Fizikalno-tehničke i druge mogućnosti zaštite pacijenata od ionizirajućih zračenja

Varnica, Stipe

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:176:843507

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Sveučilišni odjel zdravstvenih studija
SVEUČILIŠTE U SPLITU

Repository / Repozitorij:

Repository of the University Department for Health Studies, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Stipe Varnica

FIZIKALNO-TEHNIČKE I DRUGE MOGUĆNOSTI ZAŠTITE PACIJENATA OD IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA

Završni rad

Split, 2014.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Stipe Varnica

FIZIKALNO-TEHNIČKE I DRUGE MOGUĆNOSTI ZAŠTITE PACIJENATA OD IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA

Završni rad

Mentor:
prof. dr. sc. Stipan Janković

Split, 2014.

Sadržaj:

1. UVOD……1-6
1.1. Prevencija……4
1.1.1. Uloga liječnika……4-5
1.1.2. Uloga radiologa……5
1.1.3. Uloga radiološkog tehnologa……6
2. CILJ RADA……7-8
3. REZULTATI RADA……9-35
3.1. Zakonodavna zaštita……9-13
3.1.1. Zaštita djece……9-10
3.1.2. Zaštita trudnica i žena koje doje……10-11
3.1.3. Sustavni pregledi……11-12
3.1.4. Dijagnostički i intervencijski pregledi i postupci uporabom rendgenskih uređaja……12-13
3.2 Fizikalno-tehnička zaštita……14-19
3.2.1. Zaštita na rendgenskom uređaju……16
3.2.2. Zaštita od raspršenog zračenja……17
3.2.3. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu profesionalnog osoblja i bolesnika……17-18
3.2.4. Nove tehnološke mogućnosti poboljšanja zaštite od zračenja……19
3.3. Kemijska zaštita……19
3.4. Biološka zaštita……19
3.5. Znanstvena istraživanja……19
3.6. Drugi oblici (mogućnosti) zaštite od zračenja……20-30
3.6.1. Kolimacija ili suženje snopa……20-21
3.6.2. Udaljenost izvora zračenja od kože tj. receptora……20-21
3.6.3. Filtracija rendgenskih zraka……22
3.6.4. Primjena karbonskih vlakana……22
3.6.5. Kontrola zračenja i praćenje dužine zračenja……23
3.6.6. Obrada radiografskog filma……24
3.6.7. Smanjenje broja ponovljenih snimanja……24
3.6.8. Osiguranje kvalitete……25-26

3.6.9. Zaštita žena od ionozirajućeg zračenja…….....……26-28
3.6.9.1. Zaštita trudnica od zračenja i rizici oštećenja ploda u različitim fazama trudnoće…….....…….....26-28
3.6.9.2. Kritična doza zračenja za pobačaj, pretrage koje dovode do doza zračenja za medicinski opravdani pobačaj…….....……..28
3.6.10. Zaštita djece pri izvođenju različitih rendgenskih pretraga….....28-29
3.6.11. Zaštita prematurne djece pri snimanjima u inkubatoru…….....…29
3.6.12. Zaštita mladih žena i zaštita muškaraca…….....…..…29-30
3.7. Specifičnosti zaštite od zračenja kod nekih radioloških postupaka….....……...30-33
3.7.1. Zaštita pacijenta i profesionalnog osoblja kod prosvjetljavanja…….....…….30-31
3.7.2. Zaštita bolesnika i profesionalnog osoblja kod snimanja….....……...31
3.7.3. Zaštita pri snimanju zubi…….....……..31
3.7.4. Zaštita pri snimanjima i prosvjetljavanju u operacijskim dvoranama…….....……..31
3.7.5. Zaštita kod kompjutorizirane tomogafije…….....……..32
3.7.6. Zaštita kod izvođenja angiografija…….....…….....33
3.7.7. Zaštita bolesnika i profesionalnog osoblja pri izvođenju različitih postupaka u intervencijskoj radiologiji…….....……..33
3.8. Zaštita pacijenta od zračenja u radioterapiji…….....……..34
3.9. Zaštita pacijenta od zračenja u nuklearnoj medicini…….....……35
4. RASPRAVA…….....……36
5. ZAKLJUČAK…….....……..37
6. SAŽETAK…….....…….……..38-39
7. SUMMARY…….....…....40-41
8. LITERATURA…….....……...42
9. ŽIVOTOPIS…….....……....43

1. UVOD

Ionizirajuće je zračenje oblik zračenja koje ima dovoljno energije da prouzroči ionizaciju atoma i/ili molekule. Prilikom ionizacije električnih neutralnih atoma dolazi do promjene u energiji ili sastavu atoma, pri čemu se emitiraju elektroni i nastaju vrlo reaktivni ioni koji imaju pozitivan ili negativan električni naboj (kationi i anioni) (slika 1). Ionizirajuće zračenje može se sastojati od snopa čestica visokih energija (čestično zračenje) ili je riječ o elektromagnetskom zračenju visoke frekvencije. Osnovne vrste čestičnog zračenja su alfa-čestice, beta-čestice, neutronsko i elektronsko zračenje, a elektromagnetskog zračenja – rendgensko zračenje ili x-zračenje i gama-zračenje. Glavne su karakteristike ionizirajućeg zračenja, koje spada u spektar elektromagnetskog zračenja, frekvencija i valna duljina, odnosno frekvencijom i dužinom vala razlikujemo i vrstu elektromagnetskog zračenja. Vrste interakcija koje nastaju djelovanjem ionizirajućeg zračenja su:

a) Klasični rasap – u interakciji upadne zrake i atoma (materije) ne dolazi do smanjenja energije upadne zrake već ona samo mijenja smjer.

b) Comptonov rasap – upadni foton predaje atomu u tijelu samo dio svoje energije te se nastavlja gibati energijom manjom za onoliko koliko ju je predao atomu; dominantan pretežito u terapijskoj radiologiji.

c) Prava apsorpcija (fotoelektrični efekt) – upadna zraka (foton) preda svu energiju na izbijanje elektrona iz neke od orbita atoma; taj atom kojem je predana sva energija (fotoelektron) nastavlja se gibati istom kinetičkom energijom koju je primio od fotona. Ova je pojava dominantna u dijagnostičkoj radiologiji.

d) proces stvaranja parova – kada foton visoke energije jednake ili veće od 1,2 MeV prođe blizu jezgre atoma u tijelu, ona ga može apsorbirati, pri čemu nastaje par elektron-pozitron. Kako pozitron ima kratko vrijeme života, vrlo brzo interagira s elektronom, pri čemu elektron i pozitron nestaju, a stvaraju se dva fotona koja imaju ukupnu energiju kao upadni foton.

Na dovoljno visokim dozama ionizirajućeg zračenja mogu se oštetiti molekule, poput DNK u stanicama. Oštećenja DNK-a i drugih važnih staničnih komponenti mogu dovesti do oštećenja stanice i stanične smrti, a to opet može dovesti do povećanja rizika od raka i, na ekstremno visokim dozama, do smrti.

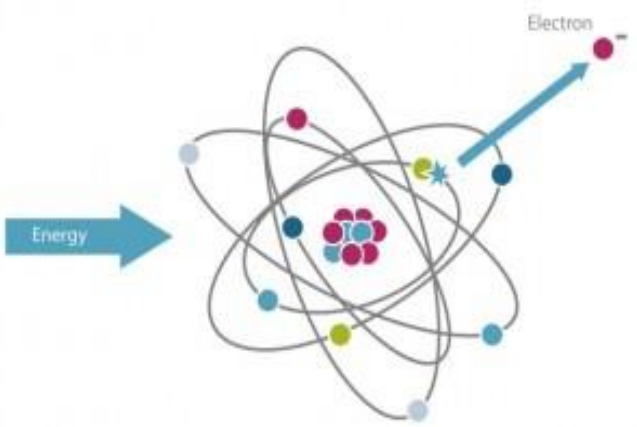
Od samog početka primjene ionizirajućeg zračenja u medicinske svrhe, kako u dijagnostičke, tako i u terapijske svrhe, zaštita od zračenja oduvijek je predstavljala problem. Tako je i danas.

Odmah nakon početka primjene rendgenskih zraka prije stotinjak godina, utvrđeno je da rendgensko zračenje može izazvati ozljede. Od tada učinjen je silan napor da se razviju tehnike, usavrše rendgenski uređaji, unaprijede načini ispitivanja i poboljša nadzor nad zračenjem te da se smanji, na najmanju moguću mjeru, nepotrebno izlaganje zračenju.

Glavi su izvor ionizirajućeg zračenja za većinu pučanstva prirodni izvori zračenja i zračenja kojima su podložni tijekom medicinskih postupaka. Napretkom i zahtjevima mnogih drugih kliničkih disciplina došlo je do sve veće upotrebe ionozirajućeg zračenja u medicinske svrhe. Udio povećanja izloženosti ionizirajućeg zračenja u medicinske svrhe još je veći u razvijenim zemljama u odnosu na nerazvijene jer ove prve imaju dobro razvijenu medicinsku dijagnostiku. Ovaj udio povećanja ne čudi jer se liječnici sve više i više oslanjaju na rendgenske preglede u brizi za pacijente, čak i kad su u pitanju noviji slikovni prikazi.
Rendgenska dijagnoza danas se smatra mnogo točnijom nego u prošlosti iz razloga što su programi izučavanja radiologa i radioloških tehničara mnogo rigorozniji te je danas oprema za rendgenski pregled mnogo naprednija; omogućuje kompleksniji, ali i sadržajniji rendgenski pregled. Učinkovitost i dijagnostička preciznost RTG-metoda posljednjih desetljeća uvelike su napredovale, a samim time minimalizirana je i podložnost zračenju po svakoj pretrazi. No, broj pretraga drastično je uvećan. Uz sve poželjne učinke ionizirajućeg zračenja, ono ima i nepoželjne učinke na ozračene pacijente, a isto tako i na njihovo potomstvo, naročito ako je ozračena osoba u reproduktivnom razdoblju života. Unatoč porastu primjene ionizirajućeg zračenja, više se ne pojavljuju teška oštećenja osoba izloženih zračenju. Da bismo imali što manje nepoželjnih efekata, potrebno je dobro upoznati prirodu ionizirajućeg zračenja, njegova fizikalna svojstva, biološke osobitosti zračenja, siguran način uporabe te, na kraju, mogućnosti prevencije i najbolje načine zaštite.

Liječnici koji upućuju pacijente na radiološke preglede odgovorni su za prevenciju i zaštitu od ionizirajućeg zračenja, a još više su odgovorni radiolozi i radiološki tehnolozi koji te pretrage provode. Radiolozi i radiološki tehnolozi provjerom identiteta bolesnika, provjerom uputnice (s potpisom liječnika koji indicira pregled informacija o vrsti i opsegu pregleda), znanjem koje podrazumijeva određenu količinu informacija potrebnih za rad s tehničkom opremom i poznavanjem tehnika snimanja mogu značajno smanjiti izlaganje pacijenta nepotrebnim dozama ionizirajućeg zračenja. Isto tako, jako je bitan odabir pravilne metode pregleda kojom se primjenjuje najmanja doza zračenja ili metode pregleda koja nije povezana s ionizirajućim zračenjem. Obavezno se moraju koristiti sredstva za zaštitu od nepotrebnog zračenja koja se nalaze na samom aparatu i u prostoriji za snimanje, valja pravilno upotrebljavati uređaje, profesionalno se odnositi prema pacijentu i doza za pacijenta

će biti minimalna. Problematiku zaštite od zračenja prati cijeli niz stručnih međunarodnih organizacija koje, redovito ili periodično, izdaju preporuke koje se ugrađuju u zakonske propise i pravilnike zemalja članica UN-a.



