

Stručni rad

DOZE ZRAČENJA KOJE BOLESNIK APSORBIRA TIJEKOM KORONARNIH INTERVENCIJA U KBC-U OSIJEK

Dario FAJ¹, Vedrana BARABAN¹, Zoran BRNIĆ², Domagoj BOBAN¹, Robert STEINER¹,
Mladen KASABAŠIĆ¹ i Dragan KUBELKA³

*Klinički bolnički centar Osijek, Osijek¹, Klinička bolnica Merkur², Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost³,
Zagreb, Hrvatska*

Primljeno u svibnju 2010.

Prihvaćeno u kolovozu 2010.

Posljednjih godina znatno se povećava broj zahvata intervencijske kardiologije. Iako od velike koristi za bolesnika, koronarne su intervencije zahvati koji uključuju izloženost visokim dozama zračenja. Mjerenje doza koje su bolesnici primili pri radiološkim zahvatima u Republici Hrvatskoj propisano je zakonom, ali se ono, u pravilu, ne primjenjuje. U KBC-u Osijek uveden je priručnik za kontrolu kvalitete u koronarnim intervencijama. Priručnik, osim provjera tehničkih karakteristika uređaja, propisuje i stalno mjerenje apsorbiranih doza bolesnicima u intervencijskoj kardiologiji te njihovu analizu. Rezultati prvih istraživanja pokazuju da su se mjerene doze snizile tijekom vremena i u skladu su s literaturom, ali i dalje postoji mogućnost dodatne optimizacije opreme i načina rada. Pri visokim dozama zračenja koje bolesnici primaju tijekom koronarnih intervencija postoji mogućnost ozljeda kože uzrokovanih zračenjem koje često ostanu neprepoznate. Zbog toga se bolesnici koji su ozračeni dozama pri kojima postoji rizik od ozljede upozoravaju te pozivaju na kontrolne preglede. Do sada nije zabilježena nijedna ozljeda kože, ali je postupak uveden kao redovit. Ovaj je rad jedan u nizu koraka koji je potrebno učiniti da bi se bolesnici što bolje zaštitili od nepoželjnih učinaka zračenja.

KLJUČNE RIJEČI: *intervencijska kardiologija, kožne doze zračenja, optimizacija, priručnik za kontrolu kvalitete, rizik od ozljeda kože*

Posljednjih godina znatno se povećava broj zahvata intervencijske kardiologije (IK) (1-6). Iako od velike koristi za bolesnika, pri koronarnoj intervenciji bolesnici (a i djelatnici) izloženi su visokim dozama zračenja (1-6). Smjernice Europske zajednice 97/43/Euroatom (7) posebice preporučuju mjerenje doza zračenja bolesnika tijekom intervencijske radiologije, uključujući i IK. Postoji niz načina procjene doze zračenja bolesnika: vrijeme zračenja, broj slika, mjerenja doze na razini kolimatora, mjerenja doze na površini kože bolesnika (1-6). U Republici Hrvatskoj u posljednje tri godine ostvareno je nekoliko studija o dozama zračenja koje bolesnici apsorbiraju pri koronarnim intervencijama (1, 4). Podaci su, zajedno

s izvještajem o uporabi zaštitnih sredstava, uključeni u veću međunarodnu studiju o zaštiti od zračenja pri koronarnim intervencijama zemalja u razvoju (2). Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti koji je Hrvatski sabor donio početkom 2010. (8) obvezuje korisnike izvora ionizirajućih zračenja na procjenu primljene doze svakog bolesnika koji je podvrgnut nekom dijagnostičkom ili terapijskom radiološkom postupku. Ova se odredba zakona, u pravilu, ne provodi u radiološkoj dijagnostici u RH (1, 4, 9, 10).

Osim značajne efektivne doze za bolesnika (11), tijekom koronarnih intervencija bilježe se i kožne doze više od 2 Gy (1, 2, 4, 12), što se smatra determinističkim pragom za ozljedu kože (2, 11, 12).

Takve ozljede prikazane su u literaturi (11-13), a vrlo često ostanu neprepoznate (2, 5).

Na Odjelu za bolesti srca i krvnih žila Kliničkoga bolničkog centra (KBC) Osijek uvedena je redovita kontrola kvalitete uređaja. Uz tehnička obilježja kontrolira se i kvaliteta slike te prate doze zračenja koje apsorbira bolesnik.

