Principi zaštite od zračenja u svakodnevnoj praksi

Lončar, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:176:208767

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

Stjepan Lončar

PRINCIPI ZAŠTITE OD ZRAČENJA U SVAKODNEVNOJ PRAKSI

PRINCIPLES OF RADIATION PROTECTION IN EVERYDAY PRACTICE

Završni rad / Bachelor's thesis

Mentor:

Doc.dr.sc. Krešimir Dolić

Split, 2016.

SADRŽAJ

1.UVOD.....4

- POVIJEST ZNAČAJNIH OTKRIĆA U RADIOLOGIJI.....5
- VRSTE ZRAČENJA U RADIOLOGIJI.....7
- SVOJSTVA ČESTIČNIH ZRAČENJA.....7
    - Alfa zrake.....7
    - Beta zrake.....8
    - Gama zrake.....8
- NASTANAK I SVOJSTVA RENDGENSKIH ZRAKA.....8

2.DOZE ZRAČENJA I JEDINICE ZA MJERENJE ZRAČENJA.....12

- MJERENJE ZRAČENJA – DOZIMETRIJA.....13

3.OSNOVE RADIOBIOLOGIJE I ZAŠTITE OD ZRAČENJA.....15

- BIOLOŠKO DJELOVANJE IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA.....16
- VRSTE I TEŽINE BIOLOŠKIH OŠTEĆENJA.....18
- PREVENCIJA I ZAŠTITA OD IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA.....20
    - Prevencija nepoželjnog djelovanja zračenja na profesionalno osoblje.....21
    - Zaštita.....22
    - Granice dozvoljenog ozračenja profesionalnog osoblja i stanovništva.....23
- RAZLIKA IZMEĐU KLASIČNIH I DIGITALNIH RENDGENSKIH UREĐAJA.....25
    - Izravne analogne metode.....25
    - Digitalne metode.....26

- SPECIFIČNOSTI ZAŠTITE OD ZRAČENJA KOD NEKIH RADIOLOŠKIH POSTUPAKA.....27
    - Zaštita bolesnika i profesionalnog osoblja kod prosvjetljavanja.....27
    - Zaštita bolesnika i profesionalnog osoblja kod snimanja.....27
    - Zaštita pri snimanju zubi.....27
    - Zaštita pri snimanjima i prosvjetljavanju u operacijskim dvoranama.....28
    - Zaštita kod izvođenja angiografija.....28
    - Metode smanjenja doze zračenja kod MSCT dijagnostike.....29

4. ZAKLJUČAK.....32

5. SAŽETAK.....33

6. LITERATURA.....35

7. ŽIVOTOPIS.....39

1.UVOD

Početak radiologije smatra se otkrićem X zraka koje je otkrio Wilhelm Conrad Roentgen 1895.godine. Te zrake su bile nepoznate, nevidljive zrake koje su prolazile kroz materiju te su zbog toga dobile naziv X zrake i izazvale su svojevrsnu revoluciju u prikazu anatomije i patologije ljudskog organizma. To otkriće dogodilo se 8.11.1895.godine u gradu Wirzburgu, a prvo Roentgenovo snimanje X zrakama se zbilo 22.12.1895.godine kada je snimio ruku svoje žene Berthe. Ta ekspozicija je trajala petnaestak minuta te taj dan obilježavamo rođendanom radiologije. Međutim tek se naknadno utvrdila štetnost rtg zraka na ljudski organizam te potreba odgovarajuće zaštite pri izlaganju istima.