Slika 1. Proces ionizacije u kojem je izbačen elektron
(Preuzeto: http://www.medicalradiation.com/)

1.1. Prevencija

Prevencija podrazumijeva skup mjera i postupaka radi izbjegavanja izlaganja zračenju stanovništva (postavljanje valjane indikacije za radiološku pretragu, pravilan izbor metode pregleda – bez ionizirajućeg zračenja ili s najmanjom dozom zračenja itd.

Redoslijed pretraga veoma je važan i u pravilu treba pratiti sljedeći algoritam:

1. pažljiva anamneza i klinički pregled liječnika,
2. labaratorijski nalazi,
3. ultrazvučna dijagnostika i MR,
4. alternativne metode pretraga koje eventualno nisu povezane s ionizirajućim zračenjem, internističke/kirurške endoskopske metode, virtualna CT i MR-endoskopija.

U prevenciji nepoželjnog djelovanja zračenja na bolesnike najodgovorniji su liječnici koji upućuju bolesnike na radiološke pretrage, specijalisti radiologije i radiološki tehnolozi.

1.1.1. Uloga liječnika (opće medicine, medicine rada, pedijatri, ginekolozi, internisti itd.)

Kad je potrebno primijeniti više različitih radioloških pretraga za rješenje određenog kliničkog problema, treba odabrati najlogičniji redoslijed pretraga na temelju vlastite prosudbe te konzultacije s ostalim radiolozima i kliničarima. Odluka o tome je li rendgenska snimka pacijenta opravdana, ponekad je odluka koja spada pod odgovornost dotičnog liječnika, a ponekad i liječnika koji provodi rendgenski pregled. U oba slučaja važno je da se odluka provođenja rendgenskog pregleda temelji na točnim procjenama indikacija. Adekvatna dijagnoza iz koje se može provoditi sukladna briga o pacijentu trebala bi biti posljedica dobro odmjerenog rendgenskog pregleda. Jednako je važno da se ova procjena temelji na pozadini utemeljenog znanja o fizikalnim svojstvima i biološkim utjecajima ionizirajućeg zračenja. Imajući na umu koliko se brzo mijenjaju spoznaje u polju dijagnostičke radiologije, znanje nadležnog liječnika o koristima i rizicima rendgenske dijagnoze često je nepotpuna. Liječniku je prvenstveno relevantna učinkovitost rendgenskog pregleda, tj. hoće li ona pridonijeti nadziranju zdravstvenih problema pacijenta. Ipak, dotični liječnik ne bi smio olako slati pacijente na rendgenske preglede bez temeljnih kliničkih pokazatelja. Da bi postigao nužnu kliničku procjenu, dotični liječnik bi se možda trebao konzultirati s radiologom. Doktorov zahtjev trebao bi razumljivo opisivati probleme pacijenta, jasno indicirajući kliničke ciljeve, tako da radiolog može provesti adekvatan rendgenski pregled.

Doduše, ponekad nije dobro kažnjavati pacijenta odgađanjem rendgenskog pregleda u situacijama gdje informacija nedostaje, a klinički pokazatelji su očiti i sugeriraju da bi nedostatak rendgenskog pregleda ugrozio pacijenta. Prije predlaganja rendgenskog pregleda, liječnik bi trebao biti uvjeren u to kako nužne informacije nisu dostupne niti jednom drugom metodom osim predložene.

1.1.2. Uloga radiologa

Radiolozi imaju veliku ulogu i odgovornost u prevenciji i zaštiti pučanstva od zračenja, posebice od nepotrebnog. Da bi se postigla kompletna klinička procjena, radiolog bi se trebao konzultirati s dotičnim liječnikom. Ova praksa se potiče u ime prikupljanja što više informacija, zadržavajući ekonomsku isplativost i umanjujući rizike od zračenja. Radiolog snosi odgovornost pri kontroli svih aspekata provođenja i obujma rendgenskog pregleda. Radiolog bi trebao posavjetovati o provođenju predloženog rendgenskog pregleda i o adekvatnim tehnikama koje će se koristiti, sukladno specifičnom slučaju. Radiolog snosi odgovornost da je svaka osoba koja stupa u kontakt s rendgenskom opremom tehnički i teoretski kompetentna te da poznaje sve štetne posljedice ionizirajućeg zračenja. Ako su nam dostupna najmanje dva medicinska postupka koja nam daju jednaku adekvatnu spoznaju u liječenju, onda prvenstveno biramo onaj proces koji najmanje ugrožava zdravlje pacijenta. Redoslijed provođenja rendgenskog pregleda utvrđuje se za svakog pacijenta pojedinačno. Imajući na umu da svaki novi rendgenski pregled može biti nepotreban, u idealnim uvjetima, prije svakog novog rendgenskog pregleda procjenjuje se nužnost obavljanja novog rendgenskog pregleda na temelju prikupljenih informacija iz prethodnog. S druge strane, dostupnost i udobnost pacijenta, kao i nužnost brzine prikupljanja informacija, također su bitni parametri.

1.1.3. Uloga radiološkog tehnologa

Uloga radiološkog tehnologa također je veoma značajna u prevenciji i zaštiti od zračenja, a obuhvaća sljedeće:

a) provjerava valjanost uputnice za radiološku pretragu (je li ispravno popunjena itd.),

b) posvećuje posebnu pozornost ženama u generativnom razdoblju (mogućnost trudnoće u oko 20 % žena mlađih od 30 godina!),

c) posebnu pažnju iskazuje prema djeci obaju spolova i mladim ljudima (osobe mlađe od 30 godina),

d) upućuju na oprez u ophođenju s osobama profesionalno izloženima zračenju,

e) maksimalno smanjuje ponovljena snimanja kod radiografskih pretraga,

f) sužava snop RTG-zraka na najmanju potrebnu širinu,

g) potiče dobru uvježbanost u radu,

h) na najbolji način koristi radiološke uređaje, prvi uviđa kvarove te sugerira potrebu popravka,

i) stalno se obrazuje o novim mogućnostima zaštite od zračenja te je u obvezi svakih pet godina (po preporukama EU i Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost Republike Hrvatske) obnoviti znanje iz područja zaštite od zračenja.

Radiološki tehnolozi nalaze se na čelu sigurnosti i kvalitete dijagnostičkog i terapijskog postupka kod pacijenta. Imaju udjela u procesu opravdanosti izvođenja pretraga. Radiološki tehnolog mora upozoriti radiologa na neadekvatne procedure, na ponovno izvođenje neke pretrage istom pacijentu, na pogrešan zahtjev za obavljanje neke pretrage jer on svojim znanjem i sposobnostima može procijeniti opravdanost nekog postupka te je ključan u prevenciji. Radiološki tehnolog je zadnji u lancu prevencije i zaštite od zračenja do nastanka radioloških slika. Radiološki tehnolozi su ti koji na pacijentu primjenjuju doze koje moraju biti u ravnoteži s kvalitetom dobivenih informacija, u dogovoru s radiologom, da bi prevencija i zaštita bile maksimalne.

2. CILJ RADA

Uloga i odgovornost radiološkog tehnologa velike su u svim aspektima o zaštiti pacijenta od ionizirajućeg zračenja. Radilogija je vrlo dinamičko zanimanje koje prati napredak tehnologije te je vrlo bitna teoretska i praktična obnova znanja i edukacija o zaštiti pacijenta o zračenju. U mnogim slučajevima radiološki tehnolozi imaju jednaku ili veću teoretsku i praktičnu uvježbanost u zaštiti od zračenja od ostalih koji upotrebljavaju ionizirajuće zračenje. Radiološki tehnolog treba ispunjavati sve zahtjeve radioloških procedura i sudjevolavati u prevenciji i zaštiti od zračenja te upozoriti radiologa na neadekvatne zahtjeve, na ponovni zahtjev, na pogrešan zahtjev; to znači da on mora preuzeti odgovarajuće mjere za potpunu opravdanost postupka. Ti postupci uključuju odgovarajuće mjere zaštite kako bi se osiguralo da pacijenti i osoblje budu izloženi minimalnoj dozi zračenja u skladu s optimalnom dijagnostičkom kvalitetom za pacijenta. Kod primjene zračenja u različitim granama medicine i u različitim situacijama valja poduzeti sve raspoložive mjere kako bi se štetni efekti eliminirali ili sveli na prihvatljivi minimum, koliko je to razumno izvodljivo (As Low Reasonably Achivable – ALARA-princip).

Kod svih radioloških slika nastalih ionizirajućim zračenjem od strane radiološkog tehnologa, on je odgovoran za primijenjenu dozu. Odgovoran je za primjenu svih fizikalno-tehničkih i drugih oblika zaštite, kao što su:

1) točna identifikacija pacijenta, 2) dobivanje pristanka na određeni postupak tamo gdje se to traži, 3) utvrđivanje da nijedna prethodno obavljena slikovna procedura nije već dala traženu informaciju, 4) utvrđivanje da je provedena odgovarajuća provjera trudnoće, a ako nije, provjeravanje i donošenje odluke u vezi s tim, 5) razmatranje pacijentova položaja zaštite od zračenja, imajući u vidu ispitivanje koje treba provesti i donošenje odgovarajuće odluke, 6) sposobnost davanja odgovora na pitanja koja se tiču doze zračenja, opasnosti i rizika,7) namještanje adekvatanog položaja pacijenta i izvora zračenja, 8) provjera zaštitne opreme koja mora biti takva da osigura optimizaciju krajnje slike i doze zračenja, 9) odabir pogodne kombinacije opreme, faktora izlaganja i materijala slikovnog snimanja da bi nastale optimalne slike, 10) osiguranje posebne brige o pedijatrijskim pacijentima, trudnicama i ženama u generativnom razdoblju, 11) uporaba sve opreme i metoda za osiguranje minimalne doze zračenja za pacijenta uz najvišu dijagnostičku dobit.

Radiološki tehnolog procjenjuje situacije, preuzima odgovornost za profesionalne odluke i djeluje u najboljem interesu pacijenta. Radiološki tehnolog koristi opremu i pribor, primjenjuje tehnike i postupke , obavlja usluge u skladu s prihvaćenim standardima i pokazuje

stručnost u smanjenju izloženosti zračenja za pacijenta, sebe i za druge članove zdravstvenog tima.

3. REZULTATI RADA

Zaštita od zračenja podrazumijeva skup svih mjera i postupaka kojima se izlaganje zračenju pojedinca i pučanstva svodi na najmanju moguću mjeru uz ostvariv poželjan medicinski učinak.

Oblici zaštite od zračenja su:

a) zakonodavna zaštita

b) fizikalno-tehnička zaštita

c) kemijska zaštita

d) biološka zaštita

e) znanstvena istraživanja.

3.1. Zakonodavna zaštita

Zakonodavna je zaštita veoma važna jer strogim zakonskim propisima i podzakonskim aktima uređuje cjelokupnu problematiku zaštite od ionizirajućeg zračenja. Temelj zakonske regulative na području primjene ionizirajućeg zračenja jest Zakon o zaštiti od zračenja s nizom podzakonskih akata u obliku Pravilnika o zaštiti od zračenja, donesen 1999. godine. Suvremen je i usklađen sa zahtjevima Europske zajednice.

Njegova je svrha uspostava temeljnih načela, a izdaje preporuke za zaštitu od zračenja. Ovi principi i preporuke čine osnovu za nacionalne propise koji uređuju izloženost zračenju radnika i članova javnosti.

3.1.1. Zaštita djece

Članak 31.

(1) Kad god je moguće zbog naravi dijagnostičkog, intervencijskog ili terapijskog pregleda ili postupka, pri pregledu djece potrebno je koristiti sredstva za imobilizaciju.

(2) Za svako pojedino dijete, tijekom planiranja i pripreme dijagnostičkog, intervencijskog ili terapijskog pregleda ili postupka potrebno je uzeti u obzir njegovu dob, građu i težinu.