U ovom radu prikazat će se mjerenja doze bolesnika od početka uvođenja IK u KBC-u Osijek do danas. Pokazalo se da takva mjerenja podižu razinu svijesti o opasnosti od zračenja te je tijekom tog razdoblja značajno snižena doza, ponajviše zahvaljujući edukaciji i većem iskustvu i umješnosti kardiološkog tima. Kako je bolesnik pri koronarnoj intervenciji glavni izvor ozračenja radnika, sniženje doze bolesniku podrazumijeva i sniženje doze cijelom kardiološkom timu.

Zdravstvene ustanove, trgovačka društva koja obavljaju zdravstvenu djelatnost ili ordinacije koje se koriste izvorima ionizirajućeg zračenja za dijagnostiku ili terapiju temeljem Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (8) moraju utvrditi mjere zaštite od štetnog djelovanja ionizirajućeg zračenja i mjere sigurnosti pri radu s radioaktivnim tvarima i uređajima koji proizvode ionizirajuće zračenje. U KBC-u Osijek te se mjere utvrđuju Pravilnikom o provedbi mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja s programom osiguranja i održavanja kakvoće zaštite, planom mjera za sprečavanje i uklanjanje posljedica izvanrednog događaja te planom mjera zbrinjavanja radioaktivnog otpada koji nastaje tijekom obavljanja djelatnosti s radioaktivnim izvorima. Programom osiguranja kakvoće pri obavljanju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja određuju se:

1. Osobe odgovorne za provedbu programa osiguranja kakvoće,
2. Obavezni sadržaj i forma Priručnika za osiguranje kakvoće pojedinoga dijagnostičkog ili terapijskog uređaja,
3. Nadležnost i odgovornost određenih osoba za provedbu pojedinih ispitivanja i mjerenja.

Provođenje koronarnih intervencija u KBC-u Osijek i program osiguranja kvalitete

Koronarna intervencija uvedena je u KBC-u Osijek krajem 2005. godine. U njoj sudjeluje tim: liječnik kardiolog, inženjer medicinske radiologije i medicinska sestra instrumentarka. Radi edukacije u pojedinim postupcima sudjeluju i mlađi specijalisti. Pri zahvatima liječnik i medicinska sestra nalaze se u prostoriji gdje je smješten rendgenski uređaj. Koriste

se zaštitnim sredstvima: zastor koji štiti donji dio tijela, zaštitna ruka od olovnog stakla montirana na strop, zaštitna pregača, zaštita za štitnjaču i zaštitne naočale. Zahvati se obavljaju na rendgenskom uređaju Digitex Premier (Shimadzu).

U 2007. godini izvedeno je 280 dijagnostičkih zahvata, koronarne angiografije (CA, od engl. *coronary angiography*), a tijekom 2009. godine 650 zahvata. Tijekom 2007. godine urađeno je 170 terapijskih zahvata perkutane transluminalne koronarne angioplastike (PTCA, od engl. *percutaneous transluminal coronary angioplasty*), a tijekom 2009. godine 320 zahvata.

Kao što je već istaknuto, prema programu osiguranja kvalitete, za svaki je izvor ionizirajućeg zračenja potrebno izraditi priručnik za kontrolu kvalitete. U KBC-u Osijek izrađen je Priručnik za kontrolu kvalitete uređaja za koronarne intervencije tijekom 2007. godine prema postojećim preporukama (14). Prema tom se Priručniku izvode testovi koji osiguravaju kvalitetu i stabilnost uređaja i kvalitete slike (rezolucija i kontrast). Testovi se obavljaju jedanput na godinu ili nakon servisa. Ako vrijednosti odstupaju od početnih, uzrok se uklanja servisom te se nakon toga ponavljaju mjerenja. Uz to priručnik propisuje mjerenja doza bolesnika i njihovu analizu.

