažena rotacija područja od interesa [3]. Uz ovo postoje i pomaci unutrašnjih

organa [11], pa možemo reći da su stvarni pomaci još i veći, te postoji i naglašenija razlika planirane i predane doze.

Dakle, prikazani rezultati pokazuju potrebu za smanjenjem pogrešaka u položaju bolesnika tijekom radioterapije kako bi se stvarno primljena doza što više približila planiranoj. Kako bi se to postiglo potrebno je provoditi program osiguranja kvalitete u radioterapijskom procesu.

LITERATURA

- [1] Kasabašić M, Faj D, Belaj N, Faj Z, Tomaš I. Implementing of the offline setup correction protocol in pelvic radiotherapy: safety margins and number of images. *Radiology and Oncology* 2007;41:48-55.
- [2] Kasabašić M, Faj D, Radojčić ĐS, Švabić M, Ivković A, Jurković S. Verification of the patient positioning in the bellyboard pelvic radiotherapy. *Coll Antropol* 2008; Suppl 32:211-215.
- [3] Kasabašić M, Faj D, Ivković A, Jurković S, Belaj N. Rotation of the patients' sacrum during the bellyboard pelvic radiotherapy. *Med Dosim* 2010;35:28-30.
- [4] Cazzaniga LF, Frigerio M. Errors in positioning the patient during transcuteaneous radiotherapy of the pelvis. *Radiol Med* 1997;94:664-670.
- [5] Ghosh K, Padilla LA, Murray KP, Downs LS, Carson LF, Dusenbery KE. Using a belly board device to reduce the small bowel volume within pelvic radiation fields in woman with postoperatively treated cervical carcinoma. *Gynecol Oncol* 2001;83:271-275.
- [6] Olofsen-van Acht M, van den Berg H, Quint S, de Boer H, Seven M, van Sömsen de Koste J, Creutzberg C, Visser A. Reduction of irradiated small bowel volume and accurate patient positioning by use of a bellyboard device in pelvic radiotherapy of gynecological cancer patients. *Radiother Oncol* 2001;59:87-93.
- [7] Vincent WC, Wu DLW, Kwong Jonathan STS. Target dose conformity in 3-dimensional conformal radiotherapy and intensity modulated radiotherapy. *Radiother Oncol* 2004;71:201-206.
- [8] International commission on radiation units and measurements (ICRU). Prescribing, recording and reporting photon beam therapy. ICRU Report 50. Bethesda, Maryland, USA: ICRU; 1993.
- [9] Myonggeun Y, Sung YP, Dongho S, Se Byeong Lee, Hong Ryull Pyo, Dae Yong Kim, and Kwan Ho Cho. A new homogeneity index based on statistical analysis of the dose – volume histogram. *J Appl Clin Med Phys* 2007;8(2):9-17.
- [10] Wu Q, Mohan R, Morris M, Lauve A, Schmidt-Ullrich R. Simultaneous integrated boost intensity-modulated radiotherapy for locally advanced head-and-neck squamous cell carcinomas. I: Dosimetric results. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;56(2):573-585.
- [11] van de Bunt L, Ina M, Jurgenliemk-Schulz, Gerard A.P. de Kort, Judith M. Roesink, Robbert J.H.A. Tersteeg, Uulke A. van der Heide. Motion and deformation of the target volumes during IMRT for cervical cancer: What margins do we need? *Radiother Oncol* 2008;88:233-240.

INFLUENCE OF DAILY SET-UP ERRORS ON DOSE DISTRIBUTION DURING PELVIS RADIOTHERAPY

*Mladen Kasabašić¹, Vedran Rajevac², Slaven Jurković³, Ana Ivković¹,
Hrvoje Šobat² and Dario Faj¹*

¹University Hospital Center Osijek, Radiotherapy and Oncology Department,
Osijek, Croatia

²University Hospital "Sestre milosrdnice", Hospital for Tumors, Zagreb, Croatia

³University Hospital Center Rijeka, Radiotherapy and Oncology Department,
Rijeka, Croatia

mkasabasic@mefos.hr

An external beam radiotherapy (EBRT) using megavoltage beam of linear accelerator is usually the treatment of choice for the cancer patients. The goal of EBRT is to deliver the prescribed dose to the target volume, with as low as possible dose to the surrounding healthy tissue. A large number of procedures and different professions involved in radiotherapy process, uncertainty of equipment and daily patient set-up errors can cause a difference between the planned and delivered dose. We investigated a part of this difference caused by daily patient set-up errors.

Daily set-up errors for 35 patients were measured. These set-up errors were simulated on 5 patients, using 3D treatment planning software XiO (CMS Inc., St. Louis, MO). The differences in dose distributions between the planned and shifted "geometry" were investigated. Additionally, an influence of the error on treatment plan selection was checked by analyzing the change in dose volume histograms, planning target volume conformity index (CI_{PTV}) and homogeneity index (HI).

Simulations showed that patient daily set-up errors can cause significant differences between the planned and actual dose distributions. Moreover, for some patients those errors could influence the choice of treatment plan since CI_{PTV} fell under 97 %. Surprisingly, HI was not as sensitive as CI_{PTV} on set-up errors.

The results showed the need for minimizing daily set-up errors by quality assurance programme.