(3) Tijekom provedbe dijagnostičkog pregleda uporabom rendgenskog uređaja za kompjutoriziranu tomografiju moraju se koristiti zaštitna sredstva za smanjenje ozračenja dijelova tijela djeteta koji su u korisnom snopu, ako primjena takvih sredstava ne ometa ispravnu provedbu dijagnostičkog pregleda.

(4) Zaštitnim mjerama uz primjenu odgovarajućih zaštitnih sredstava iz stavka 3. ovoga članka naročito se mora osigurati zaštita štitne žlijezde, očnih leća i dojke djeteta.

3.1.2. Zaštita trudnica i žena koje doje

Članak 32.

(1) Ženu za koju postoji vjerojatnost trudnoće doktor medicine odgovarajuće specijalnosti koji odobrava dijagnostički pregled i intervencijski postupak i zdravstveni radnik koji neposredno provodi dijagnostički pregled i intervencijski postupak moraju prethodno upozoriti na opasnost izlaganja ionizirajućem zračenju u određenom razdoblju poslije mjesečnice zbog moguće trudnoće i nedvojbeno utvrditi jesu li ispunjeni uvjeti za daljnju provedbu dijagnostičkog postupka.

(2) U slučaju mogućnosti trudnoće žene iz stavka 1. ovog članka i u slučaju trudnoće žene samo doktor medicine odgovarajuće specijalnosti koji odobrava dijagnostički, intervencijski ili terapijski pregled ili postupak uporabom izvora ionizirajućeg zračenja može odobriti daljnju provedbu tog pregleda ili postupka, ako za neodgodivu primjenu tog postupka postoje opravdani medicinski pokazatelji, posebno u slučaju područja abdomena ili zdjelice, pri čemu utvrđuje uvjete provedbe tog pregleda ili postupka kojim će se osigurati najmanje moguće ozračenje pacijentice i ploda, a da se pri tom dobiju dijagnostički podaci optimalne kakvoće, odnosno željeni učinci postupka ili terapije.

(3) Na vidljivu mjestu u čekaonici mora biti istaknuto pisano upozorenje ženama u životnoj dobi s visokom i objektivnom vjerojatnosti trudnoće: »Ako ste trudni ili kod Vas postoji mogućnost trudnoće, upozoravamo Vas da ionizirajuće zračenje može oštetiti plod. Javite se našem liječniku zbog savjeta« (slika 2).

(4) Zdravstveni radnik koji provodi dijagnostički postupak može prije početka postupka zatražiti i izjavu žene u pisanom obliku da je upoznata s rizicima izlaganja ionizirajućem zračenju u slučaju trudnoće ili moguće trudnoće.

Članak 33.

(1) Dijagnostički postupak uporabom radiofarmaceutskih pripravaka ne primjenjuje se na trudnicama i ženama koje doje, osim iznimno kad za neodgodivu primjenu tog postupka postoje opravdani zdravstveni pokazatelji po prosudbi doktora medicine odgovarajuće specijalnosti koji odobrava taj postupak, pri čemu utvrđuje uvjete provedbe tog postupka kojim će se osigurati najmanje moguće ozračenje pacijentice i djeteta, a da se pri tom dobiju dijagnostički podaci optimalne kakvoće.



Slika 2. Upozorenje za trudnice

(Preuzeto: http://www.mysafetysign.com/)

3.1.3. Sustavni pregledi

Članak 34.

(1) Sustavno preventivno snimanje kukova djece nije medicinski opravdano ozračivanje ako nema jasnih medicinskih pokazatelja za svakog pojedinog pacijenta.

Članak 35.

(1) Sustavni pregledi mogu se provoditi samo za određene skupine stanovnika za koje postoji povećan rizik oboljenja.

(2) Sustavni pregledi mogu se obavljati isključivo radiografijom i po prethodno pribavljenom odobrenju ministra nadležnog za zdravlje.

(3) Za svaki sustavni pregled ministar nadležan za zdravlje će na prijedlog ravnatelja Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost utvrditi dodatne uvjete na opremu i kadar.

Članak 36.

(1) Sustavno preventivno snimanje dojki za žene do 40 godina starosti bez jasnih medicinskih pokazatelja za svakog pojedinog pacijenta nije medicinski opravdano ozračivanje.

(2) Stavak 1. ovog članka ne odnosi se na žene s poznatim povećanim rizikom oboljenja.

(3) Ženi u dobi od 40 do 49 godina preporučuje se preventivno snimanje dojki jedanput u dvije godine u svrhu ranog i pravovremenog otkrivanja tumora dojke.

(4) Za žene u dobi iznad 50 godina preventivno snimanje dojki u svrhu ranog i pravovremenog otkrivanja tumora dojke preporučuje se jedanput godišnje.

3.1.4. Dijagnostički i intervencijski pregledi i postupci uporabom rendgenskih uređaja

Članak 37.

(1) Tijekom provedbe dijagnostičkog pregleda ili intervencijskog postupka moraju se koristiti zaštitna sredstva za smanjenje ozračenja dijelova tijela pacijenta koji nisu u korisnom snopu bez obzira na pregled ili postupak koji se provodi, ako primjena takvih sredstava ne ometa ispravnu provedbu dijagnostičkog pregleda ili intervencijskog postupka.

(2) Zaštitnim mjerama uz primjenu odgovarajućih zaštitnih sredstava iz stavka 1. ovoga članka naročito se mora osigurati zaštita štitne žlijezde, očnih leća, jajnika ili sjemenika i krvotvornih organa pacijenta.

(3) Zaštitna sredstva iz stavka 1. ovoga članka moraju imati zaštitnu moć jednakovrijednu učinku olova najmanje 0,5 mm debljine.

Članak 38.

(1) Uređajem za ograničavanje polja zračenja koji je ugrađen na otvoru kućišta rendgenske cijevi za prolaz korisnog snopa mora se smanjiti presjek korisnog snopa na ulazu u tijelo pacijenta na veličinu koja omogućuje postizanje očekivane kakvoće slikovnog podatka na prijemnom sustavu unutar rubova ulazne površine elektronskog pojačala slike ili kasete.

(2) Odredba stavka 1. ovog članka ne odnosi se na rendgenske uređaje za snimanje zubi.

Članak 39.

(1) Snimanje zubi i čeljusti smije se obavljati samo posebnim rendgenskim uređajima koji su namijenjeni za tu svrhu.

(2) Osobe kojima se snimaju zubi moraju biti zaštićene pregačom ili štitnikom čija je zaštitna moć jednaka učinku olova najmanje 0,25 mm debljine.

Članak 40.

(1) Za snimanje i ciljano snimanje rendgenskim uređajem potrebno je koristiti kasete s pojačivačkim folijama od rijetkih zemalja i filmove optimalne osjetljivosti sukladno naravi dijagnostičkog postupka.

(2) Na mjestu uporabe rendgenskog uređaja za snimanje radnicima mora na raspolaganju biti dovoljan broj kaseta svih veličina s pojačivačkim folijama od rijetkih zemalja.

(3) Uz određenu vrstu folije u kaseti mora se rabiti samo odgovarajuća vrsta kompatibilnih filmova sukladno preporukama proizvođača.

(4) Kasete za snimanje i ciljano snimanje moraju imati ulaznu površinu od materijala koji slabo apsorbiraju rendgensko zračenje (plastika, ugljikova vlakna).

3.2. Fiziklano-tehnička zaštita

Prostor, uređaji i postrojenja u kojima su smješteni izvori ionizirajućeg zračenja ili se obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, zaštitna oprema i osobna zaštitna oprema, moraju ispunjavati uvjete kojima se osiguravaju mjere sigurnosti izvora te zaštita ljudi i okoliša od ionizirajućeg zračenja i od onečišćenja radioaktivnim tvarima.

Pravilnik kojim se određuju uvjeti za projektiranje, gradnju te uklanjanje građevina u kojima su smješteni izvori ionizirajućeg zračenja ili se obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja donosi ministar nadležan za zdravstvo uz suglasnost ministra nadležnog za graditeljstvo i ministra nadležnog za unutarnje poslove.

Električni uređaj koji proizvodi ionizirajuće zračenje koji se koristi za provedbu dijagnostičkog, intervencijskog ili terapijskog postupka u medicini i dentalnoj medicini mora biti umjeren tako da se za svaki izbor parametara može procijeniti doza pacijenta.

Fizikalno-tehnička zaštita ukuljučuje također i nadzor nad izvršavanjem zakonskih propisa u svezi s projektiranjem i izgradnjom radioloških ustanova, odjela i prostorija u kojima će se raditi s izvorima ionizirajućeg zračenja, projektiranje i izgradnju prostorija, zaštitu zidova, prozora i vrata radioloških prostorija te zaštitu podova.

Procjena projekta za izgradnju bilo kojeg odjela ili prostorije gdje se koriste rendgenski uređaji treba se prethodno ocijeniti sukladno zahtjevima za osiguranje zaštite od zračenja radnika i ostalog pučanstva. Procjena mora uzeti u obzir i nezgode koje su moguće u svezi s predloženim aktivnostima u projektu, mogućnost dešavanja takvih nezgoda, njihove posljedice kao i potrebite preventivne mjere i protumjere.

Rendgenski odjel mora biti smješten u bolnici na takvom mjestu da je lako dostupan bolničkim i vanjskim pacijentima, da je raspored rendgenskih uređaja u različitim dijelovima bolnice centraliziran; idealno je da se svi dijagnostički postupci obavljaju na rendgenskom odjelu. U blizini rendgenskog odjela trebao bi biti odjel hitne pomoći, nuklearne medicine i ultrazvuk.

Valja osigurati dovoljno širok ulaz i ostale pristupe za laki unos opreme i uređaja, a naročito kreveta i ležaja s pacijentima. Također treba biti osigurana građevinska nosivost svih struktura opreme, uređaja i zaštitnih materijala. Rendgenskom odjelu treba osigurati stabilnu temperaturu, vlažnost, dostupnost električne struje i vode te, najvažnije, odgovarajuću stabilnost eletrične struje i stalnost napajanja.

Projekt mora biti izrađen sukladno sljedećim uvjetima:

(a) osiguranje odgovarajuće zaštite, uključujući ocjenu stupnja zaštitne moći, koja

osigurava postojeći graditeljski materijal,
(b) procjena očekivanog radnog opterećenja za svaki uređaj u odjelu,
(c) procjena koeficijenta zauzetosti susjednih područja i dijela radnog vremena tijekom kojeg je izravni snop usmjeren prema svakom području (koeficijent uporabe),
(b) sve prostorije s rendgenskim uređajima moraju biti određene tako da im je pristup što lakši.

Prostorije gdje se odrađuju filmovi moraju imati odgovarajuću zaštitu od zračenja i poseban prilaz, isto tako skladište s filmovima mora biti udaljeno od RTG-uređaja i zaštićeno od zračenja. Mora se predvidjeti i skladište filmova dovoljno daleko od rendgenskog uređaja i s odgovarajućom zaštitom od zračenja. Prozori u podrumu moraju biti postavljeni najmanje 2 metra iznad tla, te posebnu pozornost treba posvetiti raspršenom zračenju koje kroz prozore može ozračiti ljude koji borave u susjednoj prostoriji.

Položaj izravnog snopa zraka iz bilo kojeg rendgenskog uređaja mora biti postavljen tako da zaštiti osobe izvan prostorije ili iza zaštitnog ekrana kako ne bi bili izloženi dozama iznad propisanih granica. Procjena doza mora obuhvatiti doprinose od izravnog snopa, raspršenog zračenja i zračenja koje izlazi iz kućišta. Takva procjena zahtijeva poznavanje sljedećih parametara:
(1) radno opterećenje – broj pacijenata i uporabljeni parametri,
(2) maksimalni napon u kV,
(3) koeficijent boravka u prostoru,
(4) koeficijent uporabe.