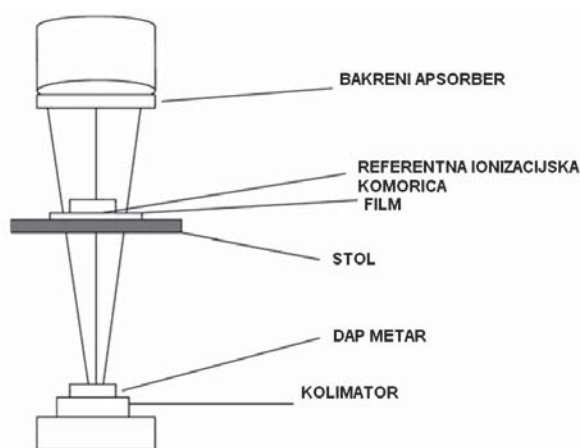
Postupci i kriteriji ocjenjivanja primljene doze zračenja

Doze koje bolesnici prime tijekom IK postupaka procjenjuju se vremenom fluoroskopije (FT), brojem slika (F) i umnoškom doze i površine tijekom postupka (DAP, od engl. *Dose Area Product*) te se vrijednosti upisuju u nalaz bolesnika. DAP metar je transmisivska ionizacijska komora koja mjeri umnožak doze i površine na razini kolimatora. Kako rendgenski uređaj nema ugrađen DAP metar, ugradili smo vanjski uređaj (Diamentor M4KDK, PTW Freiburg, Njemačka). DAP metar mjeri DAP na razini kolimatora, a snop zračenja prolazi još kroz stol do kože bolesnika. Zbog toga je određen faktor korekcije koji uzima u obzir i atenuaciju i raspršenje uzrokovano prolaskom zračenja kroz bolesnički stol. Uz to faktor uzima u obzir i kolimatorsko raspršenje, nejednolikost doze u snopu, energijsku ovisnost i rekombinaciju u DAP metru (slika 1).

DAP metar kalibriran je za dvije energije snopa koje se najviše koriste, 60 kVp i 80 kVp. Faktor korekcije, k , računat je kao omjer zračenja koje stvarno dopire do bolesnika i vrijednosti koja je prikazana na DAP metru:

$$k = \frac{D_{ref} A_{nom}}{DAP}$$

gdje je D_{ref} doza mjerena referentnom ionizacijskom komorom (planparalelna ionizacijska komora, tip 23342, PTW Freiburg, Njemačka), A_{nom} veličina snopa u ravnini bolesnika mjerena filmom i DAP očitavanje DAP metra. Bakreni apsorber štiti elektronsko pojačalo slike i omogućava automatskoj kontroli ekspozicije odabrati napon i struju cijevi kao da je bolesnik u snopu. Kako je kalibracijski faktor mjerena za dvije energije snopa, konačni faktor uzet je kao srednja vrijednost tih mjerenja $k=(0,7\pm 5)\%$. Faktor kalibracije provjerava se u sklopu kontrole kvalitete uređaja jedanput na godinu.



Slika 1 Postavka mjerenja korekcijskog faktora DAP metra.

Dijagnostička referentna razina (DRL, od engl. *diagnostic reference level*) prihvaćen je način za procjenu valjanosti i eventualnu optimizaciju radioloških pretraga s obzirom na dozu zračenja koju apsorbira bolesnik (1-6, 15). DRL se računa kao vrijednost neke veličine kojom se procjenjuje doza ispod koje se nalazi 75 % svih pretraga. Ako je pri nekoj koronarnoj intervenciji premašena vrijednost DRL za neku veličinu, potrebno je objasniti razloge tomu (tjelesna građa-težina bolesnika, složenost zahvata i dr.). Svaka ustanova trebala bi usporediti izmjerene vrijednosti DRL s preporučenim vrijednostima (1-3, 11, 15). Lokalni DRL u KBC-u Osijek računani su za F, FT i DAP vrijednosti i uspoređeni za 2007. i 2009. godinu s vrijednostima preporučenim u literaturi radi eventualnih popravaka u načinu rada ili uočavanja neispravnosti uređaja.

Tipična je vrijednost mjerenja DAP-a oko 80 Gy cm^2 za PTCA, što odgovara efektivnoj dozi oko 20

mSv (16). Prema studijama o riziku (17) to znači da bi se u jednog od 1000 bolesnika mogao za života razviti tumor. S obzirom na veliku korist zahvata, rizik se smatra opravdanim (11), ali je optimizacija tehničkih karakteristika uređaja i načina izvođenja zahvata nužna. Gledajući determinističke efekte, glavni je rizik koronarne intervencije ozljeda kože. Tipično, ozljede kože (*erythema*) javljaju se nakon dva do tri tjedna, ali blagi prolazni oblik može se javiti i nekoliko sati nakon ozračenja (11-13, 18). Kako je riječ o determinističkom efektu, određen je prag doze nakon koje je moguća ozljeda kože: 2 Gy (11-13, 18).