Zaštita od zračenja podrazumijeva skup svih mjera i postupaka kojima se izlaganje zračenju pojedinaca i pučanstva svodi na najmanju moguću mjeru uz ostvariv poželjan dijagnostički učinak. Od vremena otkrića pa do danas rtg zrake se kontinuirano primjenjuju u medicinske svrhe, dijagnostičke i terapijske. To je sve rezultiralo da medicinsko izlaganje rendgenskim zrakama predstavlja značajan dio ukupne izloženosti zračenju populacije. Trenutne procjene nam govore da je svjetski godišnji broj dijagnostičke izloženosti oko 2,5 milijarde, a terapijska izloženost oko 5,5 milijuna. 78% dijagnostičke izloženosti pripada medicinskim rendgenskim zrakama, 21% pripada stomatološkim rendgenskim zrakama, a preostalih 1% pripada nuklearnim medicinskim tehnikama. Ukupna godišnja doza iz svih dijagnostičkih izloženosti iznosi oko 2,5 milijarde Sv, što odgovara svjetskom prosjeku od 0,4 mSv godišnje po osobi. Više od 90% izlaganja zračenju se provodi u teleradioterapiji i brahiterapiji.

U svom radu ću objasniti kako nastaju rendgenske zrake, detaljno ću navesti djelovanje ionizirajućeg zračenja na živa bića kod nekih radioloških postupaka te kojim metodama možemo smanjiti učinak zračenja na najmanju moguću mjeru, odnosno kako se zaštiti od neželjenog zračenja. Također ću istaknuti granice dozvoljenog ozračenja profesionalnog osoblja i stanovništva.

POVIJEST ZNAČAJNIH OTKRIĆA U RADIOLOGIJI

U drugoj polovini 19.stoljeća su se vršili mnogi eksperimenti i ispitivanja sa električnom strujom.Tako je **Plucker 1859**.godine ispitivao neke zrake koje je **Goldstein** nazvao „katodnim zrakama“,a **Crookes** je dao tumačenje te pojave i opisao da se tu radi o „roju čestica materije“.

Wilhelm Conrad Roentgen je eksperimentirao s katodnim cijevima.Primijetio je da kristali barijevog platin-cijanida svjetlucaju tj.fluoresciraju u blizini katodne cijevi kad je kroz nju puštao električnu struju.S daljnjim eksperimentiranjem je utvrdio zacrnjenje fotografske ploče u blizini katodne cijevi kada je bila u „pogonu“,tj.priključena na akumulator,iako je fotografska ploča bila zaštićena od djelovanja svjetla.To se otkriće zbilo **8.11.1895**.godine.

Roentgen je nastavio s eksperimentima te je **22.12.1895**. tim novim zrakama snimio ruku svoje žene Berte.Snimanje je trajalo petnaest minuta.Tim događajem i datumom obilježavamo rođendan **radiologije.**

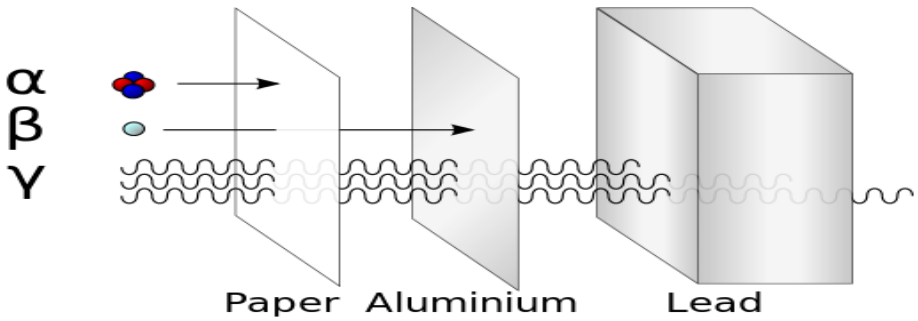


Slika 1. Prva rendgenska snimka-ruka Roentgenove žene Berte

Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/First_medical_X-ray_

Nakon toga iz godine u godinu slijede nova otkrića u radiologiji,te njihova ubrzana primjena u medicini.Navest ćemo najznačajnije od njih:

- **Rutherford** je **1897**.godine otkrio **Alfa i Beta-zrake**.**Thomson** je iste godine otkrio **elektrone**
- **Marie i Pierre Curie 1898.** objavljuju otkriće „**poloniuma“ i „radiuma“**
- **1913.** objavljen je **Bohrov** model atoma; u sredini je jezgra oko koje se vrte elektroni u zadanim orbitalama. **Coolidge** iste godine konstruira rendgensku cijev s užarenom katodom i anodom od volframa
- **1919. Rutherford** otkriva **umjetnu radioaktivnost** i protone
- **1922. Compton** otkriva rasap rendgenskih zraka
- **1931. Rentgen** je prihvaćen kao **jedinica za dozu ekspozicije** zračenja
- **1966.** uveden dijagnostički **ultrazvuk** u rutinsku primjenu
- **1972**. uvedena je **prva komercijalna kompjutorizirana tomografija**
- **1980**. započela je radom prva komercijalna **Magnetna rezonancija**
- **1991.** prva funkcionalna **Magnetna rezonancija**
- **1996.** razvijen je multifunkcionalni digitalni **C luk** u radiologiji



- **Slika 2.**Prikaz prodornosti alfa,beta i gama zrake kroz papir,aluminij i olovo

Izvor: http://pediaa.com/wp-content/uploads/2015/07/Difference-Between-Alpha-Beta-and-Gamma-Radiation_Penetration.svg-2.png

VRSTE ZRAČENJA U RADIOLOGIJI

Ionizirajuća zračenja mogu biti **elektromagnetska**(pr.rendgenske zrake) i **čestična**(pr.alfa i beta čestice).Zajednička im je osobina da sudarom s materijom izazivaju ionizaciju tj.pojavu koja nastaje nakon apsorpcije energije zračenja, pri čemu električni neutralni atomi i molekule postaju **pozitivni i negativni ioni**. Ionizacija može biti :

- izravna ionizacija
-neizravna ionizacija

Od čestičnih zračenja izravnu ionizaciju izazivaju alfa i beta čestice.Ova vrsta ionizirajućeg zračenja ima dovoljno veliku energiju pojedinih čestica za razbijanje atoma apsorbirajuće tvari kroz koju prolaze te izazivaju **kemijske i biološke** promjene.
Elektromagnetska ionizirajuća zračenja: rendgenske zrake, gama zrake i kozmičko zračenje dovode do procesa neizravne ionizacije predajući svoju energiju u apsorbirajućoj tvari kroz koju prolaze, pri čemu nastaju brzi elektroni koji izazivaju kemijska i biološka oštećenja u živim stanicama.
Ako atom primi jedan elektron sa strane ili pak izgubi jedan elektron, za njega kažemo da je **ioniziran.**
Biološki učinci mogu biti:
-**poželjni** (pr.radioterapija tumora,ozračenje cijelog tijela kod liječenja nekih leukemija)
-**nepoželjni**, a to su po organizam sve štetne posljedice namjernom ili nenamjernom izlaganju zračenja (oštećenje metaboličkih procesa u stanicama, poremećaj rasta i razmnožavanja, oštećenje nasljedne mase- mutacije, smrt stanice i cijelog organizma).

SVOJSTVA ČESTIČNIH ZRAČENJA

ALFA ZRAKE

- energiju veoma brzo predaju u apsorbiranom tkivu
-sastavljene su od 2 protona i 2 neutrona međusobno vezana energijom od 28 MeV-a(jezgra helija)
-7000 X teže od elektrona
-brzina: 14000-20000 km/s
-velik broj ionskih parova u zraku
-domet u zraku oko 7cm,apsorbira ih papir,u tkivo prodiru do dubine od 0,1 mm

BETA ZRAKE

To su zapravo brzi elektroni,čija se brzina kreće kod najsporijih oko 1/3 brzine svjetlosti, a najbržih preko 2/3 brzine svjetlosti. Imaju znatno manju moć ionizacije nego alfa-zrake. U zraku prodiru do nekoliko metara u duljinu,a u živom tkivu do 5 mm.