Učinkovito preklapanje spojeva mora biti osigurano.

Zidove na rendgenskom odjelu, koji osiguravaju zaštitu od ionizirajućeg zračenja, pri izgradnji valja provjeriti mjerenjem njihovih zaštitinih svojstava kod najvećeg napona koji se primjenjuje na odjelu. Za postavljanje novog RTG-uređaja u prostoriju treba obaviti ispititivanje da se utvrde bilo kakave šupljine ili ostali putevi koji omogućuju prolazak zračenja – mora biti osigurano učinkovito preklapanje svih spojeva. Konačna provjera zračenja mora se obaviti nakon završetka izgradnje i opremanja odjela, a prije početka rada. Svjetlo koje upozorava na trenutno korištenje zračenja unutar prostorije (slika 3) treba biti postavljeno na vratima za ulaz u tu prostoriju. Pozornost treba posvetiti i međuprekidačima koji isključuju rendgenski uređaj. Po potrebi, treba omogućiti otvaranje vrata samo iznutra kad je uređaj u uporabi. Svako označeno područje mora imati svoju oznaku opasnosti od zračenja simbolom i natpisom "Opasnost, područje zračenja". Svaki ulaz u područje posebnog nadzora mora biti:

(a) opremljen uređajem koji osobu koja ulazi ili ovlaštenog radnika, svjetlosnim ili zvučnim signalom, obavještava o ulasku u to područje,

(b) zaključan, osim tijekom razdoblja u kojem je ulaz u područje potreban, s primjerenim nadzorom tijekom ulaska. Ispravnost signalnih uređaja i sustava međuprekidača mora se regularno provjeravati. Treba voditi računa i o rijetkim ali mogućim slučajevima kad treba voditi brigu i o djelatnicima izvan zgrade koji u blizini rendgenske prostorije obavljaju svoje zadaće (npr. čistačice, građevinski radnici i sl.).



Slika 3. Svjetlo koje upozorava na trenutno korištenje zračenja

(Preuzeto: http://blog.universalmedicalinc.com/)

3.2.1. Zaštita na rendgenskom uređaju

Zaštitu na rendgenskom uređaju osiguravaju:

a) sloj olova u oklopu (zračniku) rendgenske cijevi,

b) filtri na prozoru rendgenske cijevi,

c) višeslojni sužavajući zastor (kolimator),

d) stol ili oslon rendgenskog uređaja,

e) olovno zaštitno staklo na ekranu rendgenskog dijaskopskog uređaja (kad nema elektronskog pojačala),

f) zaštitne rese od olovne gume oko ekrana odnosno elektronskog pojačala,

g) elektronsko pojačalo.

3.2.2. Zaštita od raspršenog zračenja

Raspršeno zračenje je ono zračenje koje nije nastalo u izvoru zračenja (rendgenskoj cijevi) već pri sudaru rendgenskih zraka s česticama materije. Najveći izvor raspršenog zračenja je tijelo bolesnika, odnosno zračenju izloženi dio tijela bolesnika.

Za zaštitu od ovog zračenja koriste se:

a) zaštitne naprave na rendgenskom uređaju (sužavajući prednji zastor – kolimator, ekran rendgenskog uređaja, ispod ekrana ili elektronskog pojačala dugačke i široke ploče od olovne gume – zaštitna vrijednost ovih ploča je 2 – 2,5 mm Pb),

b) zaštitne naprave u rendgenskoj prostoriji (zaštitni stolac, zaštitna kabina za bolesnika, zaštitne pregrade i paravani u prostoriji),

c) osobna zaštitna sredstva (povijesno: olovne maske, olovne čizme, štitnici za potkoljenice itd., zaštitne pregače, zaštitne rukavice, štitnik za vrat, zaštitne naočale).

3.2.3. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu profesionalnog osoblja i bolesnika

U osobna zaštitna sredstva ubrajamo:

a) zaštitne pregače (slika 6),

b) zaštitne rukavice,

c) štitnik za vrat (slika 4),

d) zaštitne naočale (slika 5),

e) zaštitne pregače za bolesnike,

f) štinike za ovarije i testise bolesnika.

Tijekom provedbe dijagnostičkih postupaka moraju se koristiti zaštitna sredstva za snimanje ozračenja dijelova tijela bolesnika koji se ne pregledavaju bez obzira na postupak koji se provodi, ako primjena takvih sredstava ne ometa ispravnu provedbu dijagnostičkog postupka. Zaštitna sredstva koja se rabe za zaštitu bolesnika moraju imati zaštitnu moć jednakovrijednu učinku olova najmanje 0,5 mm debljine (članak 28. Zakona o zaštiti od ionizirajućih zračenja).

Zaštitna pregača mora osobu koja je koristi pokrivati od ključnih kostiju do polovice potkoljenice, obuhvaćajući bedra. Zaštitne rukavice moraju imati poseban prostor za svaki prst i dosezati do laktova. Zaštitni učinak pregača, rukavica, ovratnika i naočala mora biti

jednakovrijedan učinku olova debljine najmanje 0,25 mm. Zaštitni učinak pregače pri naponu rendgenske cijevi iznad 100 kV ne smije biti manji od učinka olova debljine 0,35 mm.

Zaštitne pregače i rukavice ne smiju se savijati, ne smiju biti oštećene, a njihova cjelovitost i ispravnost mora se redovito kontrolirati.



Slika 4. Štitnik za vrat

(Preuzeto: http://www.buyamag.com/)



Slika 5. Zaštitne naočale

(Preuzeto: http://www.or-products.com/)



Slika 6. Zaštitne pregače

Preuzeto: http://www.scanflex.se/

3.2.4. Nove tehnološke mogućnosti poboljšanja zaštite od zračenja

a) visokofrekventni generatori,

b) superbrze folije rijetkih zemalja,

c) kasete s karbonskim vlaknima,

d) rešetke i stol rendgenskog uređaja s karbonskim vlaknima,

e) primjena filtra (erbij, itrij) itd.

3.3. Kemijska zaštita

Kemijska zaštita uključuje primjenu kemijskih radioprotektora (oko 4000 različitih tvari). To su kemijske tvari koje smanjuju štetne biološke učinke zračenja (cistein, cistamin, amifostine – u radioterapiji tumora npr.). Preporučuje se uzimanje prije izlaganja zračenju, a novije generacije radioprotektora i nakon izlaganja zračenju.

3.4. Biološka zaštita

Biološka zaštita podrazumijeva:

a) podizanje biološke otpornosti organizma na zračenje,

b) uzimanje vitamina, šećera, čajeva s taninom itd.,

c) umjetno snižavanje temperature dijelova tijela izloženih većim dozama zračenja,

d) umjetnu anemizaciju (smanjivanje prokrvljenosti, umjetna anoksija) organa ili dijelova tijela izloženih većim dozama zračenja,

e) mirovanje, dobru ishranu i duševni mir ozračenih osoba,

f) kraće radno vrijeme i dulje godišnje odmore korištene u dva navrata (ljetni i zimski) za profesionalno osoblje u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini.

3.5. Znanstvena istraživanja

Teorijski i praktični problemi zračenja ljudskog organizma također su veoma važni i nalaze se u ishodištu svih drugih oblika zaštite od zračenja. Poznato je da se mogu izbjeći samo one opasnosti od zračenja koje dobro poznajemo. Poznato je također da radiobiološka istraživanja dovode do stalnog smanjivanja dopuštenih doza zračenja za profesionalno osoblje i za stanovništvo.

3.6. Drugi oblici (mogućnosti) zaštite od zračenja

Tri su osnovna oblika zaštite od ionizirajućeg zračenja:

a) skraćenje trajanja izlaganja ioniziraćujem zračenju – najvažniji element zaštite (dobra izobrazba i uvježbanost u radu, prekid dijaskopije itd.),

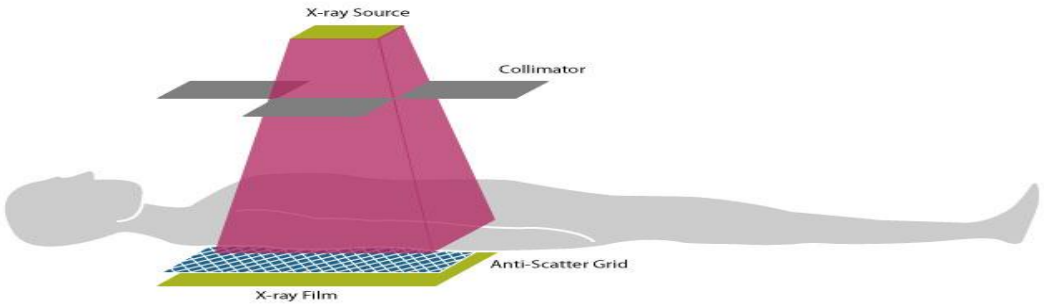
b) udaljavanje tijela od izvora zračenja – intenzitet zračenja pada s kvadratom udaljenosti, tj. dvostruko povećanje udaljenosti od izvora smanjuje intenzitet zračenja za 4 puta (kod rendgenskih snimanja valja snimati pomoću dugog električnog kabela ili iz druge prostorije; teledirigirani RTG-uređaji; kod modernih radioloških procedura uz dijaskopiju mogućnosti udaljavanja su ograničene),

c) način rada (sužavanje snopa rendgenskih zraka, smjer primarnog snopa, zatvaranje vrata pri snimanjima s komandnog stola iz zaštićene prostorije, obvezno nošenje zaštih osobnih sredstava, čuvanje osobnih zaštitnih sredstava itd.). S lošom aparaturom i nepropisnim načinom rada doze zračenja mogu biti i do 40 puta veće od mogućih!

3.6.1. Kolimacija ili suženje snopa

Ograničenje nepotrebnog zračenja na pacijenta, koristeći malo i precizno pozicionirano rendgensko polje – među najbitnijim je metodama. Ograničenje rendgenskog snopa zračenja do minimalne prihvatljive doze uvijek je u interesu pacijenta. Ograničenje rendgenskog snopa zračenja utječe na smanjenje ukupne doze zračenja kojoj je podložan pacijent, ograničavajući količinu kože i unutarnjeg tkiva pod zračenjem (slika 7). Također smanjuje količinu raspršenog zračenja, što znači da je dobivena slika kvalitetnija. Kod mnoštva radiografskih projekcija mogu se zaštititi reproduktivne žlijezde (posebno testisi) preciznim centriranjem i pozicioniranjem rendgenskog polja, locirajući samo područje koje nas interesira. Apsorbirana doza zračenja u testisima može biti i do deset puta manja ako se testisi nalaze samo nekoliko centimetara od rendgenskog polja od alternative da se nalaze u rendgenskom polju. Dostupnost sprava koje automatski ograničavaju zračenje ograničavaju i rendgenski snop zračenja na veličinu radiografske kasete koja se nalazi u rendgenskom uređaju. Kada ovakva sprava koja ograničava zračenje ne može snimiti područja koja su manja od najmanjeg radiografskog filma, ograničenje zrake trebalo bi se što točnije prilagoditi području interesa. Tjelesna područja kod dojenčadi često su manja od dostupnog radiografskog filma. Ograničenje snopa zračenja trebalo bi se prilagoditi zračenju dijela tijela koje nas interesira, a ne području koje prekriva film ili cijelo tijelo dojenčadi. Ova tehnika je posebno bitna kada se koristi automatska sprava ograničavanja snopa, budući da bi u suprotnom slučaju rendgenski

snop automatikom pokrio cijelu veličinu radiografskog filma.To se često događa tijekom rendgenskog pregleda prsnog koša novorođenog djeteta. Ako se sprava za ograničavanje zračenja ne namjesti kako treba, u ovakvim slučajevima riskira se ozračenje cijelog tijela. Spolne žlijezde trebale bi biti zaštićene u slučaju da zaštita ne umanjuje ili isključuje bitne dijagnostičke informacije. Korištenjem tehnike kojom 5 cm udaljavamo testise od polja zračenja možemo smanjiti apsorbiranu dozu i do 95 %, dok se u jajnicima smanjuje apsorbirana doza oko 50 %. Oči bi trebale biti zaštićene od rendgenskih pregleda koje uključuju apsorbiranje visokih doza zračenja u očima kao što je konvencionalna tomografija sljepoočnice kada ta zaštita ne isključuje ili umanjuje vrijednost dijagnostičkih informacija. Ovo je vrlo bitno kada je u pitanju višestruki rendgenski pregled očiju. Apsorbirana doza radijacije na očima može se smanjiti i 50 do 75 % sa zaštitom. Korištenje PA-projekcije umjesto AP-projekcije može smanjiti apsorbiranu dozu u očima i do 95 %. Kada je dentalna rendgenska oprema sa zaštitom od zrake u pitanju, zaštitna pregača koja pokriva spolne žlijezde nije osobito potrebna, posebno ako je rendgenska zraka jasno udaljena od spolnih žlijezda.



