

Optimizacija dijagnostičkih i intervencijskih postupaka koji se provode uporabom rendgenskih uređaja

Katarina Ružić¹, Ana Buinac¹, Mihaela Justić², Ivana Kralik³, Ivana Bjelobrk⁴, Dario Faj^{5,6}

¹ Klinički bolnički centar Zagreb, Zagreb

² Klinička bolnica Merkur, Zagreb

³ Klinička bolnica Dubrava, Zagreb

⁴ Klinički bolnički centar Osijek, Osijek

⁵ Medicinski fakultet Osijek, Osijek

⁶ Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek, Osijek

Corresponding author: Katarina Ružić, University Hospital Centre Zagreb, kruzic@kbc-zagreb.org

DOI: <https://doi.org/10.55378/rv.48.1.6>

Sažetak

S obzirom na značajan porast primjene oslikavanja uporabom rendgenskih uređaja u medicini te još uvijek nedovoljno poznati utjecaj niskih doza ionizirajućeg zračenja i povezanost s pojavnosti karcinoma, optimizacija dijagnostičkih i intervencijskih postupaka koji se provode uporabom rendgenskih uređaja ima važnu ulogu u zaštiti od ionizirajućeg zračenja pri medicinskom ozračenju. Proces optimizacije ne predstavlja samo prilagodbu parametara protokola za oslikavanje, već obuhvaća niz aktivnosti i struka koje su uključene u proces. Liječnik, radiološki tehnolog i medicinski fizičar imaju glavne i nezamjenjive uloge u procesu optimizacije, stoga je bitno da je tema optimizacije uključena u dio njihove osnovne edukacije i daljnjeg usavršavanja. Uspostava programa osiguranja kvalitete neizostavan je korak u optimizaciji s obzirom da sam program propisuje aktivnosti poput kontrole kvalitete, analize odbačenih i nekvalitetnih radioloških slika, bilježenja doza pacijenata, izračuna tipičnih vrijednosti i usporedbu s dijagnostičkim referentnim razinama. U novije doba primjena umjetne inteligencije u procesu optimizacije također ima svoju ulogu. Obuhvaćanje svih koraka procesa optimizacije u konačnici ima za cilj ostvarenje kvalitete slike koja je prikladna za odgovoriti na kliničko pitanje uz minimalno ozračenje pacijenta.

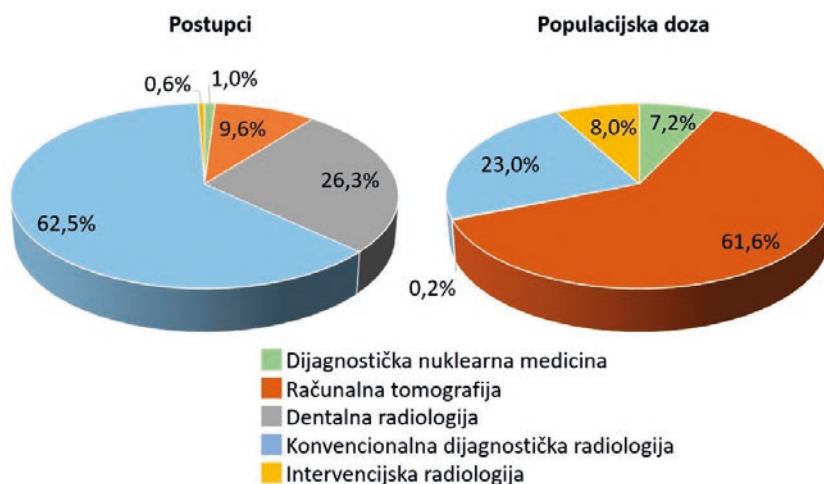
Ključne riječi: optimizacija, dijagnostičke referentne razine, tipične vrijednosti, program osiguranja kvalitete, kvaliteta radiološke slike, umjetna inteligencija

Primjena ionizirajućeg zračenja za oslikavanje u medicini – potreba za optimizacijom

Medicinski uređaji za oslikavanje koriste se kao standardna metoda u detekciji, prevenciji i liječenju bolesti. Razvojem tehnologije u segmentu medicinskih uređaja za oslikavanje posljednjih godina, bilježi se i snažan porast broja postupaka takvim uređajima. Oslikavanje u medicini već godinama je najveći umjetni izvor ionizirajućeg zračenja

za populaciju u razvijenim zemljama. Procijenjena efektivna doza po stanovniku koja je posljedica dijagnostičkog oslikavanja u medicini (uključujući i nuklearnu medicinu) unutar europske populacije iznosi 1,10 mSv [1]. Iako se samo 9,6 % medicinskog oslikavanja ostvaruje pomoću računalne tomografije i 0,8 % u svrhu intervencijskih postupaka, ta oslikavanja doprinose sa 61,6 % i 8 % ukupnoj populacijskoj dozi od medicinskog oslikavanja (slika 1) [2].