GAMA ZRAKE(ZRAČENJE)

Gama zrake su elektromagnetski valovi koji nastaju raspadom jezgri radioaktivnih elemenata i izbacivanja alfa i beta čestica, pri čemu nastaje novi element koji emitira gama-zračenje nekoliko milisekunda.Slične su rendgenskim zrakama,samo nastaju u jezgri, osim što su znatno prodornije od rendgenskih zraka (radi čega nema potpune zaštite od ovog zračenja!) Na putu prodiranja kroz materiju ne izazivaju izravnu ionizaciju već neizravnu – izbacivanjem elektrona iz atoma elemenata na putanji.

NASTANAK I SVOJSTVA RENDGENSKIH ZRAKA

Elektromagnetski val je prijenos energije elektromagnetskog polja kroz prostor.Njegova svojstva su određena valnom duljinom i frekvencijom.Izvori elektromagnetskog vala su različiti:

- **prirodni** su izvori atomi, molekule i jezgre pri promjeni nekog od energijskih stanja, a

-**umjetni** su izvori oni koje je čovjek izradio, kao pr.: električni strujni krugovi,svjetiljke, radio i televizijske antene, mobilni telefoni ili rendgenska cijev.

Rendgenske zrake koje se koriste u dijagnostičke i terapijske svrhe u prirodnom spektru nalaze se između ultraljubičastog zračenja i gama zraka.U praksi značajna elektromagnetska zračenja su:

- rendgenske ili X zrake

-gama zrake

Rendgenske i gama zrake imaju različito porijeklo, ali istu brzinu- brzinu svjetlosti.

Rendgenske zrake nastaju u rendgenskoj cijevi kočenjem brzih elektrona koji dolaze s katode i sudaraju se s atomima anode.

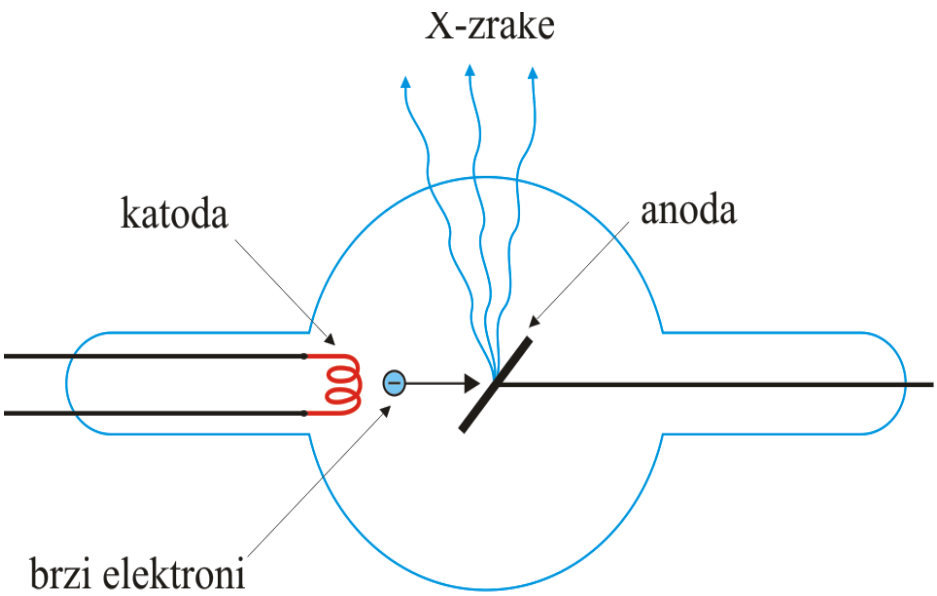
Rendgenska cijev je najvažniji dio rendgenskog uređaja, a sastoji se od katode i anode:
- katoda u obliku čašice spojena je s negativnim polom visokonaponskog transformatora,
-anoda u obliku tanjurića ili diska spojena je s pozitivnim polom visokonaponskog transformatora.

