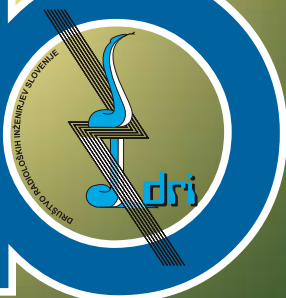


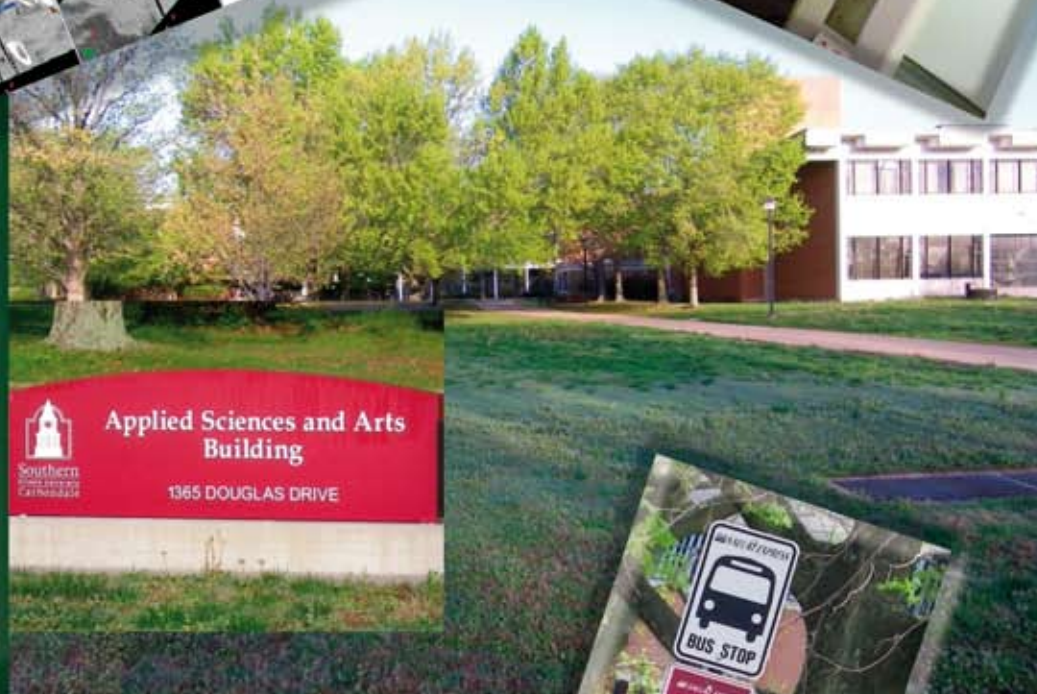
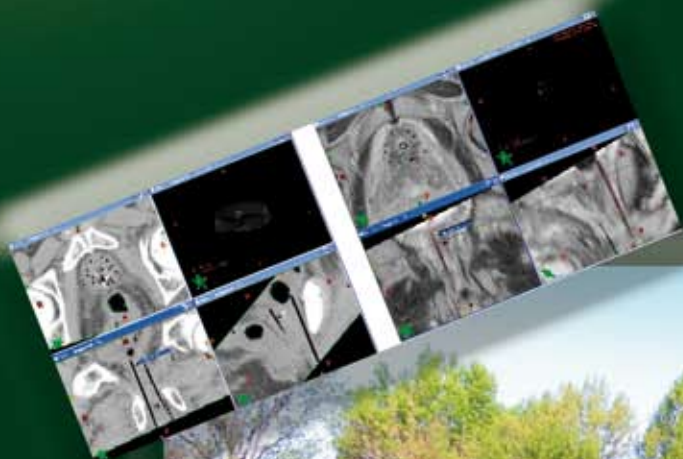
ISSN 1855-5136

letnik 28 . št. 1 . leto 2011

bilten



glasilo Društva radioloških inženirjev Slovenije in Zbornice radioloških inženirjev Slovenije



Analogna in digitalna radiološka tehnologija

1. kongres Društva radioloških inženirjev Slovenije

Ankaran, 18. in 19. maj 2012

www.radioloski-inzenirji.si



Strokovno in informativno glasilo
Društva radioloških inženirjev
Slovenije in Zbornice radioloških
inženirjev Slovenije

Izdajatelj:

Društvo radioloških inženirjev
Slovenije in Zbornica radioloških
inženirjev Slovenije

Urednik:

Nejc Mekiš
nejc.mekis@zf.uni-lj.si

Uredniški odbor:

Aleksandra Lukič Oklješa
Sebastijan Rep
Irena Hercog
Nina Bauer
Tina Starc

Naslov uredništva:

Zbornica radioloških inženirjev
Slovenije
Zdravstvena pot 5
1000 Ljubljana
tel.: 01 300 11 53
Tajnica DRI:
Mojca Lenarčič
moja.lenarcic@gmail.com
Tajnica ZRI:
Martina Nezman
martina.nezman@gmail.com

Prevajalka:

Janja Gaborovič

Članki so recenzirani z zunanjo
recenzijo
Recenzije so anonimne

Naklada:

690 izvodov

Grafično oblikovanje in tisk:

Tisk 24 d.o.o. Ljubljana

*Bilten je uradna strokovna revija
Društva in Zbornice radioloških
inženirjev Slovenije, z zunanjimi
recenzijami.*

*Namen Biltena so objave člankov z
vseh področij diagnostičnega slikanja
(diagnostična radiološka tehnologija,
CT, MR, UZ in nuklearna medicina) ter
terapevtske radiološke tehnologije in
onkologije.*

*Članki so strokovni in znanstveni:
rezultati raziskovalnega dela,
tehnološke ocene, opisi primerov itd.
V Biltenu objavljamo tudi sindikalne
novosti ter informacije o izobraževanju,
je pa tudi mesto za izmenjavo
informacij in mnenj radioloških
inženirjev.*



*Spoštovane kolegice, kolegi,
želim vam vesel in miren Božič,
Srečno in uspešno Novo leto
2012.*

Nejc Mekiš

radioterapevtska tehnologija

4

KONTROLA POLOŽAJA KATETROV PRI VISOKODOZNI BRAHITERAPIJI RAKA PROSTATE

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

diagnostična radiološka tehnologija

10

AMERIKA; JE TAM RES AMERIKA?

USA – IS IT REALLY THE PROMISED LAND?

diagnostična radiološka tehnologija

15

IZRAČUN POVPREČNE ŽLEZNE DOZE PACIENTK PRI MAMOGRAFIJI

CALCULATION OF MEAN GLANDULAR DOSE RECEIVED IN
MAMMOGRAPHY

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 periprostatic 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 bolj 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.

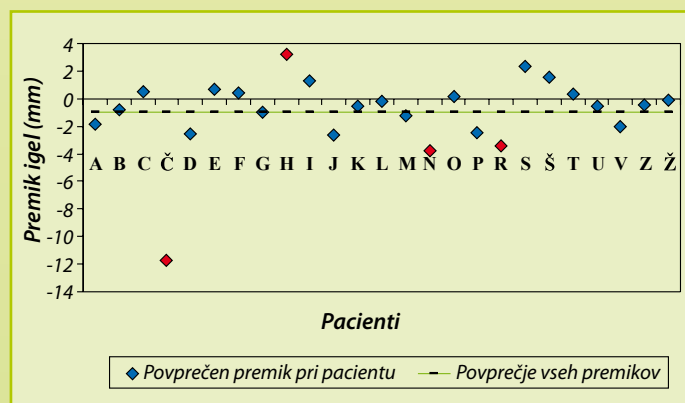
REZULTATI

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.



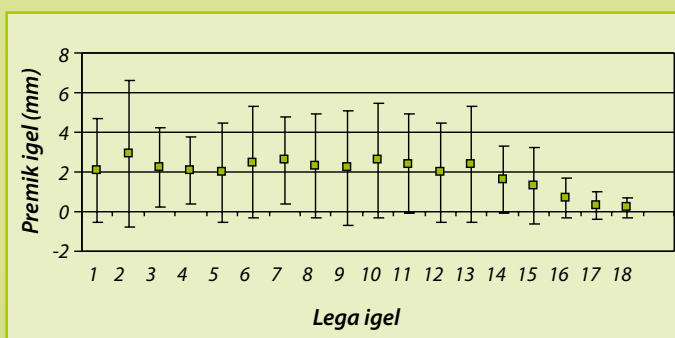
Graf 4: Povprečje premikov igel

Modre točke na grafu 1 so izmerjena povprečja premikov pri posameznem pacientu znotraj, rdeče pa izven dopustne meje 3 mm. Črtkana 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. Iglja 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 frakcionirani 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, Strojanič 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.

Strokovni članek

AMERIKA; JE TAM RES AMERIKA?

PRIMERJAVA IZOBRAŽEVANJA IN POLOŽAJA RADIOLOŠKEGA INŽENIRJA V SLOVENIJI IN ZDA

Professional Article

USA – IS IT REALLY THE PROMISED LAND?