Primjena ionizirajućeg zračenja u medicinskom oslikavanju nosi sa sobom i određeni rizik. Još nije u potpunosti jasna povezanost izloženosti niskim dozama ionizirajućeg



Slika 1. Raspodjela postupaka prema modalitetu i njihov doprinos ukupnoj populacijskoj dozi koja dolazi od medicinskog ozračenja (bez radioterapije) prema UNSCEAR 2020/2021 Report, Annex A – Evaluation of medical exposure to ionizing radiation, United Nations, New York, 2022. (Izvor: autor)

zračenja u medicini i pojavnosti karcinoma induciranih tim zračenjem, stoga je pravilna uporaba izvora ionizirajućeg zračenja i optimizacija dijagnostičkih i intervencijskih postupaka od velikog značaja, s posebnim naglaskom na pedijatrijsku skupinu pacijenata i trudnice [3].

Opravdanost provedbe dijagnostičkog ili intervencijskog postupka i optimizacija dva su glavna načela sigurne primjene i zaštite od ionizirajućeg zračenja u slučaju medicinskog ozračenja. Optimizacija osigurava da je izloženost pojedinaca ionizirajućem zračenju u skladu s ALADA principom (“as low as diagnostically acceptable”), tj. da je pri nekom postupku, primjenom izvora ionizirajućeg zračenja, ozračenje pojedinca minimalno, a da se pritom postiže zadovoljavajuća kvaliteta dijagnostičke informacije.

Nerijetko se pod pojmom “optimizacija” podrazumijeva izrada odgovarajućih protokola oslikavanja, međutim pojam „optimizacija“ podrazumijeva čitav niz aktivnosti koje su pojašnjene u nastavku teksta.

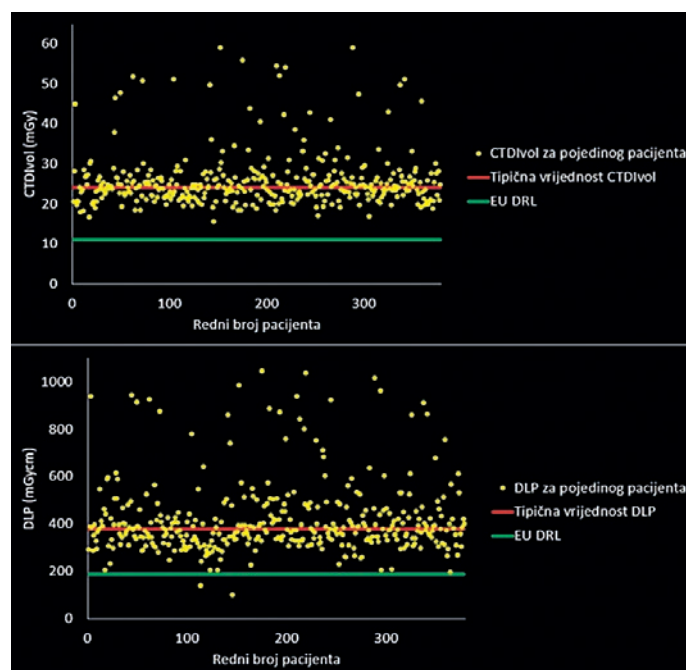
Suradnja svih struka

Ključne osobe za optimizaciju dijagnostičkih i intervencijskih postupaka koji se provode uporabom rendgenskih uređaja su liječnik, radiološki tehnolog i medicinski fizičar. Nivo kvalitete radiološke slike koji je potreban za određenu kliničku indikaciju određuje liječnik, a ovisi o samoj indikaciji i anatomiji koja se oslikava. Medicinski fizičar poznaje fizikalna načela rada uređaja te utjecaj pojedinih parametara na ozračenje pacijenta i kvalitetu radiološke slike. Radiološki tehnolog upravlja uređajem te poznaje njegove karakteristike i mogućnosti. Samo zajedničkim radom tih struka moguće je optimizirati dijagnostički ili intervencijski postupak.