DAP metar mjeri ukupnu dozu koju primi bolesnik na razini kolimatora. To znači da mjerena vrijednost ne uzima u obzir da snopovi mogu prolaziti kroz različite dijelove kože, odnosno postoji mogućnost precjenjivanja kožne doze mjerenjima DAP metrom. Zbog toga su se ukupne doze i moguće raspodjele doze na koži bolesnika mjerile radiokromnom filmskom dozimetrijom (Gafchromic XR, International Specialty Products). Rabljeni su filmovi veličine 14'' x 17'' te su postavljeni ispod bolesnika u slučajevima kada se očekivala visoka doza za bolesnika. Filme nije potrebno razvijati, korisni je raspon mjerenja do 15 Gy, uz minimalnu energijsku ovisnost u rasponu energija fotona između 60 keV i 120 keV. Odmah nakon postupka procjenjuje se maksimalna doza na koži bolesnika (PSD, od engl. *peak skin dose*) s pomoću kalibracijske vrpce s točnošću mjerenja od $\pm 25\%$. Kasnije se točnije procjenjuje PSD skeniranjem filma na reflektivnome komercijalnom skeneru (Lexmark X2350) rabeći kalibracijsku krivulju koju smo odredili kako je to opisano u literaturi (4).

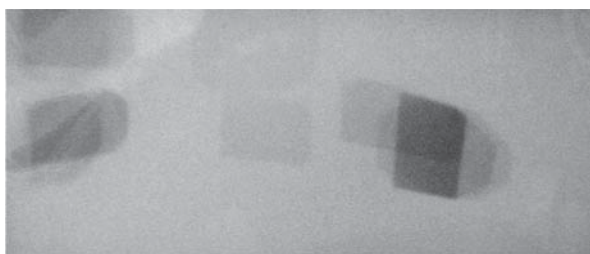
S obzirom na cijenu radiokromnih filmova, u našim se uvjetima ne mogu rabiti za svakog bolesnika. Zbog toga se ispitala korelacija PSD i DAP mjerenja. Kako se korelacija pokazala pozitivnom, određen je prag DAP mjerenja nakon kojeg se može očekivati da je bolesnik primio više od 2 Gy na koži (PSD > 2 Gy).

U tim se slučajevima bolesnici pozivaju na kontrolu u razdoblju u kojem se mogu očekivati kožne promjene te se u slučaju ozljede kože zbrinjavaju. Bolesnici se pozivaju tri do četiri tjedna nakon zahvata.

Da bismo ispitali učestalost pojave ozljeda kože te osigurali pravodobno prepoznavanje i ispravno zbrinjavanje ozljede, svi bolesnici koji dosegnu dozni prag od 2 Gy pozivaju se na kontrolu radi provjere ozljede kože. Ovdje ćemo predstaviti prve rezultate provedenih istraživanja.

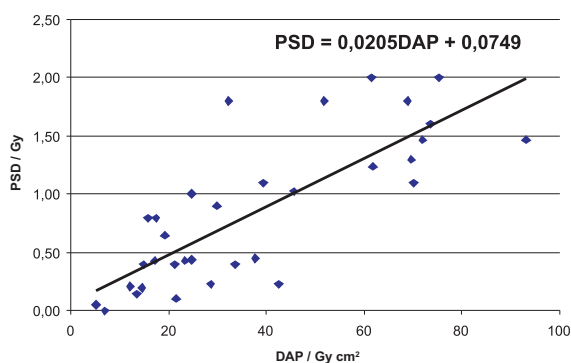
REZULTATI

Mjerenja su pokazala velik raspon doza zračenja koje bolesnici prime tijekom postupaka koronarne intervencije. Na tablici 1. prikazani su DRL računani za DAP, F, FT za postupke CA i PTCA u usporedbi s ostalim nedavno objavljenim studijama. Posebice su radi međusobne usporedbe izdvojene mjerene vrijednosti iz 2007. i 2009. godine. Uporabom Gafchromic radiokromnih filmova nađena je doza zračenja na koži viša od 2 Gy u 2,7 % bolesnika. Na filmovima su uočene različite raspodjele doze na koži bolesnika koje su pokazale ograničenja DAP, F i FT vrijednosti pri procjeni rizika od ozljede kože zračenjem u IK. Slika 2 prikazuje Gafchromic film ozračen tijekom PTCA postupka.