COMPARISON OF EDUCATION AND RADIOGRAPHER'S POSITION IN SLOVENIA AND IN THE USA

Tina Starc, MSc. diag. rad. tehn.,

tina.starc@zf.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Oddelek za radiološko tehnologijo, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

IZVLEČEK

Uvod in namen: Tako v Sloveniji kot v Ameriki najdemo radiološke inženirje z višjo in visokostrokovno izobrazbo, le da v Sloveniji izobraževanje na višješolski stopnji ne poteka več od l. 1995. Namen prispevka je primerjava izobraževanja in položaja v praksi radiološkega inženirja med Slovenijo in ZDA.

Metodologija: Dedeskriptivna metoda; opazovanje, intervjuji, pregled literature o različnih izobraževalnih sistemih v Evropi in ZDA od l. 2003-2011.

Rezultati in razprava: Študij je v ZDA neprimerno dražji kot v Sloveniji; samo znesek šolnine za visokostrokovni študij stane v Carbondalu 40.000\$ (cca. 30.347€), medtem, ko v Sloveniji šolnin ni. Radiološki inženirji so v ZDA plačani glede na področje kjer delajo, njihova plača je pet do šestkrat nižja od plače zdravnika radiologa. Da lahko delo opravljajo, morajo redno obnavljati licenco. Večina jih ima 10 dni letnega dopusta.

Zaključek: Izobraževanje je v ZDA še vedno dualno, študenti so zaradi visokih stroškov šolnin za študij bolj motivirani. Radiološki inženirji imajo v ZDA manj ugodnosti kot v Sloveniji.

Ključne besede: izobraževanje radioloških inženirjev, šolnine, plače radioloških inženirjev.

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Both countries, Slovenia and the USA, have radiographers with vocational college and professional college education, but since 1995, the vocational college level education has no longer been provided in Slovenia. The purpose of this article is to compare the education and the position of the radiographers in practice in Slovenia and in the USA.

Methodology: Descriptive method; observation, interviews, literature review on different educational systems in Europe and in the USA between 2003 and 2011.

Results and Discussion: To study in the USA is far more expensive than in Slovenia; the tuition fee for professional college course in Carbondale is 40,000\$ (approximately 30.347€), while there are no tuition fees in Slovenia. Radiographers' salary in the USA depends on their field of work, but it is five to six times lower than the radiologists'

salary. In order to perform their work, they must periodically renew their licenses. Most of them get 10 days of annual leave.

Conclusion: The educational system in the USA is still dual. Students are more motivated in their studies due to the high tuition fees. Radiographers in the USA have fewer benefits than those in Slovenia.

Key words: education of radiographers, tuition fees, radiographers' salary

UVOD IN NAMEN

Izobraževanje za pridobitev naziva »diplomirani inženir radiološke tehnologije« poteka v Sloveniji na Zdravstveni fakulteti Univerze v Ljubljani, na visokostrokovnem študijskem programu Radiološka tehnologija, 1. stopnje. Diplomanti si naziv pridobijo, ko opravijo vse obveznosti in dosežejo 180 ECTS (ECTS je kratica za European Credit Transfer and Accumulation System oz. evropski sistem prenosa in zbiranja kreditnih točk študija; ena točka obsega 25 - 30 ur študentovega dela, v obliki predavanj, seminarjev, vaj, prakse). Kakšna bo pripravniška doba ter vsebina strokovnega izpita še ni dokončno znano; Ministrstvo za zdravje se trenutno zavzema, da bi se pripravništvo ohranilo (ZRI, 4. 4. 2011).

Tako kot pri nas poteka študij radiološke tehnologije tudi v Evropi, večinoma na visoko strokovni stopnji. Študenti se izobražujejo tri, tri in pol ali štiri leta in zato pridobijo 180, 210 ali 240 ECTS. Le v Španiji in Nemčiji je izobraževanje na ravni strokovnih šol (EFRS, 2011).

Namen obiska Univerze Southern Illinois in dveh bolnišnic je bil pridobiti čim več informacij, tako s področja izobraževanja radioloških inženirjev, kot njihovega položaja v praksi, o pogojih za opravljanje dela v ZDA in plačah ter nato pridobljene podatke primerjati s slovenskim načinom izobraževanja in položaja radioloških inženirjev.

Namen prispevka je predstavitev primera izobraževanja radioloških inženirjev v ZDA, položaja inženirjev v ZDA, način plačevanja po posameznih področjih dela v praksi ter opis vloge The American Registry of Radiologic Technologists, ki skrbi za podeljevanje licenc.

METODOLOGIJA

Uporabljena je bila deskriptivna metoda. Opazovanje, intervjuji, pregled študijskih programov o različnih izobraževalnih sistemih v Evropi in ZDA so bili načini pridobivanja podatkov. Vse te aktivnosti sem izvajala od leta 2003, odkar sem se vključila v projekt HENRE (Higher Education Network for Radiography Education) – evropski projekt, pri katerem smo sodelovali učitelji, ki sodelujemo pri izobraževanju radioloških inženirjev, člani evropskih društev in celo radiologi. Namen projekta je bil izdelati kompetence radioloških inženirjev začetnikov; nadalje ugotoviti ali lahko pripravimo predavanja, ki bi jih uporabljali učitelji po vsej Evropi in razviti evropski sistem podiplomskega izobraževanja za radiološke inženirje. Zadnjo nalogo je nato prevzela federacija evropskih društev - EFRS (European Federation of Radiographers Societies).

Primerjala sem študijske programe med seboj, z odprtimi vprašanji spraševala, kar mi ni bilo razumljivo. Eden izmed dokumentov, ki mi je služil kot izhodišče, so bili rezultati ankete »Educational Survey« izobraževalnega dela EFRS, bivšega HENRE-ja.

Sporazum med Univerzo v Ljubljani in Univerzo Southern Illinois v Carbondalu, ZDA in sreča, da se na objavljen razpis v okviru Univerze v Ljubljani ni prijavilo preveč kandidatov, mi je omogočilo obisk Oddelka za radiološko tehnologijo sorodne inštitucije, College of Applied Sciences and Arts od 10. - 23. 4. 2011. Z mešanimi občutki in nekaj nestrpnosti sem se prvič odpravila čez lužo.

Prijazen sprejem

Kolega, radiološki inženir dr. Mike Grey, za katerega kasneje izvem, da je soavtor poglavja o CT tehnologiji elitnega Merrillovega atlasa in dveh drugih strokovnih knjig, me pričaka na letališču St. Louis, v državi Missouri. Dvourni vožnja do Carbondala je kot bi gledal ameriški film: ravne ceste, takoj ko zapustiš avtocesto opaziš malo »zmahane« nizke hiše ob njih, polja, polja, polja - ravninski del Amerike, velike žitarice. Vtis ob prihodu v kampus (študentsko naselje) v Carbondalu pa je popolnoma drugačen. Kampus je zelo moderen, veliko je novih stavb in je popolno nasprotje ruralnega dela. Univerza je bila ustanovljena leta 1869. V kampusu, ki se nahaja sredi gozda, so fakultete in kolidži med seboj povezani z velikimi negovanimi travnatimi površinami. Študentski domovi se raztezajo čez polovico mesta izven kampusa, povezujejo jih redne avtobusne linije »Saluki express«. Na univerzi študira okoli 20.000 študentov, kar je približno tretjina vseh študentov celotne ljubljanske univerze. V okvir kampusa sodijo rekreacijski center, zdravstveni dom, stadion, plesna dvorana, moderna knjižnica in vsa potrebna podpora, kot je npr. vrtec za otroke. Vsak kolidž ali fakulteta ima svetovalca (educational adviser), ki je na voljo študentom za vsa mogoča vprašanja. V glavnem jim pomaga pri izbiri predmetov, saj morajo poleg glavnega predmeta (major) izbrati precej splošnih predmetov (minors), pomaga in usmerja jih tudi pri finančnih, družinskih ali drugih težavah.



Slika 1: College of Applied Sciences and Arts

Področju južnega dela države Illinois imenujejo »Little Egypt«. Združitev rek Mississippi in Ohio je nekatere spominjala na delto egiptovske reke Nil. Zato so nekaj mest in športnih klubov poimenovali z egiptovskimi imeni (Southern Illinois, 2011). Maskota Univerze Southern Illinois je egiptovski pes saluki.



Slika 2: Maskota Univerze Southern Illinois v Carbondalu v ZDA

REZULTATI IN RAZPRAVA

V tem delu prispevka bralec spozna način študija radiološke tehnologije v Ameriki in vidike o stroških študija. V nadaljevanju so navedene plače radioloških inženirjev in zdravnikov radiologov v Ameriki in opisan položaj radiološkega inženirja v praksi v ZDA.