Slika 7. Kolimator ograničava snop rendgenskih zraka

Preuzeto: http://www.medicalradiation.com/

3.6.2. Udaljenost izvora zračenja od kože tj. receptora

Na točki tijela koje nije pod direktnim zračenjem, intenzitet zračenja je manji u odnosu na kvadratnu udaljenost točke koja je pod direktnim zračenjem. Prema tome, kada se udaljenost žarišne točke i kože smanji, intenzitet zračenja cijele slike ostaje isti, a intenzitet zračenja se povećava na površini gdje zrake ulaze u tijelo. U radiografiji i fluoroskopiji, među mobilnim rendgenskim spravama udaljenost žarišta zračenja i kože ne bi smjela biti manja od 30 cm. Kada su u pitanju fiksirani rendgenski uređaji (u radiografiji i fluoroskopiji), udaljenost žarišta zračenja i kože ne bi smjela biti manja od 45 cm. Kada je u pitanju udaljenost žarišta zračenja i kože koja je veća od 100 cm, kvaliteta dijagnostičkih informacija postaje slabija budući da žarišna točka na koži postaje disperziranija. Prema tome, bliža udaljenost između žarišne točke i kože ima svoje kliničke prednosti. Konvencionalnu radiografiju prsnog koša (photofluorography) trebalo bi provoditi na udaljenosti od najmanje 120 cm između kože i žarišne točke zračenja.

3.6.3. Filtracija rendgenskih zraka

Postavljeni filter na rendgenskoj spravi otklanja neželjene zrake (obično se radi o zrakama sa slabijim udjelom energije) koje bi, u suprotnomu, pacijent u potpunosti apsorbirao, a kvaliteta dijagnostičkih informacija na slici ostala bi ista. Korištenje filtera adekvatne debljine rezultira oštrijom slikom i to rezultira manjom količinom zračenja na koži. Filtracija rendgenske zrake u konvencionalnoj dijagnostičkoj radiologiji ne bi se trebala sadržavati filtre manje od 2.5 mm aluminija. U konvencionalnoj dentalnoj radiologiji s rendgenskim uređajima s rendgenskim cijevima čiji napon ne prelazi 70 kV, filtracija rendgenske zrake ne bi smjela prelaziti 1.5 mm aluminija. Pri većim naponima u rendgenskim uređajima filtracija bi trebala sadržavati minimalno 2.5 mm aluminija. Kvaliteta zračenja u rendgenskom snopu mjeri se kao količina apsorbiranog materijala tj. količina apsorbiranog aluminija mjerenog u milimetrima. Ako je količina sveukupne filtracije u rendgenskom snopu nepoznata, količinu apsorbiranog aluminija trebalo bi izmjeriti. Tada možemo uskladiti kompletnu filtraciju sukladno određenom naponu rendgenske cijevi.

3.6.4. Primjena karbonskih vlakana

Korištenje materijala karbonskih vlakana u rešetkama za smanjenje zračenja i u radiografskim kasetama dopušta prijenos većeg udjela rendgenske zrake od konvencionalnih materijala. Kod korištenja rendgenske cijevi s naponom od 80 kV, korištenje materijala karbonskih vlakana omogućuje smanjenje apsorbirane doze zračenja na koži. S korištenjem karbonskih vlakana (u rešetkama i radiografskim kasetama) sveukupno smanjena doza apsorbiranog zračenja na koži pacijenta varira između 30 i 50 %. Ako se napon u rendgenskoj cijevi ne promijeni, smanjeni postotak apsorbiranih doza bit će sličan u dubljem tkivu.

3.6.5. Kontrola zračenja i praćenje dužine zračenja

Prekidači na bilo kojem rendgenskom uređaju trebali bi biti postavljeni tako da se zračenje može bilo kada prekinuti ručno. U fluoroskopiji, nadležni pojedinac trebao bi biti svjestan vremena trajanja zračenja. Iz ovog razloga, rendgenska oprema trebala bi imati ugrađeni kronometar, koji prekida zračenje nakon zacrtanog vremena. Prije prekida treba se označiti glasan signal upozorenja kroz prihvatljiv vremenski period. U slučaju nužnosti, kronometar bi se trebao moći resetirati. Upozorenje kronometra ne bi se smjelo ignorirati. Prekidači fluoroskopske opreme trebali bi biti dostupni, bilo da se njima upravlja rukom ili nogom. Bilježenje vremena zračenja u fluoroskopiji korisno je za podsjećanje nadležnog osoblja da skrate što je moguće više proces fluoroskopije.

3.6.6. Obrada radiografskog filma

Pravilne tehnike obrade filma nužne su za omogućavanje radiografskim snimkama idealne kombinacije dijagnostičkih vrijednosti s minimalnom dozom zračenja kojemu podliježu pacijenti. Nepravilna obrada može dovesti do neadekvatnih radiografskih snimki, uzrokujući ponavljanje zračenja koje se moglo izbjeći. Udvostručenje doze zračenja također može lako biti rezultat nepravilnih tehnika obrade. Kod manualne obrade, razvijač i popravljač prilagođavaju se tipovima radiografskih filmova koji će se koristiti. Adekvatna temperatura, vrijeme razvijanja slike i popunjenost kemikalija neizbježne su komponente u razvijanju radiografskog filma dobre kvalitete. Kod automatske obrade, kvaliteta kontrole je posebno bitna. Kvalitetna kontrola provodi se na dnevnoj razini korištenjem filmske trake koju nadzire senzitometar neposredno prije obrade. Tada bi se gustoća i kontrast filmskih traka trebala kvalitativno mjeriti. Ako gustoća i kontrast prelaze kontrolna ograničenja, valjalo bi provesti postupke ispravljanja prije obrade slika. U principu, poželjno je da radiološki tehnolog odmah spazi nepravilnosti svoje radiografske slike nakon obrade, tako da se mogu uočiti bilo koje mane u tehnici, opremi ili obradi jer tako mogu ispraviti greške.

3.6.7. Smanjenje broja ponovljenih snimanja

Odluka o ponavljanju snimanja trebala bi se temeljiti na povećanoj vjerojatnosti da će nova radiografska slika dati dodatne informacije koje nisu bile dostupne u prijašnjim radiografskim postupcima, a ne samo radi estetskih razloga. U raznim objavljenim istraživanjima, udio ponovljenih radiografskih postupaka varirao je između 3 i 15 %. Glavni razlog ponavljanja kod mnogih istraživanja odnosi se ili na greške u pozicioniranju pacijenta ili na slike koje bi ispale hipoeksponirane ili hipereksponirane.

Odlučno se predlaže automatsko korištenje određivanja tehničkih faktora (kV, mA) kao referenci za pomaganje u postupku adekvatnog snimanja. S druge strane, automatska kontrola zračenja ima svoju vrijednost, ako se detektori zračenja adekvatno odaberu i održavaju, a pacijent je adekvatno pozicioniran za svaki rendgenski pregled.

3.6.8. Osiguranje kvalitete

Jedan od bitnih čimbenika u radiologiji jest kontrola kvalitete koja na indirektan način utječe na smanjenje doze zračenja odnosno na zaštitu pacijenta od ionizirajućeg zračenja. Uz redovito provođenje nadzora kvalitete, omogućujemo lakše postavljenje dijagnoze uz što manju neugodu i štetu za pacijenta. Da bi se postigla visoka kakvoća rendgenskih pretraga, potreban je redovit nadzor kvalitete na visokoj razini, a to se može postići sa stručnosti i organizacijom rada profesionalnog osoblja te ispravnošću fizikalno-tehničkih osobina svih uređaja.

Osiguranje kvalitete (engl. quality assurance, QA) obuhvaća skup mjera i postupaka koje se provode planirano i sustavno kako bi osigurale izvrstan postupak s pacijentom i izvrsnu dijagnostičku informaciju. Osiguranje kvalitete (QA) obuhvaća i postupak naručivanja pacijenta, njegovu pripremu za pregled, snimanje pretrage, očitanje snimaka i pisanje nalaza te komunikaciju s pacijentom i ostalim liječnicima. Za dugoročnu analizu ishoda pregleda potrebno je ispravno arhiviranje i dostupnost nalaza što se također uključuje u osiguranje kvalitete.

Kontrola kvalitete (engl. quality control, QC) obuhvaća skup mjera i aktivnosti kojima se nadziru fizikalno-tehnički aspekti pregleda kao što su oštrina i kontrastnost snimaka, nazočnost artefakta i sl. Smatra se da je QC uži pojam od QA i odnosi se na opremu i uređaje, dok se QA odsnosi na ljude, njihove odgovornosti, vještine i organizaciju rada. Radiološki tehnolog jedan je od najvažnijih članova tima u kontroli kvalitete, odgovoran za svakodnevno nadziranje radne jedinice. On je taj koji prvi mora primijetiti nepravilnosti u radu, a i u samom uređaju, i reagirati. U tom slučaju radiološki tehnolog kontaktira fizičara ili servisera.

Svrha je programa osiguranja kvalitete u dijagnostičkoj radiologiji utemeljivanje procedure u periodičnom i kontinuiranom nadziranju učinka radioloških postrojenja, s ciljem zadobivanja optimalnih dijagnostičkih informacija s minimalnim troškovima i osiguranjem minimalne izloženosti pacijenata zračenju. Sva radiološka postrojenja trebala bi utemeljiti programe osiguranja kvalitete po potrebama i kompleksnostima vlastitog okruženja. Testiranje prihvatljivosti nove ili korištene rendgenske opreme koja se upravo postavila omogućuje da rendgenska oprema zadovoljava specifikacije proizvođača, zadovoljava kupovne specifikacije koje zahtijeva korisnik te usklađuje standarde koje postavljaju organizacije za nacionalnu zaštitu od zračenja te državne agencije. Medicinski fizičari su specijalisti u proizvodnji radijacijskih polja, analizi kvalitete slika, kontroli doze zračenja,

odabiru i testiranju prihvatljivosti rendgenske opreme te u obučavanju drugih pojedinaca. Prema tome, trebalo bi se konzultirati s njima oko tehničkih aspekata kvalitete programa osiguranja uvjeta općeg zračenja.

3.6.9. Zaštita žena od ionizirajućeg zračenja

Zbog uloge žena u stvaranju potomstva veoma je važna njihova dobra prevencija i zaštita od zračenja, a poglavito žena u ranoj reproduktivnoj dobi. Zaštita žena provodi se primjenom dvaju ”pravila”: pravilo ”deset dana” i pravilo ”28 dana”.