Dijagnostičke referentne razine – okidač i alat za optimizaciju

Dijagnostičke referentne razine uvedene su kao koncept 1997. godine [4] i postaju jedan od glavnih alata u optimizaciji dijagnostičkih i intervencijskih postupaka koji

se provode uporabom ionizirajućeg zračenja [3, 5, 6]. Definirane su kao “vrijednosti doza za radiodijagnostičke ili intervencijske postupke, odnosno aktivnosti radiofarmaceutskih pripravaka za tipične radiodijagnostičke postupke u skupini pacijenata standardnih visina i masa ili u standardnih fantoma za različite vrste uređaja i opreme” [7]. Dozimetrijske veličine koje se pritom koriste za opis ozračenja pacijenta te njihove vrijednosti kao dijagnostič-



Slika 2. Primjer usporedbe tipičnih vrijednosti za $CTDI_{vol}$ i DLP (crvene linije) s europskim dijagnostičkim referentnim razinama (EU DRL) (zelene linije) u slučaju oslikavanja računalnom tomografijom u cilju potvrde ili isključenja polipa kod kronične upale sinusa. U prikazanom primjeru tipične vrijednosti obje posebne dozimetrijske veličine veće su od vrijednosti dijagnostičkih referentnih razina što ukazuje na potrebu optimizacije protokola oslikavanja u cilju smanjenja ozračenja pacijenta. Vrijednosti dozimetrijskih veličina za svakog pacijenta prikazane su žutom bojom. (Izvor: autor)

ke referentne razine dane su također u pravilniku kojim je regulirana uporaba izvora ionizirajućeg zračenja u slučaju medicinskog ozračenja [7]. Istim je pravilnikom propisana obveza uspostave i revidiranja tipičnih vrijednosti (u hrvatskim propisima se navode kao "lokalne dijagnostičke referentne razine") u pojedinoj ustanovi te njihova usporedba s nacionalnim ili europskim dijagnostičkim referentnim razinama [7].

Koristeći tipične vrijednosti za postupke koje provodi, svaka ustanova u mogućnosti je usporediti vlastite tipične vrijednosti s tipičnim vrijednostima drugih ustanova te napraviti usporedbu s nacionalnim ili europskim dijagnostičkim referentnim razinama (slika 2). Ukoliko tipične vrijednosti kontinuirano premašuju dijagnostičke referentne razine za određeni postupak, ustanova je obvezna poduzeti korektivne mjere, uz savjet stručnjaka za medicinsku fiziku, kako bi se vrijednosti snizile [7]. Ukoliko su tipične vrijednosti značajno niže od dijagnostičkih referentnih razina i kvaliteta radiološke slike nije adekvatna, potrebno je poduzeti korektivne mjere u cilju poboljšanja kvalitete radiološke slike [3]. Dodatno, preporučuje se uspostava i lokalnih dijagnostičkih referentnih razina te usporedba tipičnih vrijednosti i s njima [8].

Postupak optimizacije protokola oslikavanja

Sama optimizacije kreće već od uporabe odgovarajuće opreme, primjerice, odabirom uređaja koji ima mogućnost micanje rešetke, uporabe manjeg žarišta ili dodatne filtracije ukoliko je to potrebno za određeno oslikavanje tj. postupak. U cilju postizanja adekvatne kvalitete radiološke slike uz što je moguće manje ozračenje pacijenta, prilagođavaju se parametri oslikavanja ovisno o modalitetu. Popis najčešćih parametara koji utječu i na kvalitetu radiološke slike i na ozračenje pacijenta i koje je potrebno uzeti u obzir pri optimizaciji protokola oslikavanja dan je u tablici 1.

U postupku optimizacije bitno je poznavanje parametara oslikavanja, kako oni utječu jedni na druge te na ozračenje pacijenta i kvalitetu radiološke slike.

Kvaliteta radiološke slike može se provjeravati i uporabom testnih fantoma, no konačan zaključak o kvaliteti slike daje liječnik. Uporabom testnih fantoma najčešće se provodi objektivna analiza kvalitete radiološke slike. Takvi fantomi, ovisno o modalitetu za koji su namijenjeni,

sadržavaju testne elemente za prostornu razlučivost, kontrast, elemente za određivanje odnosa kontrasta i šuma, MTF itd. Za objektivnu analizu koriste se računalni programi za analizu slike, a analizu provode medicinski fizičari. Subjektivnu ocjenu kvalitete radiološke slike daju radiolozi prema kriterijima koji su dani za pojedinu vrstu oslikavanja tj. postupak. Takvi kriteriji najčešće se odnose na vizualizaciju određene anatomije, subjektivnu ocjenu kontrasta ili šuma na slici i sl. [9, 10, 11, 12].

Za informaciju o ozračenju pacijenta koriste se iste dozimetrijske veličine kao i za izračun tipičnih vrijednosti. Većina uređaja danas omogućuje njihov prikaz na zaslonu upravljačke jedinice (DAP, MGD, $CTDI_{vol}$, DLP,...). Dodatno, u radiografiji se informacija o ozračenju pacijenta može pratiti i kroz indekse (npr. *exposure index*, *deviation index*,...) koji daju informaciju o podeksponiranosti i preeksponiranosti te mogu poslužiti pri optimizaciji postupaka (slika 3) [13].