Način študija radiološke tehnologije v ZDA

Do pred kratkim so bile tri poti, ki so študenta pripeljale do strokovnega naziva »radiološkega inženirja«. Tega imenujejo najpogosteje z »rad tech«, večkrat pa tudi »radiographer« ali redko z uradnim nazivom »radiologic technologist«, kot je tudi naziv izobraževalnega programa in strokovne revije ameriških radioloških inženirjev. Način študija v Carbondalu je visokostrokovni - Bachelor of Science in applied health sciences (BSc) in poteka na College of Applied Sciences and Arts, na Univerzi Southern Illinois (<http://www.sah.siu.edu/RADS/radiography.html>). Študij traja štiri leta, vsako leto ima tri semestre, jesenski in spomladanski trajata po 16 tednov, poletni pa 8. Prvo leto poslušajo samo splošne predmete (core subject), a lahko med njimi izbirajo, tako po vsebini, kot po zahtevnosti. Slediti morajo le predpisani shemi. Naslednje dve leti (junior rad tech) se spoznavajo s strokovnimi

predmeti, kot so: radiološka tehnologija, radiološka anatomija in patologija, radiobiologija, postopki slikanja v diagnostiki, farmakologijo ter etiko in zakonodajo (pouk poteka 16 ur tedensko). Po treh letih lahko študent pristopi k državnemu izpitu (board exam pri ASRRT - The American Registry of Radiologic Technologists). Tako kot državni izpit, morajo tudi vse ostale izpite opraviti z rezultatom, višjim od 75%, kar diplomantu omogoči pridobitev dovoljenja (licence) za opravljanje poklica, a le v državi, kjer se je izobraževal. Na tej stopnji si še ne pridobi naziva BSc, ampak le »Associate in Applied Science Degree for Radiologic Technology«. Če želi pridobiti BSc naziv, si izberejo eno od treh specializacij: CT/MR tehnologija, ultrazvok ali radioterapijo. V štirih letih preživijo dvakrat po šest mesecev pripravništva (internship) v eni izmed bolnišnic v državi, ali morda celo v sosednjih državah, izbor bolnišnice je odvisen od velikosti in raznolikosti posegov, ki jih v njej opravljajo. Študentu skušajo zagotoviti čim boljše pogoje, torej bolnišnice, ki nudijo čim večji izbor posegov.

Drugi način izobraževanja je v »Community college-ih«. To so kolidži, ki jih ustanovijo okrožja glede na potrebe lokalnih bolnišnic. Izobraževanje v njih je dvo ali dvo in pol letno. V primerjavi s študenti BSc programa, ti študenti ne poslušajo splošnih predmetov v tako velikem obsegu kot v BSc programu, prav tako tudi nimajo možnosti specializacije. Večina tovrstnih ustanov ponuja v zadnjem, poletnem semestru znanja s področja CT-ja. Sistem predavanj, kliničnih vaj in prakse poteka najpogosteje tako, da študenti 1. letnikov poslušajo predavanja v ponedeljek, sredo in petek, ob torkih in četrtek imajo prakso, v 2. letniku pa ravno obratno. Tudi oni po opravljenih obveznostih (a le po dveh letih, ker splošna znanja za opravljanje izpita niso zahtevana) pristopijo k državnemu izpitu, ki je pogoj za samostojno opravljanje dela. Prednost tovrstnega študija je v tem, da študenti lahko stanujejo doma, tako prihranijo denar za vožnjo, nastanitev in prehrano, pomanjkljivost pa v tem, da na klinični praksi vidijo le tisto, kar jim lahko ponudi okrajna bolnišnica. Pridobljeni naziv (radiographer) je enak kot pri študentih, ki študirajo tri leta v okviru univerze »Associate in Applied Science Degree for Radiologic Technology«.

Tretji način je izobraževanje v okviru bolnice, ki pa se danes v državi Illinois ne izvaja več. V vseh državah ZDA je še sedem tovrstnih programov. Naziv, ki si ga pridobijo je »Certificate in Applied Science Degree for Radiologic Technology«. Zvezna država Georgia je ena izmed tistih, ki te programe še izvaja (http://www.ehow.com/list_6736526_x_ray-technician-programs-georgia.html).

V državi Illinois, ki ima skoraj 13 milijonov prebivalcev, je en univerzitetni program radiološke tehnologije in 21 programov pri okrajnih kolidžih (Community college). V primerjavi s Slovenijo je število študentov radiološke tehnologije na milijon prebivalcev enako.

Univerza v Carbondalu ponuja tudi magistrski študij »dozimetrista« (<http://www.sah.siuc.edu/RADS/meddostrack1.html>).

Za dodatna znanja, ki si jih večinoma pridobijo na šolanju v centrih za boleznij dojke, štejejo mamografijo. Ženske po 35. letu starosti spodbujajo, da se udeležijo screening programa,

mamografije opravljajo enkrat letno. Radiološki inženirji, ki delajo mamografije končajo enega od obeh načinov izobraževanja, poleg tega lahko opravijo še licenčni izpit iz mamografije, ki pa ni obvezen.

Slikanje zob v ZDA opravljajo ustni higieniki. Izobraževanje o anatomiji, patologiji, metodah in tehnologiji je na zelo visokem nivoju, v Carbondalu je to poklic z nazivom BSc Dental Hygiene (2011) in je eden redkih programov na visokostrokovni ravni.

Specializacijo iz področja Nuklearne medicine (NM) ponuja le nekaj centrov po državi, večina kot nadgradnjo osnovnega dvoletnega šolanja radiološkega inženirja z opravljenim državnim izpitom. Nuklearno medicinski tehnolog lahko postane tudi študent, ki je pred tem študiral kemijo. Po šolanju lahko opravijo licenčni izpit. Kolegi s specializacijo iz NM področja so v Ameriki najboljše plačani med radiološkimi inženirji v letu 2009, poroča Casey (2010).

Radiološki inženir na področju radioterapije (BSc radiographer) pridobi izobrazbo na področju radioterapije po splošnih dveh letih diagnostične radiološke tehnologije. Večina teh študentov nadaljuje enoletni magistrski študij, usmerjen v dozimetrijo.

Način in stroški študij

Študenti imajo v kampusu Carbondale izjemne pogoje za študij. Kampus je neverjetno lep, urejen, študentu prijazen. Nahaja se sredi gozda; ob jezeru je nekaj študentskih domov. Imajo prelepo, pravkar prenovljeno sedem nadstropno knjižnico, v kateri je poleg knjig in revij veliko prostora za učenje, tako ob računalnikih, kot brez. Številne sobe v stavbi knjižnice omogočajo študentom individualno ali skupinsko delo. Imajo celo sobo, kjer so igrala, da se lahko otroci igrajo, starša pa študirata. V okviru kampusa je tudi rekreacijski center z bazenom, fitnesom, skupinskimi vadbami in zdravstveni dom za študente. Študentski domovi so prostorni, lepi, skoraj novi (sama sem stanovala v tri leta starem študentskem domu). Poseben del je namenjen materam samohranilkam in družinam z otroki. Žal pa vse to stane. Stroški šolnine, prispevki za zdravstveno zavarovanje, prevozi in rekreacijski center znašajo približno 10.000\$ (cca. 7.587€) letno. Temu je potrebno prišteti mesečno še 450\$ (cca. 341€) najemnine za študentski dom, stroške za hrano, itd. Tem stroškom se pridruži še strošek za najem stanovanja v času pripravništva, ki je praviloma v drugem mestu, ki je preveč oddaljeno za vsakodnevni prevoz. Ostale stroške pokrijejo s študentskimi posojili, za katere ne plačujejo obresti, dokler se ne zaposlijo. V povprečju ostane diplomantu po končanem študiju okoli 40.000\$ (cca. 30.347€) dolga. Najboljši študenti že ob vpisu dobijo šolnino, a teh srečnežev je zelo malo. Ostalim včasih pomagajo starši, kar pa ni samoumevno. Tako večina študentov po predavanjih opravlja eno ali dve službi, za kar prejemajo minimalno plačo 8\$ (cca. 6€) na uro. Zame presenetljiv podatek je bil, da so se zaradi visokih stroškov študija šele letos na študij lahko vpisali nekateri potomci imigrantov, ki so v Ameriko prišli po drugi svetovni vojni. Stroški na tej fakulteti so zelo povprečni. Mnogo drugih univerz ima precej višje šolnine.

V primerjavi s študenti v kampusu, lahko študenti v »Community college-ih« stanujejo doma, celoletna šolnina stane 4.200\$ (cca. 3.186€). Groba primerjava pokaže, da študent za BSc diplomu plača v štirih letih 84.000\$ (cca. 63.728€), študent v »Community college-u« pa dobrih 8.400\$ (cca. 6.373€), če prebiva pri starših. Nivo izobrazbe kar zadeva strokovnega znanja radiološke tehnologije je primerljiv. Zaradi višine stroškov se veliko študentov odloči, da se šolajo v »Community college-u«, ali pa tam opravijo prvi del izobraževanja, nato pridejo v univerzitetni kampus, naredijo dodatno »splošno« leto in specializacijo, ter se zaposlijo z BSc diplomom. Nevarnost pri tem je, da jim morda v zadnjem, 4. letu ne uspe dobiti mesta, zaradi omejitve razpoložljivih mest. Razmerje med študenti iz kampusu in »Community college« v 4. letniku je približno 50 : 50; pri čemer imajo študenti BSc programa prednost pri vpisu. Naj še enkrat poudarim, da mora študent za vsako pozitivno oceno zbrati najmanj 75 % pri vseh predmetih, tako na community collegu, v BSC programu in tudi pri državnem izpitu.