Pravilo “deset dana“ navodi kako sve pretrage u kojima se primjenjuje ionizirajuće zračenje u pacijentice u koje postoji mogućnost trudnoće (više od 20 % žena u dobi između 18 i 30 godina može biti u graviditetu u svako doba) smiju izvoditi samo u prvih deset dana redovnog menstrualnog ciklusa jer trudnoća započinje između 12. i 14. dana, računajući od prvog dana mjesečnice. Pravilo “deset dana” sve se više napušta te prihvaća pravilo “28 dana”. Nema dokaza povećane radiosenzibilnosti zametka u toj starosti u odnosu na običnu jajnu stanicu, zato nema povećanog rizika za fetus pri dijagnostičkom ozračenju u prvih 28 dana.

Postoji i pravilo “90 dana” za muškarce. Neke najnovije publikacije sugeriraju za muškarce izbjegavanje stvaranja potomstva tijekom 3 mjeseca nakon što su bili izloženi većim dozama zračenja (CT-a abdomena, irigografije, IVU-a, CT-a zdjelice, angiografije trbušnih organa i krvnih žila itd.). Zračenje oštećuje spermatozoide, što može nepovoljno utjecati na buduću trudnoću njihovih partnerica. Ove preporuke ne počivaju na potvrđenim radiobiološkim spoznajama te nisu obvezatne.

3.6.9.1. Zaštita trudnica od zračenja i rizici oštećenja ploda u različitim fazama trudnoće

Dvije potencijalne posljedice zračenja na embrij ili fetus u razvoju koje se treba spomenuti jesu abnormalnosti u razvoju i razne vrste bolesti raka koje se mogu pojaviti tijekom djetinjstva ili života u odrasloj dobi. Postoje periodi osjetljivosti nakon začeća unutar kojih postoji određena vjerojatnost za negativne posljedice. Rizici koji potenciraju poteškoće u razvoju, a posljedica su zračenja u maternici, mogu započeti već s trećim tjednom nakon začeća te se mogu nastaviti sve kroz dvadeset i peti tjedan. Nakon zračenja tijekom trećeg i osmog tjedna nakon začeća, negativne posljedice mogu se manifestirati u obliku malformacije određenih organa. Zračenja tijekom osmog i dvadeset i petog tjedna mogu se manifestirati u

obliku defektivnog razvoja prednjeg mozga što uzrokuje tešku mentalnu retardaciju. Rizik je veći u prvim tjednima (između osmog i petnaestog tjedna) nego u kasnijim tjednima (između šesnaestog i dvadeset i petog tjedna) ovog perioda. Aktualni su podaci u skladu s minimalnom dozom zračenja ispod koje se ne može izazvati teška mentalna retardacija. Veća vjerojatnost dobivanja raka tijekom djetinjstva u korelaciji je sa zračenjem maternice tijekom trudnoće.
Ozračenje ploda u prva četiri tjedna trudnoće dovodi ili do spontanog prekida trudnoće ili se fetus u potpunosti oporavi od zračenja (bez ikakvih štetnih posljedica, osim utjecaja na genska oštećenja). Razlog tome je što još nije započela organogeneza, a fetus je u toj dobi jednako osjetljiv na zračenje kao neoplođena jajna stanica.

Najkritičnije razdoblje izlaganja fetusa zračenju jest u razdoblju između 8. i 15. tjedna trudnoće:

a) to je razdoblje intenzivne organogeneze pa izlaganje zračenju fetusa može dovesti do različitih oblika oštećenja organa;

b) to je kritično razdoblje za mentalna oštećenja zračenjem (vrijeme razvoja čeonih režnjeva mozga!);

c) doza ozračenja od 100 mGy, prema dosadašnjim spoznajama, ne dovodi do mjerljivog smanjenja kvocijenta inteligencije ozračene djece;

d) doze veće od 100 mGy dovode do smanjenja kvocijenta inteligencije ozračene djece;

e) 100 mGy prekomjerne doze zračenja dovodi do smanjenja kvocijenta inteligencije za 30 jedinica. Rizik mentalnih oštećenja je 1: 2500 po mGy za doze zračenja iznad 250 mGy.

Nakon 15. tjedna trudnoće, najveći rizik oštećenja jest mentalna retardacija. Doza ozračenja od 1Gy u ovoj dobi dovodi do smanjenja kvocijenta inteligencije za 30 jedinica. Rizik za razvoj karcinoma je 1: 5000 po mGy (Oxfordska studija). Rizik za razvoj karcinoma prouzročen zračenjem 3 puta je veći za prva tri mjeseca nego za zadnja 3 mjeseca trudnoće.
Nakon 32. tjedna trudnoće ona je jasno vidljiva i fetus je dobro zaštićen u maternici. U ovom razdoblju, najveći rizik od zračenja je povećani rizik nastanka karcinoma u dječjoj ili ranoj odrasloj dobi. Općenito, u neozračenoj populaciji "prirodno" se javlja oko 50 karcinoma na 100.000 živorođene djece. U djece koja su bila ozračena za vrijeme trudnoće javlja se 75 karcinoma na 100.000 živorođene djece. Po preporukama ICRP-a, kritična granica za povećanje rizika za nastanak karcinoma u ozračene djece doza je od 0,5 mGy.

Ako postoji vitalna indikacija za radiološki pregled trudnica, potrebno je:

a) primijeniti sve mjere zaštite koje stoje na raspolaganju;

b) nikako ne primijeniti tehniku snimanja tvrdim "zrakama" (npr. pluća kod sumnje na pneumoniju ili komplikacije pneumonije);

e) zbog velike količine raspršenog zračenja fetusa valja snimati "mekšim" RTG-zrakama.

3.6.9.2. Kritična doza zračenja za pobačaj, pretrage koje dovode do doza zračenja za medicinski opravdani pobačaj

a) Svjetska iskustva ukazuju na dozu od 50 mGy kao dozu ozračenja fetusa kod koje se još ne savjetuje arteficijelni pobačaj.

b) Veći broj u svijetu relevantnih stručnjaka tu "graničnu" dozu pomiče na 100 mGy.

c) Dužnost je radiologa posavjetovati trudnicu izloženu većim dozama zračenja koje bi mogle prouzročiti oštećenje ploda.

d) Dijagnostičke pretrage trudnica koje mogu ozračiti fetus dozama koje su rizične za normalni razvoj fetusa su: irigografija, intravenska urografija, pregled gastroduodenuma, CT male zdjelice i abdomena te angiografija.

Kad je u pitanju ozračenje fetusa dozama ispod 50 mGy, trudnica može biti posve mirna glede razvoja fetusa! Gravidne žene su ekstremno emocionalne i anksiozne zbog velikih hormonalnih promjena: s njima treba postupati veoma pažljivo i s velikim razumijevanjem!

3.6.10. Zaštita djece pri izvođenju različitih rendgenskih pretraga

a) Dobra imobilizacija fiksacijom različitim sredstvima na rendgenskom uređaju (trake, korita itd.) ili pridržavanje roditelja, odnosno medicinske sestre u pratnji.

b) Opća anestezija (naročito za CT-pretrage, angiografije).

c) Obvezatno prekrivanje dijelova tijela koji se ne snimaju različitim "olovnim" pregačama (osobito je važno prekriti gonade muške i ženske djece te prsi djevojčica (slika 8)).

d) Umirivanje djeteta pri izvođenju pretrage (nazočnost roditelja u dijagnostičkoj prostoriji zaštićenog olovnom pregačom ili iza zaštitnog paravana).

e) Dobro educirano i uvježbano radiološko osoblje za rad s djecom.

Zaštiti djece od zračenja pri izvođenju rendgenskih pretraga treba posvetiti najveću pozornost zbog njihove povećane radiosenzibilnosti i radi prevencije genskih oštećenja.



Slika 8. Štitnik za gonade i prsi djevojčica

(Preuzeto: http://www.scannix.com/)

3.6.11. Zaštita prematurne djece pri snimanjima u inkubatoru

Za zaštitu prematurne djece pri snimanjima u inkubatoru valja naglasiti:

a) pokretni rendgenski uređaj za snimanje u sobama mora uvijek biti u ispravnom stanju (potrebne su češće kontrole kakvoće ovih uređaja u odnosu na druge RTG-uređaje);

b) rendgenski uređaj treba imati jači generator (kraće vrijeme snimanja);

c) treba imati kazete s ugljikovim vlaknima na prednjoj strani (to omogućuje snimanje zrakama male energije, čime se postiže dobra kontrastnost uz manje raspršenog zračenja);

d) u kasetama treba imati superbrze folije (kraća ekspozicija!);

e) mora se osigurati pravilan namještaj i imobilizaciju djeteta;

f) obvezatna je zaštita gonada i štitne žlijezde.

3.6.12. Zaštita mladih žena i zaštita muškaraca

a) Primijeniti sve mjere zaštite!

b) Obvezatna je zaštita gonada žena i muškaraca (štitnik za jajnike, zaštitne školjke i žlice za testise).

c) Za žene u životnoj dobi za rađanje kritični organ je ovarij (kod najvećeg broja žena smješten 2,5 cm medijalnije od spine ilijake anterior superior).

d) Obvezatna je zaštita prsiju djevojčica i mladih žena kod svih snimanja (osim kad je neophodno potrebna snimka prsiju), jer je tkivo dojke u razvoju veoma osjetljivo na zračenje.
e) Za zaštitu testisa muškaraca korisno je naložiti spuštanje gaćica naniže, kako bi se testisi udaljili dalje od snopa RTG-zraka kod snimanja abdomena.

3.7. Specifičnosti zaštite od zračenja kod nekih radioloških postupaka

3.7.1. Zaštita pacijenta i profesionalnog osoblja kod prosvjetljavanja

Kod dijaskopskih pregleda pacijent se nalazi u kontinuiranom polju zračenja, stoga su doze znatno veće u odnosu na standardnu radiografiju. Problem zaštite kod dijaskopskih pregleda je taj što se obično pregledava veliki dio tijela, tako da stavljanje zaštite u polje snimanja ne bi dalo neke rezultate, nego bi još i otežalo pregled. Zaštitu je moguće stavljati na dio tijela koji se ne snima (npr. ako se snimaju abdomen i zdjelica, može se zaštiti oči i štitnu žlijezdu). Najbolji je način zaštite kod dijaskopskih pregleda sužavanje primarnog snopa zračenja na potrebnu veličinu i što je moguće brže izvođenje pregleda.

Kod korištenja dijaskopije (prosvjetljavanja), bilo u dijagnostičkoj ili u intervencijskoj radiologiji, treba znati:
a) da su doze zračenja pri prosvjetljavanju neusporedivo veće (više stotina puta) nego kod rendgenskih snimanja;
b) prije početka prosvjetljavanja treba se detaljno upoznati sa svim ranije urađenim pretragama (klinički nalazi, labaratorijski nalazi, nalazi UZV-a, ranije rendgenske pretrage, tijek liječenja itd.);
c) obavezno treba primijeniti sve mjere zaštite od zračenja (zaštita od primarnog snopa, zaštita od raspršenog zračenja);
d) zabranjena je dijaskopija skeleta i zubi.

3.7.2. Zaštita bolesnika i profesionalnog osoblja kod snimanja

Kod obavljanja različitih dijagnostičkih rendgenskih snimanja treba znati:
a) da je veliki broj ljudi izložen rendgenskim snimanjima svake godine;
b) potrebno je uvijek provjeriti valjanost indikacije za traženo rendgensko snimanje;

c) valja odabrati metodu snimanja s manjom količinom zračenja (izbjegavati tehnike snimanja "tvrdim" RTG-zrakama, zračenje ovarija je i do 100 x veće, a testisa do 50 x veće kod ove tehnike snimanja);
d) treba primijeniti sve mjere zaštite od primarnog i raspršenog zračenja.