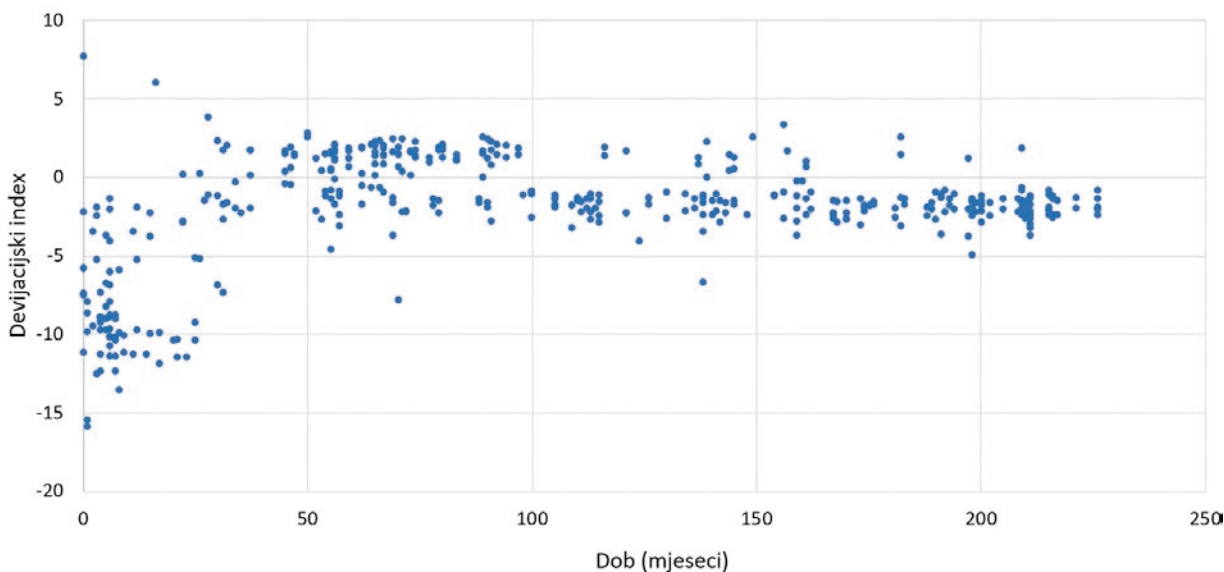
Jednom uspostavljen i optimiziran postupak periodično se revidira, ovisno o potrebi [3].

Program osiguranja kvalitete kao jedan od preduvjeta optimizaciji

Svjetska zdravstvena organizacija uvela je 1982. godine pojam programa osiguranja kvalitete u dijagnostičkoj i intervencijskoj radiologiji kao zajednički napor osoblja zdravstvene ustanove kojim bi se osigurala radiološke slike kvalitete dovoljne za odgovoriti na kliničko pitanje uz minimalni trošak i minimalno ozračenje pacijenta [14]. Prema hrvatskim propisima, zdravstvena ustanova obvezna je ustrojiti, provoditi i održavati program osiguranja kvalitete sukladno vrsti izvora ionizirajućeg zračenja i djelatnosti koju tim izvorom obavlja [15]. Programom moraju biti obuhvaćeni kontrola kvalitete, bilježenje i analiza odbačenih ili nekvalitetnih slika, bilježenje doza pacijenata, izračun tipičnih vrijednosti i usporedba s dijagnostičkim referentnim razinama, provjera cjelovitosti i ispravnosti osobnih zaštitnih sredstva te izrada uputa (protokola) za provedbu uobičajenih postupaka uporabom izvora ionizirajućeg zračenja (slika 4) [15]. Takvom definicijom i strukturom program osiguranja kvalitete predstavlja preduvjet za uspješnu optimizaciju dijagnostičkih i intervencijskih postupaka te smanjuje vjerojatnosti pojave nenamjernog i neželjenog događaja [3].