Disciplina študentov v razredu je neverjetna. Ni šepetanja, branja časopisa, neprisotnosti pri pouku. Prisotnost na predavanjih je načeloma obvezna, študenti se morajo za izostanke vnaprej opravičiti. Odnos študentov do učiteljev je drugačen, kot smo vajeni pri nas. V njih vidijo oporo, osebo, ki jim pomaga do cilja. Vzdušje v razredu je malo bolj sproščeno kot pri nas. Vzroka sta verjetno visoki stroški študija in pa dejstvo, da je zadnja in najpomembnejša inštitucija, ki bo preizkušala njihovo znanje na nivoju ZDA in ne na kolidžu. Torej, tudi če v času šolanja naredijo vse izpite, državnega pa ne, ne morejo delati v praksi. Tako so zanje učitelji le sredstvo in pomoč do najvišje stopnice, ko lahko postanejo samostojni v praksi. Vprašan študentov kar ne zmanjka, vsako preverjanje znanja skupinsko pregledajo, razjasnijo nejasnosti. Med preverjanjem znanja lahko učitelj mirno zapusti razred, pa študenti ne bodo prepisovali, ker vedo, da s tem škodujejo le sami sebi. Prepisovati na izpitu je huda sramota. Državni izpit zajema 200 vprašanj, posamezni testi pri predmetih pa približno 60. Osip študentov po vpisu v prvi letnik je zelo majhen, od 5 - 10% in to v glavnem pri tistih študentih, ki na klinični praksi ugotovijo, da se ne čutijo primerni za delo s pacientom.

Plače radioloških inženirjev v Ameriki

Verjetno bo za marsikaterega radiološkega inženirja to najbolj zanimiv del prispevka. Plače se v ZDA razlikujejo po posameznih državah, pravilo je, da so višje plače v tistih državah, kjer so življenjski stroški višji. Morda najprej predstavim plačo zdravnikov radiologov, ta se je meni zdela najbolj zanimiva. V povprečju največ zaslužijo intervencijski radiologi, sledijo jim tisti na mamografski diagnostiki, nato pa na CT, UZ, MRI in nuklearni medicini. Letno zaslužijo od 348,900\$ do 393,300\$ (cca. od 264.699€ do 298.384€), bruto plače. Neto plača je približno 50% tega zneska, kar pa ni vedno pravilo, saj je odvisno od stopenj davkov v posamezni državi.

Najnižje plače imajo tisti radiološki inženirji, ki nimajo specializacije in sicer okoli 49,700\$ (cca. 37.706€). Inženirji, ki delajo mamografije zaslužijo 59,800\$ (cca. 45.368€), na CT diagnostiki 64,500\$ (cca. 48.934€), na UZ 68,500\$ (51.969€), na MRI 69,300\$ (cca. 52.576€) in na intervencijski diagnostiki 71,500\$ (cca. 54.245€). Največ zaslužijo inženirji na NM/PET

in sicer 73,700\$ (cca. 55.914€). Prav tako kot pri zdravnikih, moramo tudi tu odšteti približno polovico, da dobimo neto znesek. Cene hrane in oblek so primerljive z Slovenijo, presenetljivo so tu ameriške znamke (npr. Nike) dražje, kot v Evropi.

Vodje radioloških inženirjev so praviloma radiološki inženirji z magisterijem iz managementa.

Na BSc programu na Univerzi v Carbondalu je zaposlenih šest radioloških inženirjev, mentorji klinične prakse za svoje delo ne prejemajo plačila (tako kot tudi drugod v Evropi). Plača uslužbencev na kolidžu je tako kot v Sloveniji, nekoliko nižja od plač kolegov v praksi.

ASRR

The American Registry of Radiologic Technologists (<https://www.arrt.org/>) je organ, ki podeljuje in podaljšuje licence za delo. Prvo licenco za delo (ta stane 200\$; cca. 152€) si radiološki inženir pridobi po uspešno opravljenem državnem izpitu in velja do naslednjega rojstnega dne posameznika (npr. če študent diplomira junija, mu velja izpit do naslednjega rojstnega dneva, ki ga ima naslednje leto). Za Američane je težko razumljivo, da morajo inženirji obvezno opravljati test samo iz klasične radiologije. Za CT, MR, mamografijo, kostno denzitometrijo, nuklearno medicino, radioterapijo so izpiti na državnem nivoju priporočljivi, ne pa obvezni. Res je, da o tem potekajo pogovori, a spremembe se še ne obetajo kmalu. Edini dejavnik spodbude, ki govori v prid opravljanju državnega izpita je kontrola kakovosti v bolnišnicah. Zato spodbujajo vodstvo, da njihovi inženirji opravijo izpite tudi iz drugih področij in s tem dokažejo kompetentnost za delo. Dejstvo, ki govori proti opravljanju izpita pa je cena. (<https://www.arrt.org/index.html?content=nd/arrtdirectory.ndm/search&iframe=yes>). Tako ni motivacije za opravljanje državnega izpita iz področja, na katerem je posameznik specializiral. Ko mineta naslednji dve leti in bi izpit lahko opravil, pa je problem v tem, da se ga bojijo opravljati, ker so že veliko pozabili, tako licenco za delo vsaki dve leti raje podaljšajo s točkami, ki so jih zbrali za kontinuirano strokovno izobraževanje. Dokazati morajo, da so zbrali 24 CME (1 CME= 1 ura) izobraževanja, kar je lahko udeležba na kongresih, predavanjih v izobraževalnih centrih, aktivnosti ob branju strokovnih člankov (on-line reševanje vprašanj v povezavi s strokovnimi članki). Tudi podaljševanje licence je plačljivo. Sistem je precej zapleten: za podaljšanje licence mora radiološki inženir izpolnjevati pogoje tako na nivoju ZDA kot tudi na nivoju države, v kateri dela. Ti pogoji pa niso nujno enaki. Tako imajo posamezne države zahteve po višjem številu CME, kot to določajo pogoji ZDA. Kljub temu, da imajo inženirji na CT in MR diagnostikah naziv »CT ali MR technologist«, ni za delo na teh dveh področjih nobenih zahtev, le priporočila.

Torej, po preteku dvoletnega obdobja po pozitivno opravljenem državnem izpitu, morajo obnavljati licenco vsake 2 leti, s 24 CME (Continuing Educational Requirement for Renewal Registration, 2010).

Položaj radiološkega inženirja v Ameriki

Kljub temu, da večina radioloških inženirjev dobi zaposlitev kmalu po opravljenemu licenčnemu izpitu (ta je redko za nedoločen čas), je na trgu delovne sile zaznati rahel presežek

radioloških inženirjev. Enako se morda lahko zgodi v Sloveniji, če bo zakonodajalec skrajšal dopuste.

Ameriški kolegi imajo poleg državnih praznikov različno število dopusta. Tega lahko celo nimajo. V tem primeru morajo, če želijo imeti proste dneve, opravljati nadure, ki jih nato lahko izkoristijo kot proste dni. Večinoma pa imajo začetniki 2 tedna dopusta, kar pa z leti zaposlitve narašča, a ne več kot na 3 do 4 tedne letno. Plače so različne, stroški so približno primerljivi, le hiše (ki niso najbolj kvalitetne za naše pojmovanje) so na voljo tudi za manjše vsote, seveda odvisno od okolice in oddaljenosti od središč. So pa davki zato visoki. Za manjšo hišo znaša davek letno cca. 3000\$ (cca. 2.276€). Položaj radiološkega inženirja v ZDA lahko nekoliko ocenimo tudi po tem, da so plačani manj kot medicinske sestre z BSc nazivom.

Vloga inženirja v praksi je zelo omejena na izvajanje posegov po naročilu. Inženirju ni dovoljeno, da bi izražal svoje mnenje ali npr. pomisleke o upravičenosti preiskav. Napotni zdravnik ima »vedno prav«. Tudi zdravnik radiolog raje opravi preiskavo, četudi se ne strinja z njo, le da se ne bi izpostavljala morebitnim težavam ali tožbam. Ugovarjanje lahko radiološkega inženirja zelo hitro privede do odpovedi. Diaskopiranje je načeloma v domeni radiologov. Obdelava slik je lahko v domeni inženirjev, ni pa nujno. Tudi to delo opravljajo radiologi.

NAMESTO ZAKLJUČKA: KJE JE AMERIKA

Za resnejšo primerjavo med Slovenijo in ZDA bi morala obiskati več centrov, prvi vtis pa je, da je Amerika za radiološke inženirje v Sloveniji. Način študija je v ZDA študentu zelo prijazen, verjetno bolj kot pri nas, saj imajo za osvojitve posamezne snovi na voljo več časa. Naši študenti so precej bolj obremenjeni, je pa vsebina znanj, ki jo nudimo študentu v Sloveniji v primerjavi z ZDA neprimerljivo večja, na kar smo lahko zelo ponosni.

Radiološki inženir ima v Ameriki približno pet do šestkrat nižjo plačo od zdravnika radiologa, tudi njegov položaj je drugačen kot pri nas. Če izračunamo, koliko časa je potrebno varčevati za študij otrok, je številka zgovorna sama zase. Mnogi začno varčevati že ob rojstvu otroka. Študij na Univerzi Southern Illinois ni med dražjimi. Na nekaterih univerzah lahko samo šolnine dosežejo do 60.000\$ (cca. 45.520€) letno. Zanimivo pa je, da so plače radiologov in radioloških inženirjev po področjih specializacije različne: najslabše plačani radiologi in najbolje plačani radiološki inženirji so na NM.