Slika 2 Radiokromski Gafchromic film ozračen tijekom postupka perkutane transluminalne koronarne angioplastike (PTCA). Na slici je prikazan samo ozračeni dio filma. PSD izmjeren na filmu iznosio je 0,8 Gy, uz izmjereni DAP 180 Gy cm². Unatoč velikom DAP-u PSD je ispod 1 Gy zbog uporabe više kutova iz kojih je snop usmjeren prema bolesniku. Zbog toga postoje tri područja visoke doze na koži.

Na slici 3 prikazana su mjerenja PSD i DAP, među kojima je nađena dobra korelacija ($r=0,79$, $p<0,001$). Iz jednadžbe pravca određena je granica od 100 Gy cm² nakon koje postoji vjerojatnost da je bolesnik primio dozu višu od 2 Gy na koži.



Slika 3 Povezanost DAP i PSD mjerenja. Koeficijent korelacije je $r=0,79$ ($p<0,001$). Na slici je dana i jednadžba pravca koja povezuje mjerene vrijednosti.

U prva 4 mjeseca 2010. godine 8 bolesnika primilo je DAP veći od 100 Gy cm² te su pozvani na dodatnu kontrolu radi uočavanja kožnih promjena uzrokovanih zračenjem. Nijedan bolesnik nije imao vidljivih znakova ozljede kože. Jedan se bolesnik požalio na lakše probleme s kožom odmah nakon postupka, ali na koži nisu nađena oštećenja.

RASPRAVA

Mjerenjima provedenim pri koronarnim intervencijama u KBC-u Osijek nađen je veliki raspon doza na koži bolesnika. Predložene vrijednosti DRL jesu 49 Gy cm², 6,8 min i 610 slika za CA i 92 Gy cm², 23,3 min i 1070 slika za PTCA u 2007 te 20 Gy cm², 4,2 min i 678 slika za CA i 53 Gy cm², 18 min i 1033 slika za PTCA u 2009. godini.

Premda su i podaci mjereni 2007. godine u skladu s preporučenima u literaturi, izmjerene vrijednosti koje govore o ozračenju bolesnika 2009. godine znatno su niže (tablica 1). Uočljivo je da su se vremena fluoroskopije smanjile i doze mjerene DAP metrom značajno snizile od početka uvođenja mjerenja. Kako uređaj radi s istim tehničkim obilježjima tijekom čitavog razdoblja, što je potvrđeno redovitim umjeravanjima, sniženje doze može se pripisati boljoj uvježbanosti kardiološkog tima, ali i edukaciji iz područja zaštite od zračenja tijekom provođenja mjerenja. Ranija su istraživanja pokazala da mjerenja doza bolesnika tijekom radioloških pretraga ili terapija podižu svijest o potrebi bolje zaštite od zračenja za bolesnike te mogućim štetnim učincima zračenja (2). I na samim radiokromnim Gafchromic filmovima može se uočiti uporaba manjih snopova zračenja nego u početku rada. Uz to, inženjeri medicinske radiologije vode računa o udaljenosti pojačala od bolesnika kako bi se doza što više snizila.

Otprije je poznato da DAP mjerenja mogu značajno precijeniti dozu na koži (4). Zbog toga se pokušala ustanoviti povezanost između DAP i PSD mjerenja (slika 3). Pokazalo se da postoji dobra korelacija te je određen dozni prag nakon kojeg postoji mogućnost ozljede. Tu korelaciju potrebno je posebno ustanoviti za svaku ustanovu s obzirom na razlike u načinu rada. Mjerenjima Gafchromic filmom u duljem periodu pokazalo se da 2,7 % bolesnika primi DAP veći od 2 Gy. Slično se pokazalo i u četiri mjeseca otkako dozu na koži procjenjujemo DAP metrom (8 od 250 bolesnika). Ti su bolesnici pozivani na kontrole radi provjere ozljeda kože. Iako se tijekom koronarnih intervencija u KBC-u Osijek do sada nije

Tablica 1 Usporedba izračunanih DRL vrijednosti s literaturom. Posebice su radi međusobne usporedbe izdvojene mjerene vrijednosti iz 2007. i 2009. godine.