Tablica 1. Popis najčešćih parametara pri optimizaciji kod različitih modaliteta oslikavanja

| MODALITET | PARAMETRI |
|------------------------------|--|
| Radiografija | napon, struja, vrijeme ekspozicije, veličina žarišta, filtracija, udaljenost izvora od detektora, upotreba/uklanjanje rešetke, kolimacija, veličina detektora, pozicioniranje pacijenta, imobilizacija pacijenta, broj projekcija, vrsta projekcija |
| Mamografija | napon, struja, vrijeme ekspozicije, veličina žarišta, udaljenost izvora do detektora, upotreba/uklanjanje rešetke, kolimacija, veličina detektora, pozicioniranje pacijenta, imobilizacija, broj projekcija, vrsta projekcija, kompresija dojke, odabir anode i filtra |
| Računalna tomografija | napon, indeks šuma, automatska modulacija struje, širina snopa, duljina oslikavanja, vrijeme rotacije, debljina sloja, broj faza, rekonstrukcijski algoritam, pozicioniranje pacijenta, imobilizacija pacijenta |
| Dijaskopija | napon, struja, kolimacija, filtracija, broj pulseva u sekundi, broj slika po sekundi, udaljenost rendgenske cijevi i detektora od pacijenta, vrsta projekcije, vrijeme dijaskopije |



Slika 3. Primjer raspodjele devijacijskog indeksa pri oslikavanju dječjih pluća rendgenskim uređajem za konvencionalnu radiografiju. Izrazito nizak devijacijski indeks za djecu do dvije godine upućuje na izrazito nisko ozračenje detektora te potencijalno lošu kvalitetu slike za što je potrebno poduzeti korektivne radnje. (Izvor: autor)

Redovito održavanje rendgenskih uređaja i prateće opreme

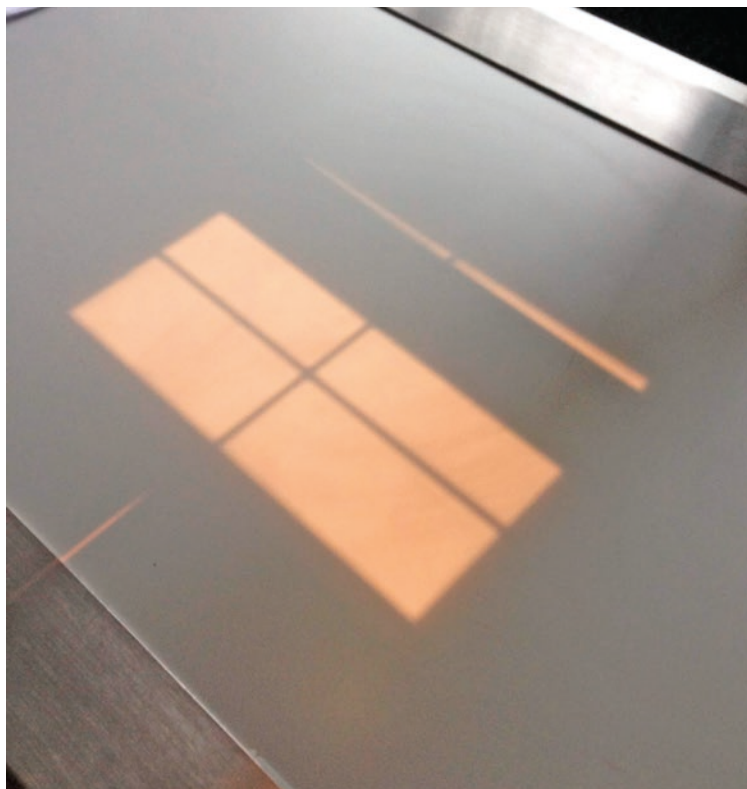
Pravilan rad rendgenskih uređaja i prateće opreme, uključujući i dijagnostičke monitore, od neizmjerne je važnosti. Štoviše, hrvatski propisi nalažu zdravstvenim ustanovama koje koriste rendgenske uređaje i prateću opremu da moraju osigurati provedbu održavanja i servisiranja tih uređaja i opreme, u skladu s preporukama proizvođača [15].

Kontrola kvalitete rendgenskih uređaja, vezanih sustava te sustava za prikaz slike

Kako bi se osiguralo kontinuirano sigurno i efikasno korištenje rendgenskih uređaja, vezanih sustava te sustava za prikaz slike, potrebno je provoditi redovitu kontrolu kvalitete koja je propisana hrvatskim zakonom i predviđena programom osiguranja kvalitete. Na slici 5 prikazan je primjer otkrivanja greške kolimatora rendgenskog uređaja



Slika 4. Struktura programa osiguranja kvalitete koja je usklađena s hrvatskim propisima iz područja zaštite od ionizirajućeg zračenja. (Izvor: autor)



Slika 5. Greška na kolimatoru rendgenskog uređaja za konvencionalnu radiografiju koja uzrokuje nepotrebno ozračenje pacijenta izvan područja interesa. (Izvor: autor)

za konvencionalnu radiografiju prilikom redovite mjesečne kontrole kvalitete. Redovitim ispitivanjem parametara rendgenskih uređaja i prateće opreme osigurava se dobivanje radioloških slika adekvatne kvalitete uz primjenu što manjeg ozračenja pacijenta što i jest konačni cilj optimizacije postupaka [16].