Na splošno so ljudje zelo prijazni, ustrežljivi, večinoma z nasmehom na ustih. Predavatelji so mi brez težav pokazali vse, od power point predstavitev, do testov, ki jih uporabljajo za preverjanje znanj. Zame eno največjih presenečenj je bilo, ko sta me prvi dan obiskala dr. Debeljuh, katerega potomci so prišli iz sosednjih Monfalcon in dr. Joan Davis, katere stari starši so prišli iz Bleda malo pred prvo svetovno vojno. Priimek Jakša so jim ob prihodu preimenovali v Jakson in začeli so novo življenje. Naslednji dan, mi je gostiteljica, dr. Lautarjeva (slovensko Lavtar) povedala, da so njeni stari starši prav tako iz Slovenije. Kar verjeti nisem mogla, da je mogoče, v tako kratkem času, na tako majhnem prostoru srečati toliko ljudi, ki imajo korenine v Sloveniji. Zanimivo je, da se vračajo

v Slovenijo, žal pa so zgubili stik s tukajšnjimi sorodniki. Morda mi uspe, da jim pri tem pomagam.

Primerjava evropskih načinov izobraževanja radioloških inženirjev z amerškimi mi je dodatno razširila obzorje, lahko sem ocenila, kje mi delamo bolje, kje bi lahko kaj spremenili. Vtisi, odnosi, poznanstva, občutki bivanja so tiste stvari, ki jih z branjem dokumentov ne moreš polno zaznati, podrobnosti lahko zaznaš le s svojo prisotnostjo. Ob tej priliki bi se rada zahvalila obema ustanovama, ki sta mi ta obisk omogočili, posebno gostiteljici dr. Charli Lautar, kolegu dr. Miku Greyu in sonografistki Karen Having. Prav ona je vključila tudi naše študente v mednarodni projekt, ki poteka preko spletne učilnice Saluki Global Classroom. Študenti opisujejo položaj radioloških inženirjev v posameznih državah. Začetek, morda nadaljujemo sodelovanje spoznavanja na obeh straneh velike »luže«.

Kje je za posameznika Amerika, je odločitev vsakega posameznika. Zame je po nekajletnem bivanju in delu v tujini to še vedno Slovenija. Vedno rada potujem, poslušam, odkrivam, ko pa se vrnem domov, me vedno spreleti »Tukaj je moja Amerika«.

Literatura:

Casey B (2010). RT salaries resumed growth in 2009; rad pay also rises. <http://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=imc&pag=dis&ItemID=90928>, 29.4. 2011.

Certification fees (2011). The American Registry of Radiologic Technologists <https://www.arrt.org/index.html?content=nd/arrtdirectory.ndm/search&iframed=yes>.

Continuing Educational Requirement for Renewal Registration (2010). The American Registry of Radiologic Technologists <http://arrtpdf1.s3.amazonaws.com/education/cereq.pdf>, 19.4. 2011.

Dental Hygiene. <http://www.sah.siuc.edu/DH/DHCompletionAPPLICATION.pdf>, 28.4. 2011.

ERFS (European federetaion of Societies in Europe). Educational survey, AGM, Dunaj 201.

Medič M, Lipovec V (2009). Radiološka tehnologija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani.

Radiologic Sciences programe. Southern Illinois University of Carbondale, <http://www.sah.siuc.edu/RADS/radiography.html>, 29.4. 2011.

Radiologic Technology Handbook 2010-11 (2010). Rend lake College, www.rlc.edu. Southern Illinois, http://en.wikipedia.org/wiki/Southern_Illinois, 20.4. 2011.

The American Registry of Radiologic Tehnologists , <https://www.arrt.org/>, 20.4. 2011.

X- Ray Technician Programs in Georgia. http://www.ehow.com/list_6736526_x_ray-technician-programs-georgia.html, 29.4. 2011

ZRI - Zbornica radioloških inženirjev, zapisnik sestanka 4.4. 2011.

Strokovni članek

IZRAČUN POVPREČNE ŽLEZNE DOZE PACIENTK PRI MAMOGRAFIJI

Professional Article

CALCULATION OF MEAN GLANDULAR DOSE RECEIVED IN MAMMOGRAPHY

asist. Anamarija Kostiov, dipl.inž.rad.

anamarija.kostiov@zf.uni-lj.si

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

asist. mag. Urban Zdešar univ.dipl.fiz.

urban.zdesar@zvd.si

ZVD, Chengdujska cesta 25, 1000 Ljubljana,

IZVLEČEK

Uvod: V Sloveniji od 21. 4. 2008 na Onkološkem inštitutu v Ljubljani deluje presejalni program za odkrivanje raka dojke, imenovan DORA. V presejalnih programih so pod drobnogledom dozne obremenitve »zdravih« pacientk. Merjenje povprečne dozne obremenitve v programu DORA se izvaja avtomatsko na rentgenskem aparatu. Izračun povprečne žlezne doze pa se lahko izvede tudi ročno, če poznamo faktorje, uporabljene pri preračunavanju. Namen: Prikazati način izračuna povprečnih doznih obremenitev, povprečno dozno obremenitev pacientk in primerjavo naše povprečne žlezne doze z povprečno žlezno dozo v britanskem presejalnem programu za odkrivanje raka dojke (Young et al., 2005). Ugotoviti kako debelina dojke vpliva na povprečno žlezno dozo.

Metode dela: Izračun povprečnih žleznih doz je bil narejen na podlagi Monte Carlo izračunov (Dance et al., 2000) na aparatu Siemens Novation DR. V izračunu sva uporabila vrednosti tokovnega sunka (mAs), anodne napetosti (kV), debeline dojke (mm) in faktor doze izhodnega snopa rentgenske cevi ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$). V tej raziskavi sva obdelala 1784 projekcij, ki so shranjeni v sistemu arhiviranja slik (PACS). V tem sistemu so shranjene različni podatki, od katerih sva nekatere uporabili za naše izračune. Naši izračuni doz so bili narejeni s pomočjo programa Excel.

Rezultati in razprava: Povprečna žlezna dozna obremenitev pacientke pri posameznih projekcijah pri mamografiji je bila sledeča. Pri slikanju dojke v caudo-cranialni (CC) projekciji je bila povprečna žlezna doza 1,46 mGy, pri slikanju dojke v medio-lateral polstranski (MLO) projekciji pa 1,63 mGy. Rezultati so pokazali, da so debelejšje dojke bolj dozno obremenjene od tanjših. Dozna obremenitev se spreminja linearno s spreminjanjem debeline dojke. Primerjava z britanskim presejalnim programom je pokazala, da so naše povprečne dozne obremenitve nižje od doz v Veliki Britaniji. Pri caudo-cranialni projekciji (CC) je bila razlika 0,5 mGy v medio-lateral oblique (MLO) polstranski projekciji pa 0,6 mGy.

Sklep: Pomembno je, da radiološki inženirji pomagamo medicinskim fizikom, ki opravljajo letne oziroma polletne teste na mamografskih aparatih. S poznavanjem izračuna lahko radiološki inženirji bolje sodelujemo v procesu optimizacije protokolov slikanja. Povečanje debeline dojke poveča tudi dozno obremenitev pacientke, kar nam pove, da je primerna kompresija ob slikanju zelo pomembna.

Ključne besede: Mamografija, MGD, program DORA, merjenje

in računanje dozne obremenitve, povezava med debelino dojke in dozno obremenitvijo pacientke.

ABSTRACT

Introduction In Slovenia, from 21.04.2008 Institute of Oncology in Ljubljana operates screening program for breast cancer, called DORA. Doses in the screening programs are under supervision, because women screened are asymptomatic. Dose measurement of the average glandular dose in DORA is fully automatic x-ray apparatus. The calculation of average glandular dose can be carried out manually, if there are factors used in calculations. Purpose Demonstrate the method of calculating the average glandular doses, the average glandular dose and compare our average glandular dose to the average glandular dose in the UK screening program for breast cancer (Young et al., 2005).

Methods

The calculations of average glandular dose were made on x-ray apparatus Siemens NOVATION DR, based on Monte Carlo calculations (Dance et al., 2000). For calculations following I have used in the calculation of beam currents (mAs), the anode voltage (kV), breast thickness (mm) and a factor of dose beam of X-ray tube output ($\mu\text{Gy} / \text{MAS}$). The study was the 1748 projections, with the help of archival images (PACS). In this system, data used in the calculation are stored. Dose calculations were made using Microsoft Excel.

Results and discussion

Average glandular dose in CC projection in Slovenian screening programme is 1,46 mGy in MLO projection average glandular dose is 1,63 mGy. Thicker breasts have higher doses than thinner ones. Doses change linear with thickness. Comparison with British screening programme has shown us, that our glandular doses are in average lower for 0,5 mGy in CC projection and for 0,6 mGy in MLO projection.

Conclusion

It is important that the radiological engineers help medical physicists, to know what are the doses and if they can be optimised. With knowledge of the calculation, radiological engineers can better collaborate in the process of optimizing imaging protocols. Increasing the thickness of the breast also increases the doses on the breast, which tells us that an appropriate compression of the painting is very important.

Key words: mammography, MGD, breast screening programme, dose measurements

UVOD

Po podatkih registra raka za Slovenijo je rak dojke pri ženski populaciji že leta na prvem mestu. Ocena incidence iz leta 2007 za leto 2010 znaša 109 – 127 na 100.000 žensk (Letno poročilo registra raka za Slovenijo, 2008). Za uspešnost zdravljenja raka dojke je pomembno da se bolezen odkrije v zgodnji stopnji, ko je še zelo velika verjetnost popolne ozdravitve oziroma regresije obolenja (Jančar, 2001). V Sloveniji v ta namen od 21. 4. 2008 na Onkološkem inštitutu v Ljubljani poteka presejalni program za odkrivanje raka dojk, imenovan DORA.