Izvor podataka	DRL / Gy cm ²					
	CA			PTCA		
	FT / min	F	DAP	FT / min	F	DAP
KBCO (2007.)	6,8	610	49	23,3	1070	92
KBCO (2009.)	4,2	678	20	18	1033	53
Brnić i sur. (1)	6,6	610	32	19	1270	72
EU DRL 2003. Nefotistou i sur. (3)	6	1270	57	16	1355	94
EU DRL 2008. Padovani i sur. (19)	6,5	700	45	15,5	1000	85

DRL – dijagnostička referentna razina (od engl. Diagnostic Reference Level)

CA – koronarna angiografija (od engl. Coronary Angiography)

PTCA – perkutana transluminalna koronarna angioplastika (od engl. Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty)

DAP – umnožak doze i površine tijekom postupka (od engl. Dose Area Product)

FT – vrijeme trajanja fluoroskopije (od engl. Fluoroscopy Time)

F – broj slika

pokazala nijedna ozljeda kože, s obzirom na visoke doze koje bolesnik prima za vrijeme zahvata, njihova mogućnost ipak postoji (5, 11, 18). Postupajući na opisani način, možemo spriječiti komplikacije ozljeda kože zračenjem i pravodobnom reakcijom osigurati najbolju moguću skrb za bolesnika. Tijekom sljedećeg razdoblja pokušat će se istražiti učestalost ozljeda kože pri koronarnim intervencijama, a posebice postoji li sniženi dozni prag i veća učestalost ozljeda kože pri ponovljenim zahvatima. Zbog toga se svi bolesnici kojima je izvedena ponovljena koronarna intervencija i izmjeren dozni prag od 1 Gy na koži, odnosno DAP > 50 Gy cm² pozivaju na kontrolni pregled.

Mjerenje doza zračenja bolesnika pri radiološkim zahvatima u Republici Hrvatskoj propisano je zakonom (8), ali se, nažalost, u pravilu ne primjenjuje (1, 4, 9, 10). U KBC-u Osijek uvedeno je stalno mjerenje apsorbiranih doza bolesnicima u intervencijskoj kardiologiji. Mjerenje doze zračenja snizile su se tijekom vremena i u skladu sa s literaturom, ali i dalje postoji mogućnost dodatne optimizacije opreme i načina rada. Kako postoji mogućnost ozljeda kože uzrokovanih zračenjem, uveli smo redovite preglede bolesnika koji su ozračeni dozama zračenja pri kojima postoji rizik od ozljede. Do sada nije zabilježena nijedna ozljeda kože.

Ovaj je rad jedan u nizu koraka koji je potrebno učiniti da bi se bolesnici što bolje zaštitili od nepoželjnih učinaka zračenja.