Bilježenje i analiza odbačenih ili nekvalitetnih radioloških slika

Ponavljanje radiološkog oslikavanja zbog nekvalitetne ili neadekvatne radiološke slike predstavlja dodatno nepotrebno ozračenje pacijenta. Analizom odbačenih i nekvalitetnih radioloških slika dobiva se informacija o kvaliteti radiološke prakse te se pokušava identificirati problem ukoliko postoji. Cilj je pronaći uzrok odbacivanja ili loše kvalitete radioloških slika te poduzeti preventivne radnje kako bi se broj takvih slika sveo na najmanju moguću mjeru. Pronalaženje uzroka nekvalitetne radiološke slike već je dio postupka optimizacije u cilju smanjenja ozračenja i poboljšanja kvalitete slike.

Periodična analiza kvalitete radioloških slika

Međunarodne preporuke preporučuju provoditi periodičnu provjeru kvalitete onih radioloških slika koje nisu odbačene ili kategorizirane kao nekvalitetne. Ova provjera podrazumijeva odabir odgovarajućeg broja radioloških slika, za pojedini modalitet i pojedini postupak te usporedbu s

kriterijima koji su dani u međunarodnim preporukama [9, 10, 11, 12]. Kako je prethodno rečeno, kriteriji su vezani uz vizualizaciju određene anatomije, subjektivnu ocjenu kontrasta ili šuma na slici i sl., kao i parametre oslikavanja, a analizu treba provoditi timski, odnosno zajedno liječnik, radiološki tehnolog i medicinski fizičar. Na temelju rezultata analize odabranih radioloških slika, zajednički se donosi odluka o potrebi daljnje optimizacije dijagnostičkog ili intervencijskog postupka koja može uključivati korekciju protokola oslikavanja, zamjenu dijela opreme, promjenu načina rada ili drugo.

Praćenje ozračenja pacijenata

Praćenje ozračenja pacijenta podrazumijeva bilježenje vrijednosti pojedinih parametara oslikavanja, odgovarajućih dozimetrijskih veličina te podataka o pacijentu (visina i masa), za svaki rendgenski uređaj, za svaku vrstu postupka, kao i kasniju analizu prikupljenih podataka i vrijednosti veličina koje se pomoću njih računaju. Tipična vrijednost pojedine dozimetrijske veličine koju se izračuna iz prikupljenih podataka ukazuje na način oslikavanja.

Kako bi se ubrzalo i pojednostavilo prikupljanje dozimetrijskih parametara s različitih modaliteta oslikavanja te umanjila mogućnost ljudske pogreške, na tržištu danas postoje programska rješenja (DMS, od engl. *dose management system*) koja olakšavaju praćenje ozračenja pacijenta, izračun tipičnih vrijednosti pojedinih dozimetrijskih veličina te evidentiranje značajno velikih vrijednosti tih veličina. Mogući prikaz vrijednosti dozimetrijskih veličina za svakog pacijenta i njihovih tipičnih vrijednosti te

usporedbe s dijagnostičkim referentnim razinama dan je na slici 2. Neki DMS-ovi omogućuju i generiranje upozorenja, bilježenja izvanrednih događaja, analizu odbačenih slika te prikupljanje podataka o kvaliteti slike. Ovakvi sustavi omogućuju zdravstvenim radnicima (liječniku, radiološkom tehnologu i medicinskom fizičaru) da u okviru praćenja ozračenja pacijenata analiziraju svoju praksu što doprinosi unapređenju u kontekstu sigurnosti i zaštite pacijenata od ionizirajućeg zračenja. Kao takav, DMS postaje moćan alat u osiguranju kvalitete u zdravstvenoj ustanovi. S obzirom na mogućnost prikupljanja informacija o ozračenju pacijenta, kvaliteti slike te mogućnost izračuna tipičnih vrijednosti, on danas postaje i neizostavan u optimizaciji dijagnostičkih i intervencijskih postupaka, posebice u slučaju ustanova u kojima se koristi veći broj rendgenskih uređaja.