Kot vsak radiološki poseg, tudi rentgensko slikanje dojk pacientke dozno obremeni. Uveljavljena količina za določitev obsevanosti pri mamografiji je povprečna žlezna doza (AGD, Average Glandular Dose ali MGD, Mean Glandular Dose), ki pove, kolikšno dozo ionizirajočega sevanja prejme žlezno tkivo dojke. Doza na žlezno tkivo nas zanima zato, ker je prav žlezno tkivo v dojki tisto, v katerem sevanje lahko povzroči začetek kancerogeneze.

Pri osnovnem slikanju se dojko slika v dveh projekcijah. Osnovni projekciji sta CC (cranio-caudal) (dojka je stisnjena z vrha, centralni žarek poteka v kraniokavdalni smeri) in MLO (medio-lateral oblique) projekcija (dojka je stisnjena v 45 stopinjskem polstranskem položaju, centralni žarek poteka polstransko medio-lateralno).

Ker gre pri preventivni mamografiji za slikanje zdravih žensk, brez kliničnih znakov bolezni, je obsevanost še toliko bolj pomembna in je tako tudi pomemben kazalnik kakovosti preiskave. Pri diagnostični uporabi sevanja se kot orodje v procesu optimizacije pogosto uporabljajo diagnostične referenčne ravni. Diagnostične referenčne ravni so vrednosti doz ionizirajočega sevanja pri diagnostičnih radioloških posegih, za katere pričakujemo, da pri optimiziranih posegih niso presežene (ZVISJV, http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_ZAKO1544.html). Gre za nekakšno mejo med optimizirano in neoptimizirano radiološko prakso.

Povprečna žlezna doza se izmeri v okviru letnih (oziroma v presejalnih programih polletnih) testov mamografskih rentgenskih aparatov, ki jih izvede medicinski fizik. Metoda določanja je povzeta po evropskem protokolu (EC, 1996a). Osnova za izračun MGD je absorbirana doza v zraku (KA) na mestu, kjer sevanje vstopa v dojko. Izmerjeno vrednost KA s pomočjo pretvornih faktorjev pretvorimo v povprečno žlezno dozo.

Povprečna žlezna doza je pri različnih mamografskih sistemih različna, prav tako je različna kakovost mamogramov. Kot navajajo Thiersen et al., (2007) naj bi bila razlika v dozni obremenitvi med klasičnimi in digitalnimi sistemi 30% v korist digitalnega sistema. Digitalni sistemi omogočajo boljše kontrastno ločljivost mamograma, kasnejša obdelava slik (postprocessing) pa omogoča tudi spreminjanje parametrov njegove kontrastnosti.

NAMEN

V članku bom predstavila računanje povprečne žlezne doze (MGD). Poleg tega, bom predstavila povprečne vrednosti MGD v presejalnem programu DORA ter prikazala povezavo med debelino dojke in povprečno žlezno dozo. Rezultate v programu DORA bom primerjala s podobno raziskavo opravljeno v Veliki Britaniji (Young et al., 2005).

MATERIALI IN METODE

V izračunih so bile zajete pacientke, slikane v presejalnem programu DORA na aparatu Siemens Novation DR, na katerem od leta 2008 ta program poteka. Obdelali smo slike 437 pacientk, ki so se udeležile preiskave med 1.1.2010 in 1.2.2010. Slikanja so bila narejena z avtomatsko izbiro tehnike slikanja in avtomatskim nadzorom ekspozicije. Aparat sam izbere spekter sevanja (kombinacijo anode in filtra ter anodno napetost) in vrednost tokovnega sunka. Ta rentgenski aparat je nastavljen tako, da je kombinacija anodnega materiala in filtra v vseh projekcijah enaka, in sicer volfram-rodij (W/Rh).



Slika 1: Digitalni mamografski rentgenski aparat (Siemens Novation DR) na Onkološkem inštitutu, uporabljen v programu DORA (levo) in stikalna plošča aparata (desno)

Izračun sem naredila z uporabo pretvornih faktorjev in popravkov, v programu Excel. V izračunu so uporabljene vrednosti anodne napetosti (kV), tokovnega sunka (mAs) in debeline dojke (mm), ki se zapišejo v DICOM glavo vsakega mamograma ter dozimetrični parametri (specifična vrednost kerme v zraku) izhodnega snopa rentgenske cevi ($\mu\text{Gy/mAs}$) iz meritev opravljenih ob pregledu rentgenskega aparata. Način izračuna je opisan v nadaljevanju.

MGD sem izračunala posebej za CC in posebej za MLO projekcije ter za skupine dojk različnih debelin. Izračune vrednosti sem primerjala z raziskavo opravljeno v Veliki Britaniji v letih 2001 in 2002 (Young et al., 2005). Razlika med raziskavama je, da so bila slikanja v britanski študiji opravljena na klasičnih mamografskih aparatih (aparati, ki kot slikovni sprejemnik uporabljajo sistem film-ojačevalna folija), medtem ko je bil v programu DORA uporabljen digitalni mamografski aparat.

Izračun MGD

Izračun povprečne žlezne doze (MGD) poteka po spodaj zapisani formuli.

$$MGD = KA * g * c * s \text{ [mGy]}$$

Izhajamo iz absorbirane doze (kerme) v zraku KA na mestu, kjer sevanje vstopa v dojko (KG = doza v tkivu dojke). S pomočjo pretvornega faktorja med žlezno dozo in absorbirano dozo $g = KG/KA$ (dobimo žlezno dozo za dojko z izbrano sestavo (deležem maščobnega in žleznega tkiva) in pri določenem spektru sevanja (kV in HVL – glej pojasnilo k tabeli 2). S popravkom c in s pa upoštevamo še razliko v sestavi dojke in uporabljeni spekter sevanja. Pretvorni faktorji in popravki so bili izračunani s pomočjo simulacij oziroma meritev v fantomih in jih najdemo v tabelah - Dance (2000).

Spekter sevanja

Osnova za izračun MGD je vrednost absorbirne doze v zraku na mestu, kjer sevanje vstopa v objekt (KA). Dobimo jo iz izmerjene specifične vrednosti kerme v zraku ($Y = Ka/It$) z upoštevanjem vrednosti tokovnega sunka (It). Vrednosti Y so izmerjene za posamezne spektre oziroma anodne napetosti.

Tabela 1: Specifične vrednosti kerme v zraku (Y) za mamografske spektre volframove anode in rodijevega filtra (W/Rh) pri različnih anodnih napetostih (Dance et al., 2000)

Napetost (kV)	Y ($\mu\text{Gy/mAs}$)
25	9,71
27	12,48
28	13,81
32	19,11

Vsi faktorji oziroma popravki so vezani na uporabljeni spekter sevanja, tega pa lahko opišemo z razpolovno debelino (HVL). Razpolovna debelina je debelina izbrane snovi (najpogosteje aluminija), ki razpolovi začetno intenziteto sevanja (Terry et al., 1999). Razpolovno debelino lahko merimo, običajno pa se uporabljajo tabelirane vrednosti (tabela 2).

Tabela 2: Vrednosti razpolovne debeline (HVL) pri različnih anodnih napetostih za mamografske spektre volframove anode in rodijevega filtra (W/Rh) (Dance et al., 2000)

Napetost (kV)	HVL (mm Al)
24	0,48
25	0,49
26	0,51
27	0,52
28	0,53
29	0,54
30	0,55
31	0,56
32	0,56

Ko razberemo vrednost HVL, lahko pretvorne faktorje in popravke poiščemo v tabelah.

Faktor g

Faktor g je pretvorni faktor, ki KA pretvori v žlezno dozo. Pri tem je privzeta sestava dojke in sicer, 50% žleznega in 50% maščobnega tkiva (Dance et.al, 2000). Faktor g je odvisen od prodornosti sevanja, zato je tabeliran v odvisnosti od razpolovne debeline (HVL). Vrednosti faktorja g nam povedo, kakšen delež doze, ki vstopi v dojko, se absorbira v žlezem tkivu in tako povzroči žlezno dozo.