3.7.3. Zaštita pri snimanju zubi

Pučanstvo je u cijelosti izloženo velikim dozama zračenja pri snimanjima zubi pa je u svrhu provođenja što bolje zaštite od zračenja potrebno znati:
a) velika je učestalost snimanja zubi;
b) nisu dopuštena "rutinska" snimanja zubi, osobito ne zubi koji ne pokazuju kliničke znakove bolesti;
c) treba izbjegavati prečesta snimanja i ponavljanja snimanja zubi;
d) nužan je odabir valjane tehnike snimanja (suradnja stomatologa i radiološkog tehnologa);
e) posebnu pozornost valja posvetiti zaštiti djece pri snimanju zubi (ako ih pridržava majka ili otac, oni uvijek moraju biti zaštićeni olovnim pregačama);
f) obvezatna je primjena zaštitnih pregača za pacijenta i za profesionalno osoblje.

Zabranjeno je snimannje trudnica – ne postoje vitalne indikacije za snimanje zubi.
Osobe kojima se snimaju zubi moraju biti zaštićene pregačom ili štitnikom čija je zaštitna moć jednaka učinku olova najmanje 0,25 mm debljine.

3.7.4. Zaštita pri snimanjima i prosvjetljavanju u operacijskim dvoranama

a) Dodatna izobrazba iz zaštite od zračenja.
b) Primjena svih mjera zaštite od zračenja uz obavezno nošenje osobnih zaštitnih sredstava.
c) Rendgenski uređaji moraju biti odgovarajuće kvalitete (elektronsko pojačalo za dijaskopiju, mogućnost "zamrzavanja" 2 slike, automatsko isključenje dijaskopije nakon nekog vremena, kolimacija itd.).

3.7.5. Zaštita kod kompjutorizirane tomogafije

Kompjutorizirana je tomografija vrlo raširena i često primjenjivana radiološka metoda te je značajan broj bolesnika izložen djelovanju ionizirajućeg zračenja.

Doza zračenja koju primi bolesnik ovisi o: volumenu i gustoći snimanog dijela tijela, broju slojeva koji će se skenirati, vrsti i kvaliteti aparata i mjerama zaštite. Izloženost tijela po svakom sloju u principu je veća nego kod jedne prosječne standardne rendgenske snimke bilo kojeg dijela tijela, ali je manja nego kod prosvjetljavanja u trajanju od 1 minute.

Najveća je doza zračenja u koži i neposredno ispod kože, a doze u dubljim organima su oko 0.005 Gy po sloju. Uz to, primjena zaštitnih sredstava veoma je otežana (rendgenska cijev cijelo vrijeme kruži oko pacijenta).

U svrhu što je moguće bolje zaštite od zračenja, potrebni su:

a) dobra prevencija (čvrsta medicinska indikacija);

b) izbor tehnike snimanja pri kojoj je bolesnik izložen manjoj dozi zračenja, osobito "kritičnih" organa (po mogućnosti raditi s manje kilovolta i mA, uz korištenje automatske štrcaljke, stajati dalje od tijela pacijenta itd.);

c) smanjenje broja slojeva skeniranja na najmanji potrebni broj.

d) obvezatna zaštita gonada djece i svih osoba u generativnoj dobi (ako ta zaštita ne ometa izvođenje pretrage);

e) kod komjutorizirane tomografije glave po mogućnosti zaštita očne leće (slika 9).



Slika 9. Zaštita očne leće kod CT-a glave

Preuzeto: http://www.ajnr.org/

3.7.6. Zaštita kod izvođenja angiografije

Angiografske se pretrage danas u pravilu sastoje iz dviju faza: uvođenja katetera u arteriju pod kontrolom dijaskopije i serijskog snimanja nakon uštrcavanja kontrastnog sredstva.

Izloženost je zračenju i bolesnika i profesionalnog osoblja velika.

U zaštiti od zračenja kod izvođenja angiografije treba posvetiti osobitu pozornost na:

a) sužavanje snopa zračenja na najmanju moguću mjeru;

b) skraćivanje vremena dijaskopije što je više moguće;

c) rad što je moguće više obavljati ispruženih ruku (udaljiti se od tijela bolesnika – izvor raspršenog zračenja, te rendgenske cijevi – izvora parazitskog zračenja);

d) obvezatne zaštitne pregače, zaštine naočale i štitnik za vrat (sve profesionalno osoblje u timu), a pri snimanjima obvezatan zaklon iza olovnih paravana u dijagnostičkoj prostoriji;

e) korištenje automatske štrcaljke pri snimanju kad god je to moguće;

f) odgovarajuću propisnu zaštitu na rendgenskom uređaju.

3.7.7. Zaštita bolesnika i profesionalnog osoblja pri izvođenju različitih postupaka u intervencijskoj radiologiji

Profesionalno osoblje i bolesnici izloženi su najvećim dozama zračenja pri izvođenju različitih intervencijskih postupaka, vaskularnih i nevaskularnih. Stalni je porast broja, vrsta i složenosti različitih intervencijskih postupaka pa je, sukladno tome, u porastu i izloženost pučanstva ionizirajućem zračenju iz ovog izvora.

Kod zaštite od zračenja profesionalnog osoblja i bolesnika potrebno je imati na umu:

a) da doza ozračenja bolesnika (ali i osoblja) ovisi ponajprije o trajanju prosvjetljavanja i o širini primarnog snopa;

b) da je profesionalno osoblje u angiodvorani izloženo velikim dozama zračenja leće oka;

c) da je potrebno primijeniti sve mjere zaštite kao kod izvođenja angiografije.

3.8. Zaštita pacijenta od zračenja u radioterapiji

U radioterapiji se koriste visoke doze veoma prodornog zračenja, koje mogu predstavljati veliku opasnost za pacijenta, okolinu i osoblje. Zaštita pacijenta u radioterapiji uvelike se razikuje i kompleksnija je od zaštite koju susrećemo u dijagnostičkim pretragama. Iako u radioterapiji namjerno izlažemo dio tijela, a ponekad i cijelo tijelo pacijenta velikim dozama zračenja, ne smijemo čak ni u ovom slučaju zaboraviti na princip ALARA (izlaganje zračenju toliko nisko koliko je to razumski moguće).

Zaštita pacijenta u radioterapiji najviše se odnosi na osiguranje kvalitete (QA) i kontrolu kvalitete (QC) radioterapijskih uređaja i vezano za određivanje samog ciljnog volumena.

Da bismo osigurali ozračenje tumora do određene doze koja je unaprijed izračunata, potrebno je dobro poznavati karakteristike radioterapijskog uređaja i terapijskog snopa koji pada na tijelo pacijenta koji treba biti usmjeren. Postupci kojima se osigurava kvaliteta svakog radioterapijskog uređaja, a to obuhvaća redovito usmjeravanje snopa i neke druge radnje, moraju se utvrditi programom kontrole i osiguranja kvalitete unutar internacionalno privaćenih standarda. Osim doze ozračenja samog tumora, moramo voditi brigu o torelanciji i zaštiti organa blizu ili unutara ciljnog volumena (tumora). Treba težiti tome da organi od rizika i okolno tkivo prime što je moguće manju dozu, a najviše do granice tolerancije tog organa. U programe osiguranja i kontrole kvalitete spadaju: periodične provjere dozimetrije, provjera parametara terapijskih uređaja, sustava za planiranje te sustava za uzimanje podataka o bolesniku. Često je ozračen mnogo veći volumen tkiva nego što je potrebno. Najčešći razlozi zbog kojih se bolesnik izlaže nepotrebnom zračenju su: slabo definiran ciljni volumen, neblokiranje polja zračenja zbog nepravilnog formiranja polja kolimatorom, neadekvatna fiksacija bolesnika, loš plan zračenja.

Cilj svega nam je osiguranje što točnijeg namještaja pacijenta za terapiju, provjera tog namještaja, podudaranje izačunatih doza i doza što smo ih predali pacijentu te, isto tako, podudaranje ozračenog i ciljnog volumena koji smo planirali ozračiti.

3.9. Zaštita pacijenta od zračenja u nuklearnoj medicini

Primjenom radionuklida u dijagnostičke i terapijske svrhe moramo osigurati da izloženost pacijenta zračenju bude najmanja, dostatna za postizanje dijagnostičkog i terapijskog cilja.

Prilikom izlaganja pacijenta radijacijskoj dozi u nuklearnoj medicini, zaštitu postižemo na način da odaberemo odgovarajući radionuklid (energija i vrijeme poluraspada radionuklida) i aktivnost (doza se povećava s porastom aktivnosti), uočavajući pri tome posebne zahtjeve za djecu i ljude s poteškoćama u radu pojedinih organa, uporabom metoda za blokiranje pojedinih organa koji se datom studijom ne proučavaju kao i odabirom odgovarajuće metode, tehnika akvizicije i obrade slike.

Radijacijska doza koju će primiti određeni organ ili pacijent ovisi o efektivnom poluvijeku radionuklida (kombinacija fizikalnog i efektivnog poluvijeka), aktivnosti koja se nakupi u organu, faktoru apsorpcije po svakoj emisiji od radionuklida i o geometriji organa.

S obzirom na to da se produljenjem vremena poluraspada radionuklida povećava doza, ono bi trebalo biti dovoljno dugo da se može uraditi studija (pretraga), no dovoljno kratko da bi radijacija efektivno iščezla iz tijela nakon studije. Aktivnost koja se koristi za studiju (pretragu) mora ostati u preporučenim granicama jer se doza povećava s povećanjem aktivnosti. Radionuklid koji se korsiti mora biti određene energije, no određenog tipa i broja emisija (gama-odašiljači, beta-odašiljači, elektroni male energije). Zaštita pacijenta u nuklearnoj medicini uvelike ovisi i o prilagođenosti i održavanju opreme pretragama koje se rade. Korištenjem uređaja slabije kvalitete moramo primijeniti veće aktivnosti radionuklida, a samim tim doze za pacijente su veće.

4. RASPRAVA

Zračenje, ne samo da je bitna činjenica ljudskog života, već se također može koristiti za poboljšanje ljudskog života. To je uloga pružatelja zdravstvene skrbi koji ionizirajuće zračenje u medicini trebaju koristiti učinkovito kako bi se izvukla korist i minimalizirao rizik. Međutim, moguće koristi od uporabe zračenja dolaze s određenim rizikom. Mnogo se zahtjeva za rendgenske preglede i svjesno nameće, čak u slučajevima kada je vjerojatnost koristi od samog pregleda vrlo niska ili nepostojeća. Postoji mnogo izvora nepotrebne doze zračenja kojem izlažemo pacijente, a nad kojim osoblje u radiologiji ima utjecaj. Nepotrebnom doza zračenja kojemu podliježemo pacijente definiramo bilo koju dozu zračenja koja nije potrebna za dobrobit i brigu oko pacijenta.

Danas je udio sigurnosti zaštite od zračenja visok te se rendgenski pregledi predlažu na temelju kliničkih procjena liječnika čije prednosti nadjačavaju neizbježne rizike. Naglasak je na tome da se pomnim nadziranjem provođenja rendgenskih pregleda, u mnogim slučajevima, smanje doze zračenja a da se ne umanje dijagnostičke vrijednosti rendgenskog pregleda. Količina udjela zračenja kojemu se nužno izlaže pacijent da bi se dobili korisni dijagnostički podaci, ovisi o mnogo tehničkih i fizičkih faktora.

Nažalost, spomenut izvor nepotrebnog zračenja pacijenata predstavlja ozbiljnu dilemu među radiolozima i kliničarima. Mnogo se zahtjeva za rendgenske preglede svjesno nameće u slučajevima kada je vjerojatnost doprinosa vrlo niska ili nepostojeća. U ovakvim slučajevima, dobrobit za pacijenta ne može nikako nadoknaditi dozu zračenja kojemu je upravo izložen. Čak i u slučaju slabog uspjeha rendgenskog pregleda, kliničar i radiolog riskiraju kritike pa čak i tužbu od strane pacijenta, u slučaju da nešto pođe krivo, ako se oni (kao specijalizirani pojedinci) nisu složili s provođenjem rendgenskog pregleda. Ono malo koristi može se naći u konciznoj brizi za pacijenta. U ovakvoj situaciji radiolog se nalazi između dvije teške opcije.