(Ne)korištenje zaštitnih sredstava za pacijente

Iako su se zaštitna sredstva godinama primjenjivala prilikom oslikavanja pacijenata, dobrobit njihove primjene danas postaje upitna. Štoviše, korištenje zaštitnih sredstava prilikom oslikavanja pacijenta može rezultirati upravo suprotnim učinkom od željenog, odnosno povećanjem ozračenja pacijenta [17]. Naime, ukoliko se dio zaštitnog sredstva nađe u primarnom snopu bilo zbog lošeg pozicioniranja bilo zbog toga što se zaštitno sredstvo pomaknulo, radiološka slika može sadržavati artefakte ili će dio područja od interesa biti prekriven te će biti potrebno oslikavanje ponoviti. U svakom će slučaju rezultirati značajnim povećanjem ozračenja pacijenta budući se većina oslikavanja provodi korištenjem automatske kontrole ekspozicije kojoj je zadaća očuvati kvalitetu radiološke slike neovisno o atenuaciji u primarnom snopu. Dodatno, raspršeno zračenje od kojeg se pacijenta želi zaštititi nastaje u samom pacijentu koje je u slučaju današnjih rendgenskih uređaja, zbog brzog razvoja tehnologije, zanemarivo. Zbog navedenih razloga međunarodne preporuke preporučuju prestati s praksom štice pacijenata osobnim zaštitnim sredstvima osim u iznimnim slučajevima kao što su dijagnostički postupci u dentalnoj radiologiji i neurointervencijski postupci [17]. Odredbe hrvatskih propisa nejasne su u dijelu koji se odnosi na obvezu korištenja zaštitnih sredstava u cilju zaštite pacijenata i nisu u potpunosti u skladu s najnovijim preporukama [7].

Klinički audit

Klinički audit definiran je kao "sistematsko ispitivanje ili provjera medicinskih radioloških postupaka s ciljem unapređenja kvalitete i ishoda skrbi o pacijentu kroz strukturirani pregled pri čemu se postupci, procedure i rezultati uspoređuju s međunarodno prihvaćenim standardima, uz izmjenu postupaka i primjenu novih standarda gdje je to prikladno" [7]. Međunarodne preporuke preporučuju, a hrvatski propisi nalažu da sve zdravstvene ustanove u kojima se koriste izvori ionizirajućeg zračenja moraju od ministarstva nadležnog za zdravstvo zatražiti provedbu kliničkog audita, svakih pet godina. Ministarstvo tada imenuje povjerenstvo koje je dužno klinički audit provoditi u skladu s europskim preporukama i/ili preporukama Me-

dunarodne agencije za atomsku energiju te u roku od tri mjeseca sastaviti izvješće koje sadrži upute za otklanjanje utvrđenih nedostataka, odnosno za unapređenje kvalitete i ishoda skrbi o pacijentu te izmjenu načina postupanja i primjenu novih standarda [7]. Osim vanjskog kliničkog audita kojeg predviđaju hrvatski propisi, preporučuje se provoditi i periodične interne kliničke audite koje organizira zdravstvena ustanova. Nerijetko se klinički audit doživljava kao inspekcijski nadzor, međutim on to nije; provode ga stručnjaci iz pojedinih područja (liječnici, radiološki tehnolozi i medicinski fizičari) u cilju povećanja kvalitete zdravstvene usluge, a ne provjere usklađenosti rada s pozitivnim propisima.

Prijavljivanje pogreški

Sustav prijavljivanja pogreški, posebice anonimizirani, kojem nije cilj okriviti pojedinca može dodatno doprinijeti optimizaciji dijagnostičkih i intervencijskih postupaka. Periodične timske analize prijavljenih pogreški mogu biti temelj za ispravljanje uočenih pogreški te za stvaranje preduvjeta za smanjenje vjerojatnosti njihova ponavljanja.

Edukacija

Najvažniji preduvjet za optimizaciju dijagnostičkih i intervencijskih postupaka koji se provode uporabom rendgenskih uređaja jest visoka razina svijesti o nužnosti optimizacije. Iz tog je razloga važno već tijekom redovnog školovanja programom obrazovanja obuhvatiti elemente optimizacije u slučaju budućih i liječnika i radioloških tehnologa i medicinskih fizičara obzirom da je optimiziran dijagnostički ili intervencijski postupak rezultat suradnje svih struka. Također, provođenje kontinuirane edukacije tijekom profesionalnog usavršavanja vezane za temu optimizacije od ključne je važnosti ne samo zbog podizanja razine svijesti o potrebi optimizacije, nego i zbog praktičnih znanja koja su direktno primjenjiva u svakodnevnom radu.

Umjetna inteligencija

Primjena umjetne inteligencije (UI) pokazuje potencijal za široku primjenu u radiološkoj praksi i omogućuje smanjivanje vjerojatnosti za ljudsku pogrešku, što je jedan od ciljeva optimizacije postupaka. Danas se već koriste UI rješenja za npr. pravilno pozicioniranje pacijenta tijekom oslikavanja računalnom tomografijom što u konačnici ne utječe samo na ozračenje pacijenta, već i na brzinu rada i broj ponovljenih radioloških slika [18, 19]. Također, neki UI programi omogućuju automatsku prilagodbu parametara oslikavanja prilagođenih anatomiji koja se oslikava te mogu utjecati na smanjenje omjera kontrasta i šuma na slikama, čiji je rezultat ili poboljšana kvaliteta slike ili jednaka kvaliteta slike uz manje ozračenje pacijenta [18, 19]. Primjena UI-a u optimizaciji postupaka otvara nove mogućnosti te donosi nove izazove i rizike pa je važno da su zdravstveni radnici adekvatno educirani i obučeni te da su svjesni rizika koje primjena UI programa nosi [20, 21]. ■