Tabela 3: Faktorji g v odvisnosti od debeline dojke in razpolovne debeline (HVL) (Dance et.al, 2000)

debelina HVL	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
2 cm	0,39	0,433	0,473	0,509	0,543	0,573	0,587
3 cm	0,274	0,309	0,342	0,374	0,406	0,437	0,466
4 cm	0,207	0,235	0,261	0,289	0,318	0,346	0,374
4,5 cm	0,183	0,208	0,232	0,258	0,285	0,311	0,339
5 cm	0,164	0,187	0,209	0,232	0,258	0,287	0,31
6 cm	0,135	0,154	0,172	0,192	0,214	0,236	0,261
7 cm	0,114	0,13	0,145	0,163	0,177	0,202	0,224
8 cm	0,098	0,112	0,126	0,14	0,154	0,175	0,195
9 cm	0,0859	0,0981	0,1106	0,1233	0,1357	0,1543	0,1723
10 cm	0,0763	0,0873	0,0986	0,1096	0,1207	0,1375	0,154
11 cm	0,0687	0,0786	0,0887	0,0988	0,1088	0,124	0,1385

Primer izračuna faktorja g: V sistemu PACS dobimo podatek, da je bila slikana dojka debela 4 cm, vrednost anodne napetosti v cevi pri mamografiji pa je bila 27 kV. HVL za 27 kV znaša 0,52 (tabela 2). Če je dojka debela 4 cm je vrednost HVL med 0,5 in 0,55. Natančno vrednost g pri 0,52 določimo z linearno interpolacijo med vrednostima 0,50 in 0,55. Vrednost faktorja g je pri HVL 0,52 0,329. Vrednost g v izbranem primeru nam pove, da se v žlezem tkivu dojke absorbira nekaj manj kot 33% doze, ki vstopi v dojko. Na enak način določimo tudi faktor c.

Faktor c

Faktor c je popravek, s katerim popravimo razliko med dojko, sestavljeno iz 50% žleznega in 50% maščobnega tkiva in obravnavano dojko (Dance et.al. 2000). Tudi faktor c je tabeliran v odvisnosti od debeline slikane dojke in HVL (tabela 4).

Tabela 4: Faktorji C v odvisnosti od debeline dojke in razpolovne debeline (HVL) (Dance et.al,2000)

debelina HVL	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
2 cm	0,885	0,891	0,9	0,905	0,91	0,914	0,919
3 cm	0,925	0,929	0,931	0,933	0,937	0,94	0,941
4 cm	1	1	1	1	1	1	1
5 cm	1,086	1,082	1,081	1,078	1,075	1,071	1,069
6 cm	1,164	1,16	1,151	1,15	1,144	1,139	1,134
7 cm	1,232	1,225	1,214	1,208	1,204	1,196	1,188
8 cm	1,275	1,265	1,257	1,254	1,247	1,237	1,227
9 cm	1,299	1,292	1,282	1,275	1,27	1,26	1,249
10 cm	1,307	1,298	1,29	1,286	1,283	1,272	1,261
11 cm	1,306	1,301	1,294	1,291	1,283	1,274	1,266

Faktor s

Faktor s je popravek, ki upošteva spekter oziroma kombinacijo anodnega materiala in filtra, ki smo jih uporabili pri slikanju (Dance et.al 2000). Pri mamografskih aparatih, ki kot slikovni sprejemnik uporabljajo rentgenski film, se najpogosteje uporablja kombinacija molibden/molibden (Mo/Mo), pri digitalnih mamografih pa se uporabljajo tudi druge kombinacije na primer rodij/rodij (Rh/Rh), volfram/rodij (W/Rh) volfram/srebro (W/Ag) in druge.

Tabela 5: Popravki zaradi spektra sevanja s pri različnih kombinacijah anode in filtra (Dance et.al, 2000)

Spekter	S
Mo/Mo	1,000
Mo/Rh	1,017
Rh/Rh	1,061
Rh/Al	1,044
W/Rh	1,042
W/Al	1,05

Vzorec pacientk

Raziskava je bila narejena na vzorcu 1748 projekcij (437 pacientk), narejenih med 1.1.2010 in 1.2.2010. Podatke sva zbirala retrospektivno iz sistema DORA PACS (Picture Archiving and Communication System presejevalnega

programa DORA). V sistemu PACS se poleg posameznih slik shranjujejo tudi različni drugi podatki, ki so bili uporabljeni pri slikanju, kot so na primer ekspozicijski pogoji, debelina dojke, sistem anoda filter, pacientovi podatki, podatki o napravi na kateri smo slikali, čas in datum opravljanja ekspozicije, inicialki radiološkega inženirja, ki je slikanje opravil in drugi.

REZULTATI IN RAZPRAVA

V rezultatih predstavljam izračune MGD na zgoraj opisanem vzorcu ter razlike v vrednostih MGD med presejalnima programoma v Sloveniji in Veliki Britaniji. Razlike so prikazane tudi v odstotki, ker sem želela ugotoviti ali se naša izračunana razlika ujema s tisto, ki je opisana v članku Young et al. (2005)

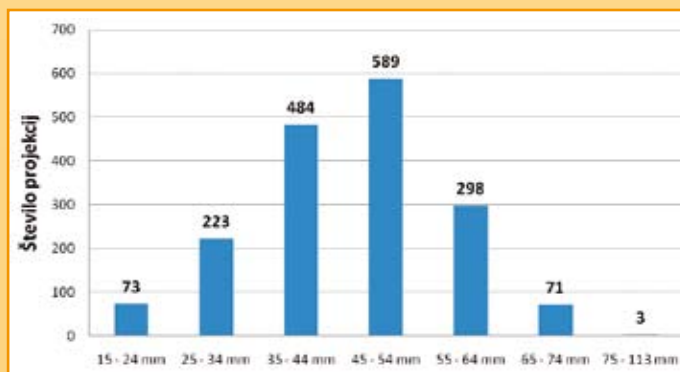
Raziskava Young et. al. (2005)

Raziskavo so opravljali od maja 2001 do decembra 2002, z namenom ugotoviti ali se dozna obremenitev pacientk v presejalnem programu z leti spreminja (primerjava z meritvami iz let 1997 in 1998). Za primerjavo sem uporabila le meritve narejene leta 2001 in 2002. Meritve so bile narejene na 16505 ženskah, vključenih je bilo 20 radioloških oddelkov, 250 klasičnih mamografskih aparatov in 74 mamografskih centrov. MGD je bil izračunan po metodi Monte Carlo (Dance et al., 2000).

Izračun MGD v programu DORA

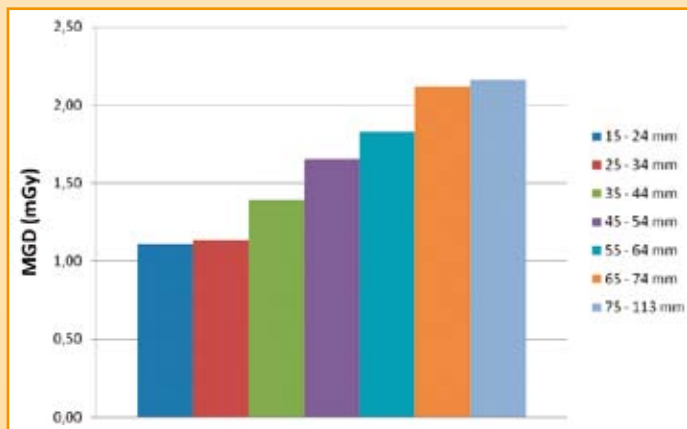
Povprečna žlezna doza je odvisna od sestave in debeline dojke ter od ekspozicijskih parametrov. Podatke iz PACS sistema programa DORA sva najprej razdelila v skupine glede na projekcijo, nato pa še glede na debelino komprimirane dojke. Podatke o debelini dojke sva združila v enake skupine, kot so tiste, v tabelah za g in c faktorje. Izračune povprečnih žleznih doz sva opravljala s pomočjo programa Microsoft Excel.

Dojke sva glede na debelino komprimirane dojke razdelila v 7 skupin. Porazdelitev števila projekcij po posameznih skupinah je na grafu 1. Najpogostejša debelina dojke je bila v skupini od 45 do 54 mm.



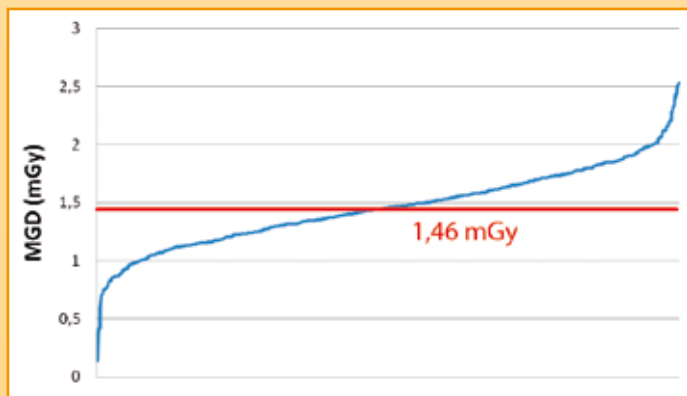
Graf 1: Porazdelitev števila projekcij po posameznih debelinah komprimiranih dojke

Povprečne vrednosti MGD za dojke, razvrščene v skupine po debelini, so prikazane na grafu 2. Kot je bilo pričakovati, s povečevanjem debeline, narašča tudi MGD.