5. ZAKLJUČAK

Doze ionizirajućeg zračenja koje se primjenjuju u radiologiji nisu zanemarive, stoga je potrebna stalna briga za pacijenta, osoblje i za okolinu koja dolazi u kontakt s ionizirajućim zračenjem. To se postiže poštovanjem ALARA-principa (as low as reasonably archievable – najniža moguća doza koju je moguće postići). Najbolju zaštitu pacijenta i osoblja može se postići samo dobrom edukacijom osoblja koje razumije fizičke principe zaštite. Uloga radiološkog tehnologa jest, ne samo provođenje pretraga, nego prije svega zaštita pacijenta koji dolazi na preglede i terapijske postupke, kao i zaštita kompletne populacije. Važnu ulogu imaju državne i svjetske institucije za zaštitu od zračenja koje svojim regulativama i mjerenjima uređuju cjelokupnu problematiku zaštite od ionizirajućeg zračenja. Veoma je važno da se razbiju različite zablude i predrasude o ionizirajućem zračenju jer ako ga se upotrebljava po standardima i principima radiološke zaštite, pacijentu može donijeti puno veću korist nego štetu.

6. SAŽETAK

Nakon otkrića rendgenskih zraka prije stotinjak godina, utvrđeno je da rendgensko zračenje može izazvati povrede. Ionizirajuće zračenje jest oblik zračenja koji ima dovoljnu energiju da prouzroči ionizaciju atoma i/ili molekule. Na dovoljno visokim dozama, ionizirajuće zračenje može oštetiti važne molekule u stanici kao što je DNK, što može dovesti do štetnih zdravstvenih učinaka. Pri radu s ionizirajućim zračenjem, zbog mnogih štetnih utjecaja, mora se provoditi zaštita pacijenta, osoblja, ali i okoline. Prije svega, primjena ionizirajućeg zračenja treba biti opravdana, te se tijekom primjene moraju poštovati granice doza zračenja za pacijente. Svrha zaštite nam je nepoželjne efekte zračenja svesti na minimum, a to ćemo postići dobrim poznavanjem fizikalnih svojstava zračenja, njegovih bioloških učinaka, korištenjem svih mogućnosti zaštite i prevencije od ionizirajućeg zračenja. Radiološki tehnolog treba sudjelovati u mnogim aspektima zaštite i prevencije pacijenta od ionizirajućeg zračenja. Treba primjenjivati odgovarajuće mjere i postupke, koristiti odgovarajuću opremu i pribor, obavljati usluge s prihvaćenim standardima i pokazivati stručnost. Sve to s ciljem kako bi osigurao da se pacijenti i osoblje izlože minimalnoj dozi zračenja u skladu s optimalnom dijagnostičkom kvalitetom za pacijenta.

Postoji više oblika zaštite od ionizirajućeg zračenja, kao što su: zakonodavna zaštita, fiziklano-tehnička zaštita, kemijska zaštita, biološka zaštita i znanstvena istraživanja. Primjenom svih oblika zaštite, izlaganje zračenju pacijenta i pučanstva svodimo na najmanju mjeru uz poželjan medicinski učinak. Zakonodavna je zaštita veoma važna jer svojim strogim zakonskim propisima i podzakonskim aktima uređuje sve oblike zaštite od ionizirajućeg zračenja. Svi zakonski propisi i podzakonski akti zakonodavne zaštite uređuju izloženost zračenju osoblja i pacijenta odnosno članova javnosti. Fizikalno-tehnička ispunjava uvjete koji osiguravaju sigurnost i zaštitu za prostorije, uređaje i izvore zračenja, postrojenja u kojima su smješteni izvori ionizirajućeg zračenja ili se obavljaju postupci s izvorima ionizirajućeg zračenja, zaštitne opreme na uređajima te osobnih zaštitinih sredstava. U fizikalno-tehničkoj zaštiti najbitnije je korištenje sredstava za osiguranje zaštite na rendgenskim uređajima i, isto tako, osobnih zaštitinih sredstava za zaštitu profesionalnog osoblja i pacijenta.

Postoje i druge mogućnosti zaštite od ionizirajućeg zračenja, među kojima su najbitniji: povećanje udaljenosti od izvora ionizirajućeg zračenja (zračenje opada s kvadratom

udaljenosti tj. dvostrukim povećanjem udaljenosti od izvora, smanjuje se intenzitet zračenja četiri puta), skraćivanje trajanja ozračivanja i način rada (sužavanje snopa rendgenskih zraka, korištenje i čuvanje osobnih zaštitnih sredstava, smjer primarnog snopa itd.). Osiguranje i kontrola kvalitete jedna je od bitnih činjenica u zaštiti pacijenta od ionizirajućeg zračenja koja na indirektan način utječe na smanjenje doze zračenja, a ponekad nam je jedini izbor zaštite. Posebnu pažnju trebamo posvetiti zaštiti mladih žena i muškaraca, a naročito djece. Zbog uloge žena u stvaranju potomstva, veoma je važna njihova prevencija i zaštita, te poznavanje posljedica zračenja fetusa i samih rizika oštećenja u različitim fazama trudnoće.

Radiološki tehnolog također mora proći dodatnu izobrazbu iz specifične zaštite od zračenja kod nekih radioloških postupaka kao što su: zaštita pacijenta i osoblja kod prosvjetljavanja, zaštita pri snimanju zubi, zaštita u operacijskim dvoranama, intervencijskoj radiologiji itd. Zaštita pacijenta u radioterapiji uvelike se razlikuje i kompleksnija je od zaštite u dijagnostičkoj radiologiji. Zaštita u radioterapiji najviše se odnosi na osiguranje i kontrolu kvalitete radioterapijskih uređaja i samo određivanje ciljnog volumena. Prilikom izlaganja pacijenta zračenju, u nuklearnoj medicini zaštitu postižemo odabirom odgovarajućih radionulida (energija i vrijeme poluraspada) te odabirom odgovarajućih metoda akvizicije i obrade slike. Zračenje je bitna činjenica ljudskog života i definitivno koristi u poboljšanju života, unatoč svim štetnim učincima koje uzrokuje. Iako je ponekad teško procijeniti hoće li pacijent imati više koristi ili štete od samog pregleda, ako ionozirajuće zračenje koristimo učnikovito, dobrobit za pacijenta bit će veća od štetnih učinaka zračenja. To se postiže primjenom ALARA-principa (as low as reasonably archievable) – uz najnižu moguću dozu koju je moguće postići za dobivanje optimalnih dijagnostičkih informacija.

7. SUMMARY

After the discovery of X-rays a hundred years ago, it was found that X-rays can cause personal injury. Ionizing radiation is a form of radiation that has sufficient energy that causes ionisation of atoms and / or molecules. At sufficiently high doses of ionizing, radiation can damage important molecules in the cell, such as DNA, which can lead to adverse health effects. When working with ionizing radiation, because of the many adverse impacts, there must be implemented protection of the patient, the staff and the environment. First of all, the application of ionizing radiation must be justified, and during the application we must respect the limits of radiation dose to patients. The purpose is to keep the adverse effects of radiation minimized, which we can achieve by having a good understanding of physical properties of radiation, it's biological effects and by using all possibilities of prevention and protection against ionizing radiation. The radiologic technologist should participate in many aspects of patient care and prevention of ionizing radiation. He should apply appropriate measures and procedures, use the proper equipment and supplies, perform services with accepted standards and demonstrate expertise. All this with the aim to ensure that patients and staff are exposed to minimal radiation dose in accordance with the optimal diagnostic quality of patient. There are several forms of ionizing radiation, such as legislative protection, physical and technical protection, chemical protection, biological protection and scientific research. The application of all forms of protection makes radiation exposure of the patient population minimized with desirable medical effect. Legislative protection is very important because its strict regulations and laws are governing all forms of ionizing radiation. All regulations and laws governing legislative protection radiation exposure of staff and patients are available for everyone to read publicly. Physico-Technical protection fulfills the conditions that ensure the safety and security of premises, equipment and sources of radiation, the plant in which are located the sources of ionizing radiation or performing procedures involving ionizing radiation, protective equipment and personal protective equipment resources. The physical and technical protection is the most important part in the use of funds to ensure the protection of the X-ray devices and also personal protective means to protect professional staff and patients. There are other options for protection against ionizing radiation, of which the most important are: increasing distance from the source of ionizing radiation (radiation decreases with the square of the distance, ie doubling of distance from the source reduces the intensity of the radiation four times), shortening the duration of irradiation and mode (narrowing of the X-ray beam air, use and storage of personal protective equipment, the direction of the primary beam, etc.).

Quality assurance and control are one of the essential facts to protect the patient from ionizing radiation, which indirectly affects the radiation dose reduction which is sometimes our choice of protection. Particular attention should be paid to the protection of young women and men, and especially children. Because of the role of women in creating offspring, it is very important to pay attention on their prevention and protection, as well as knowledge of effects of radiation and the risk of fetal damage in different stages of pregnancy. The radiologic technologist must also perform additional specific training in radiation protection in certain radiological procedures such as the protection of patients and staff at enlightening protection when shooting teeth protection in operating rooms, interventional radiology, etc. Protecting patients in the radiotherapy varies greatly and is more complex than protection in diagnostic radiology. Protection of patients in radiotherapy is related to quality assurance and control of radiotherapy devices and precise determination of the target volume. Protection of a patient exposed to radiation in nuclear medicine is achieved by selecting the appropriate radionuclides (energy and half-life), and selecting appropriate methods of acquisition and image processing. Radiation is an essential fact of human life and it has definitely been used to improve human life despite all the adverse effects that it causes. Although, it is sometimes difficult to assess whether a patient will have more benefits or harm of the examination, if ionizing radiation is used efficiently, it's benefit to the patient will be greater than the harmful effects of radiation. This is achieved by applying the ALARA principle (as low as reasonably archievable) which is using the lowest possible dose that can be achieved for optimal diagnostic information.

8. LITERATURA

1. Janković S, Mihanović F. Uvod u radiologiju. Split, Sveučilište u Splitu, 2013.

2. Janković S, Eterović D. Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike. Zagreb, Medicinska naklada 2002.

3. Janković S. Mamografski probir raka dojke: Organizacija, rani rezultati i kontrola kvalitete. Split, Medicinski fakultet sveučilišta u Splitu, 2008.

4. Bushong sc. Radiologic Science for Tehnologist. Mosly, St. Louis, 1993.

5. Jakobović Z. Fizika zračenja. Odabrana poglavlja za studij radiološke tehnologije. Zagreb, Zdravstveno veleučilište Zagreb, 2007.

6. The International Commission on Radiological Protection, Radiation protection, Summary of the Current ICRP, Principles for Protection of the Patient in Diagnostic Radiology, Oxford, 1989.

7.http://hidra.srce.hr/arhiva/263/105478/narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_89_1963.html

8. http://www.physics.mefos.hr/programi/Osijek/zastita08/skripte/skripta.PDF

9. ŽIVOTOPIS

Zovem se Stipe Varnica i rođen sam u Splitu 16. siječnja 1993. godine. Pohađao sam Osnovnu školu Milana Begovića u Vrlici, a srednju školu i Studij radiološke tehnologije u Splitu. S četrnaest godina, nakon završetka osnovne škole, odlazim u Split gdje sam upisao Medicinsku školu, smjer fizioterapeutski tehničar. Pohađao sam i privatnu školu stranih jezika, također u Splitu. Imam položen crni pojas iz taekwondoa, koji sam trenirao tijekom osnovnog i srednjoškolskog obrazovanja, te vozačku dozvolu B-kategorije. Moja obitelj živi u Podosoju, mjestu nedaleko Vrlike, te broji pet članova.

.

.