Optimization of diagnostic and interventional procedures

Abstract:

There is significant increase in the use of x-ray imaging in medicine and still insufficient knowledge about effect of low radiation doses and how it is related with the incidence of cancer. Therefore, the optimization of diagnostic and interventional procedures plays an important role in radiation protection during medical imaging. The optimization process does not only refer to the adjustment of imaging protocol parameters, but encompasses a number of activities and professions involved in the process. Physician, radiographer and medical physicist are essential and irreplaceable in the optimization process, therefore it is important that the topic of optimization is included in part of their education and further training. Since quality assurance program prescribes activities such as quality control, image rejection analysis, recording of patient doses, calculation of typical values and comparison with diagnostic reference levels, its establishment is a necessary step in optimization. In recent years, application of artificial intelligence in optimization process is also important. Taking into account all these steps, the main goal of comprehensive optimization process is to achieve image quality that is adequate to answer the clinical question with minimal patient exposure.

Key words: optimization, diagnostic reference values, typical values, quality assurance program, image quality, artificial intelligence

Reference

- European Commission. Report on Radiation Protection N° 180. Medical Radiation Exposure of the European Population, Part 1/2. European Commission, Brussels, 2014.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report, Annex A - Evaluation of medical exposure to ionizing radiation. United Nations, New York, 2022.
- International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standard Series No. GSR Part 3, No. GSR Part 3, IAEA, Vienna, 2014.
- European Council Directive 97/43/Euratom on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure and repealing Directive 84/466/Euratom. Official Journal of the European Communities, L 180; 22-27. 1997.
- Kralik I, Buinac A, Justic M, Ružić K, Faj D. DRL - alat u službi optimizacije provedbe dijagnostičkih i intervencijskih postupaka. Radiološki Vjesnik, 2021; 2:16-19.
- Kralik I, Bjelobrč I, Buinac A, Cvetko D, Justic M, Meštrić D, Popić J, Ružić K, Turk T, Faj D. Indikacijske vs. anatomske dijagnostičke referentne razine. Radiološki Vjesnik, 2023; 2:67-71.
- Ministarstvo unutarnjih poslova. Pravilnik o uvjetima za primjenu izvora ionizirajućeg zračenja u svrhu medicinskog i nemedicinskog ozračenja. Nar novine 42/18, 8/22. 2022.
- ICRP. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publ 135. 2017; 46(1).
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. Publications Office; 1996.
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. Publications Office; 1996.
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, European guidelines on quality criteria for computed tomography. Publications Office; 1996.
- Faulkner K. The DIMOND project and its impact on radiation protection. Radiation Protection Dosimetry. 2005;117(1-3):3-6.
- Moore QT, Don S, Goske MJ, Strauss KJ, Cohen M, Herrmann T, Macdougall R, Noble L, Morrison G, John SD, Lehman L. Image gently: using exposure indicators to improve pediatric digital radiography. Radiol Technol. 2012; 84(1):93-9.
- World Health Organization. Quality Assurance in Diagnostic Radiology. WHO, Geneva, 1982.
- Ministarstvo unutarnjih poslova. Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja. Narodne novine 53/18, 6/22, 2022.
- International Atomic Energy Agency, Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology. IAEA Human Health Series No. 47, IAEA, Vienna, 2023.
- Hiles P, Gilligan P, Damilakis J et al. European consensus on patient contact shielding. Insights Imaging, 2021, 12:194.
- Pierre K, Haneberg AG, Kwak S, Peters K, Hochegger B, Sananmuang T, et al. Applications of artificial intelligence in the radiology roundtrip: process streamlining, workflow optimization, and beyond. Seminars in Roentgenology, 2023;58(2):158-69.
- McCullough CH, Leng S. Use of artificial intelligence in computed tomography dose optimisation. Annals of the ICRP, 2020;49(1):113-25.
- International Atomic Energy Agency, Artificial Intelligence in Medical Physics, Training Course Series No. 83, IAEA, Vienna, 2023.
- Brady AP, Allen B, Chong J, Kotter E, Kottler N, Mongan J, et al. Developing, purchasing, implementing and monitoring AI tools in radiology: practical considerations. A multi-society statement from the ACR, CAR, ESR, RANZCR & RSNA. Insights Into Imaging, 2024;15(1).