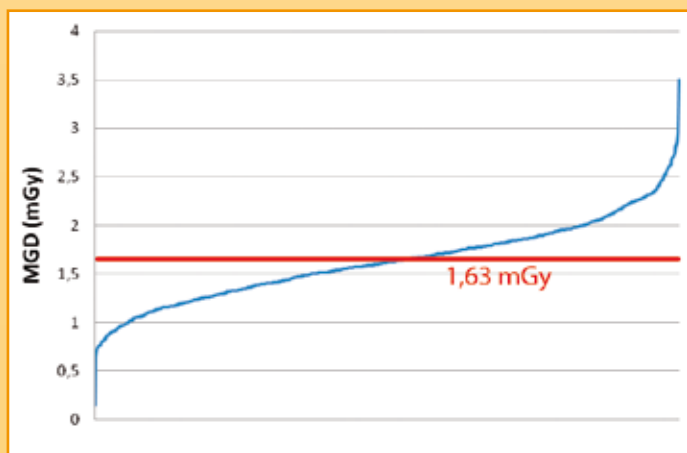


Graf 2: Povprečne vrednosti MGD v posameh skupinah po debelini dojk

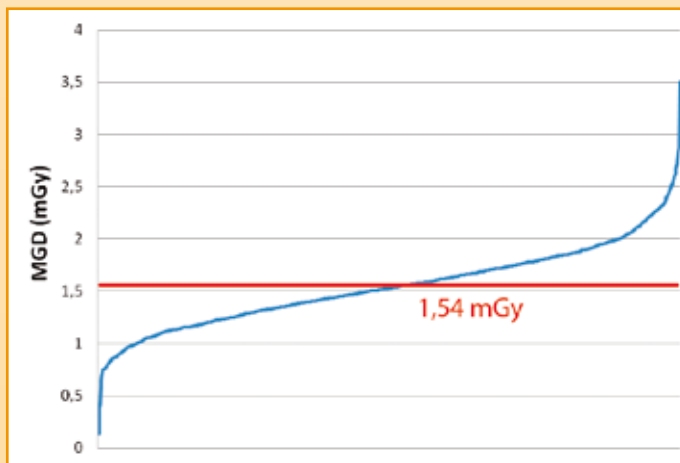
Grafa 3 in 4 prikazujeta izračunane vrednosti MGD za slikanja v CC (874 projekcij) in MLO (874 projekcij) projekciji, na grafu 12 pa so podatki za obe projekciji združeni. Povprečna MGD je pri CC projekciji znašala 1,46 mGy in pri MLO projekciji 1,63 mGy, povprečje obeh projekcij znaša 1,54 mGy. Najnižja vrednost MGD je bila 0,13 mGy, največja vrednost pa 3,5 mGy. Z rdečo črto je na grafih 3, 4 in 5 označena povprečna vrednost.



Graf 3: Vrednosti MGD pri CC projekcijah in povprečna vrednost 874 projekcij



Graf 4: Vrednosti MGD pri MLO projekcijah in povprečna vrednost 874 projekcij



Graf 5: Vrednosti MGD pri obeh projekcijah in povprečna vrednost vseh 1748 projekcij

Primerjava vrednosti MGD v programu DORA z britanskim presejalnim programom

Vrednosti MGD v programu DORA sva primerjala z raziskavo Young et al. (2005). V tej raziskavi je bila povprečna vrednost MGD v CC projekciji 1,96 mGy, v MLO projekciji pa 2,23 mGy. Primerjava med britanskim presejalnim programom (klasični sistemi) in slovenskim presejalnim programom (digitalni sistemi) je prikazana v tabeli 6. V CC projekciji je bila razlika v MGD 0,5 mGy ali 26,3%. V MLO projekciji pa je bila razlika 0,6 mGy ali 26,9%.

	Povprečna MGD CC projekcija (mGy)	Povprečna MGD MLO projekcija (mGy)	Razlika MGD med programoma (mGy)	Razlika MGD med programoma (%)
Presejalni program DORA DIGITALNI SISTEM	1,46	1,96	0,5	26,3 %
Britanski presejalni programi (Young et al., 2005) KLASIČNI SISTEM	1,63	2,23	0,6	26,9 %

Tabela 6: Primerjava v povprečnih MGD programa DORA in britanskih presejalnih programov (Young et al., 2005)

Rezultati so pokazali, da je povprečna vrednost MGD v presejalnem programu DORA nižja kot je bila leta 2001 v britanskem presejalnem programu. Razliko lahko vsaj deloma pripišemo različnim mamografskim aparatom in slikovnim sprejemnikom, ki so bili uporabljeni v naši in britanski raziskavi. Thierens et al. (2009) navajajo, da naj bi uvedba digitalnih mamografskih rentgenskih aparatov znižala dozno

obremenitev pacientk (MGD) za 30%. Kot kažejo rezultati, je razlika med izračuni MGD v presejalnem programu DORA in tistimi v britanskem presejalnem programu, zelo blizu ugotovitvam v omenjenem članku.

ZAKLJUČEK

Z izračuni povprečne žlezne doze sva prikazala povprečno obremenitev pacientk na enem od mamografskih rentgenskih aparatov, ki se uporablja v presejalnem programu DORA.

Rezultati so pokazali, da se linearno s spreminjanjem debeline dojke spreminja tudi povprečna žlezna doza. Zato lahko z uporabo močnejše kompresije zmanjšano povprečno žlezno dozo.

Z znanjem izračuna dozne obremenitve radiološki inženir preveri ali so dozne obremenitve primerne, medicinskemu fiziku pa lahko v nadaljevanju pomaga optimizirati protokole. Prav v presejalnih programih je še posebej pomembno, da je dozna obremenitev najmanjša, saj prihajajo v program zdrave pacientke oz. pacientke brez simptomov bolezni. Na ta način je naše delo lahko kvalitetnejše.

Primerjava povprečnih vrednosti MGD v presejalnem programu DORA in britanskem presejalnem programu v letih 2001/2002 je pokazala, da so vrednosti MGD v programu DORA nekaj manj kot tretjino nižje. To vsaj deloma lahko pripišemo uporabi digitalnega diagnostičnega sistema. Podobno zmanjšanje so predvidevali Thierens et al. (2009). Večina presejalnih programov dandanes temelji na digitalnih sistemih zaradi manjše dozne obremenitve asimptomatskih pacientk in boljše kvalitete mamogramov (Thierens et al., 2009).

LITERATURA

Dance DR, Skinner CL, Young KC, Beckett JR, Kotre CJ (2000). Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol, *Phys. Med. Biol.*, 45, 3225-3240.

Incidenca raka v Sloveniji (2005) Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana, Register raka za Slovenijo.

Jančar B (2001). Mamografija. Ljubljana: Društvo onkoloških bolnikov Slovenije, 22-6.

Perry N, Broeders M, De Wolf C, Törnberg S, Holland R, Von Karsa L(ed.), (2006): European guidelines for quality assurance in breast screening and diagnosis, fourth edition, European Communities
Terry JA, Waggener RG, Miller Blough MA (1999) Half-value layer and intensity variations as a function of position in the radiation field for film screen mammography. *Med. Phys.* 26, 259-266

Thierens H, Bosmans H, Bult N, et al., (2009): Typetesting of physical characteristics of digital mammography system, *European Journal of Radiology* 70, Issue 3, 539-548

Young KC, Ramsdale ML, Rust A (1998). Auditing mammographic dose and image quality in the UK breast screening programme, *Radiat. Prot. Dosim.*, 80, 291-294

Young KC, Burch A, Oduko (2005): Radiation doses received in the UK Breast Screening Programme in 2001 and 2002, *The British Journal of Radiology*, 78, 207-218

Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrsko varnostjo http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_ZAKO1544.html <13.6.2011>

Spoštovani,

V letu 2012 se bodo v organizaciji DRI (Društva radioloških inženirjev Slovenije), ZRIS (Strokovno združenje Zbornice radioloških inženirjev Slovenije) in Zdravstvene fakultete (ZF) odvijala naslednja strokovna izobraževanja srečanja, simpoziji ter predavanja, hkrati pa vas obveščamo tudi o seminarjih, kongresih in simpozijih v tujini na vseh področjih radiologije.

- 1-5 marec 2012; ECR kongres – evropski kongres radiologije, Dunaj, Avstrija,
- 13-14 april 2012; Šola slikanja stomatološke diagnostike; intraoralno slikanje zob v digitalni diagnostiki, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana,
- 4-5 maj 2012; 6th Baltic Congress of Radiographers, Vilnius, Lithuania,
- 18-19 maj 2012; 1. Kongres Društva radioloških inženirjev Slovenije z mednarodno udeležbo, Ankaran, Slovenija,
- 9-13 junij SNM 2012; Miami Beach, Florida,
- 14. september 2012; Šola slikanja prsnih organov: nativna rentgenska slika, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana,
- 27-31 oktober EANM' 12 Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine; Milano, Italija,
- november 2012, strokovno predavanje ob skupščini DRI,
- Predstavitev radioloških oddelkov v slovenskih bolnišnicah: različne aktualne strokovne teme; termin javljen naknadno,
- strokovni sestanek sekcije za KV in interventno radiologijo; termin javljen naknadno,
- strokovni sestanek sekcije za CT in MR; termin javljen naknadno,
- strokovni sestanek sekcije za klasično radiologijo; termin javljen naknadno,
- strokovni sestanek sekcije za radioterapijo; termin javljen naknadno,
- strokovna izobraževanja v regijskih bolnišnicah; termin javljen naknadno.

*So dnevi in trenutki polni sreče in miline,
ko radostni oči zapremo in si tiho zaželimo:
da ne mine.*

*Taki dnevi v Novem letu naj preženejo trpljenje!
Naj smeh, ljubezen, mir v svetu srce prevzame;
lepše bo življenje.*



Analogna in digitalna radiološka tehnologija

1. kongres Društva radioloških inženirjev Slovenije

Ankaran, 18. in 19. maj 2012

www.radioloski-inzenirji.si