LITERATURA

1. Brnić Z, Krpan T, Faj D, Kubelka D, Popić Ramač J, Posedel D, Steiner R, Vidjak V, Brnić Vedran, Višković K, Baraban

- V. Patient radiation doses in the most common interventional cardiology procedures in Croatia: first results. *Radiat Prot Dosim* 2010;138:180-6.
2. Tsapaki V, Ahmed NA, Salem AlSuwaidi J, Beganović A, Benider A, BenOmrane L, Borisova R, Economides S, El-Nachef L, Faj D, Hovhannesyan A, Hassan Kharita M, Khelassi-Toutaoui N, Manatrakul N, Mirsaidov I, Shaaban M, Ursulean I, Sidika Wambani J, Zaman J, Ziliukas J, Žontar D, Rehani MM. Radiation exposure to patients during interventional procedures in 20 countries: Initial IAEA project results. *Am J Roentgenol* 2009;193:559-69.
3. Nefotistou V, Vano E, Padovani R, Kotre J, Dowling A, Toivonen M, Kottou S, Tsapaki V, Willis S, Bernardi G, Faulkner K. Preliminary reference levels in interventional cardiology. *Eur Radiol* 2003;13:2259-63.
4. Faj D, Steiner R, Trifunović D, Faj Z, Kasabašić M, Kubelka D, Brnić Z. Patient dosimetry in interventional cardiology at the University hospital of Osijek. *Radiat Prot Dosim* 2008;128:485-90.
5. Rehani M, Ortiz-Lopez P. Radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions - keeping them under control. *Int J Cardiol* 2006;109:147-51.
6. Nefotistou V. Review of patient dosimetry in cardiology. *Radiat Prot Dosim* 2001;94:177-82.
7. European Communities. Council Directive 97/43/Euroatom on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure. *Off J Eur Commun* 1997;L180:22-7.
8. Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti. *Narodne novine* 28/2010.
9. Faj D, Posedel D, Štimac D, Ivezić Z, Kasabašić M, Ivković A, Kubelka D, Ilakovac V, Brnić Z, Ciraj Bjelac O. Survey of mammography practice in Croatia: equipment performance, image quality and dose. *Radiat Prot Dosim* 2008;131:535-40.
10. Faj D, Ivković A, Štimac D, Posedel D, Kotromanović Z, Ivezić Z, Belaj N, Tomaš I, Kubelka D. Uvođenje programa osiguranja kvalitete pri mamografskom pregledu u Kliničkoj bolnici Osijek: prvi rezultati. *Med vjesn* 2009;41:69-78.
11. International Atomic Energy Agency (IAEA). TECDOC-1641. Patient dose optimization in fluoroscopically guided interventional procedures. Vienna 2010 [pristup 14. lipnja

- 2010.]. Dostupno na http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1641_web.pdf.
12. Wagner LK, Eifel PJ, Geise RA. Potential biological effects following high X ray dose interventional procedures. *J Vasc Interv Radiol* 1994;5:71-84.
 13. Dehen L, Wilmer C, Humilière C, Corcos T, Pentousis D, Ollivaud L, Chatelain D, Dubertret L. Chronic radiodermatitis following cardiac catheterisation: a report of two cases and a brief review of the literature. *Heart* 1999;81:308-12.
 14. Zoetelief J, Van Soldt RTM, Suliman II, Jansen JTM. Quality control of equipment used in digital and interventional radiology. *Radiat Prot Dosim* 2006;117:277-82.
 15. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. Publication 85. *Ann ICRP* 2000;30:1-67.
 16. Hansson B, Karambatsakidou A. Relationships between entrance skin dose, effective dose and dose area product for patients in diagnostic and interventional cardiac procedures. *Radiat Prot Dosim* 2000;90:141-4.
 17. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. BEIR VII Phase 2. Washington (DC): The National Academies Press; 2006.
 18. Wagner LK. Radiation injury is a potentially serious complication to fluoroscopically-guided complex interventions. *Biomed Imaging Interv J* 2007;3:e22.
 19. Padovani R, Vano E, Trianni A, Bokou C, Bosmans H, Bor D, Jankowski J, Torbica P, Kepler K, Dowling A, Milu C, Tsapaki V, Salat D, Vassileva J, Faulkner K. Reference levels at European level for cardiac interventional procedures. *Radiat Prot Dosim* 2008;129:104-7.

Summary

PATIENT DOSES RECEIVED DURING INTERVENTIONAL CARDIOLOGY PROCEDURES AT THE UNIVERSITY HOSPITAL OSIJEK

Apart from its benefits, the interventional cardiology (IC) is known to generate high radiation doses to patients and medical staff involved. Measuring patient doses in radiological procedures is required by law in Croatia, but rarely implemented. The Osijek University Hospital implements its own radiation protection quality guidelines. Among other, the guidelines require constant measuring of patient doses in IC and their periodic analysis. Doses measured until now are within the acceptable limits compared to literature. With time the doses were reduced significantly, but there is room to downsize them still further.

IC procedures can generate skin doses over 2 Gy, which is considered the threshold for erythema. Depending on the dose received, IC patients at the Osijek University Hospital are informed about the risk and examined for skin injuries. Until now we have found none, but this practice remains to be routine.

KEY WORDS: *erythema, radiation protection, skin dose, skin injury*

CORRESPONDING AUTHOR:

Dario Faj
Klinički bolnički centar Osijek
J. Huttlera 4, 31000 Osijek
E-mail: faj.dario@kbo.hr