Katoda je građena iz dva dijela:

-spiralne niti dužine 1 do 2 cm, debljine 0,2 do 0,5 mm građene od volframa koji ima visoko talište

-pomoćne elektrode(Wehneltova elektroda),koja se još naziva i fokusirajućom elektrodom jer usmjerava elektrone nastale termoionizacijom na uski snop koji udara u žarište anode.

Spiralna nit je spojena s niskonaponskim transformatorom koji spiralnu nit zagrijava do visokih temperatura, pri kojima se, procesom termoionizacije, oslobađaju elektroni.



Slika 3. Shema koja prikazuje nastanak X zraka u rendgenskoj cijevi
Izvor: http://www.periodni.com/gallery/rendgenska_cijev.png

Visokonaponski transformator pretvara struju gradske mreže u struju visokog napona potrebnu za ubrzanje termoelektrona stvorenih na površini užarene spirale katode.Ovaj transformator je građen od metalne jezgre i dviju zavojnica.Primarna zavojnica ima mali broj zavoja i inducira u sekundarnoj zavojnici također izmjeničnu struju, ali visokog napona i male jakosti.Sekundarna zavojnica je povezana s rendgenskom cijevi preko ispravljačica i visokonaponskih kablova.

Niskonaponski transformator pretvara izmjenični napon gradske mreže u niski naponi veliku jakost struje.

Anoda je u rendgenskoj cijevi smještena nasuprot katode, a građena je u većini modernih rendgenskih cijevi od legure volframa i renije debljine 1-2 mm koja je na disku građenom od molibdena i grafita.
Sudarom brzih elektrona iz elektronskog „oblaka“ katode s atomima materijala diska anode oslobađa se velika količina toplinske energije te rendgenske zrake.Manje od 1% ukupne energije upadnih elektrona pretvara se kočenjem u rendgenske zrake, a oko 99% u toplinu.

Svojstva rendgenskih zraka određena su:
-valnom duljinom
-frekvencijom, te se po njima rendgenske zrake razlikuju od ostalih vrsta zračenja.

Najznačajnija svojstva rendgenskih zraka su: rasap, apsorpcija, prodornost, fotografski učinak, fluorescentni učinak, ionizacija i biološki učinak.

Rasap rendgenskih zraka ili interakcija rendgenskih zraka i materije može biti kao:
a) klasični rasap
b) Comptonov rasap, proces dominantan pretežito u terapijskoj radiologiji
c) prava apsorpcija- dominantan proces u dijagnostičkoj radiologiji
d) proces stvaranja parova

Kod klasičnog rasapa, pri sudaru upadne rendgenske zrake i materije ne dolazi do slabljenja energije upadne zrake, već ona samo promijeni svoj prvobitni smjer.
Kod Comptonovog rasapa dolazi do izbijanja jednog elektrona i promjene valne dužine upadne rtg zrake, koja dalje prodire pod promijenjenim kutom- kutom odbijanja.
Prava apsorpcija je proces kod kojeg se sva energija upadne zrake „potroši“ na izbijanje elektrona(koji se naziva fotoelektron).
Proces stvaranja parova događa se samo onda kada je energija upadnog fotona jednaka ili veća od 1,02 MeV.Proces se događa interakcijom upadnog fotona u Coulombovom polju jezgre.Pri tom foton nestaje, a stvaraju se elektron i pozitron.

U procesu apsorpcije rendgenskih zraka, rendgenske zrake manjih energija- većih valnih duljina i manje frekvencije, većinom se u potpunosti apsorbiraju, dok se zrake većih energija, tj. kraćih valnih duljina i veće frekvencije manjim dijelom apsorbiraju, a većim dijelom prolaze kroz materiju ili dožive rasap po Comptonovom principu.Količina apsorpcije je

određena duljinom vala rendgenskih zraka, gustoćom tvari i atomskom težinom tvari kroz koju prolaze.

Kod prodornosti rendgenskih zraka,rendgenske zrake prodiru kroz prostor i materiju, a dubina prodiranja ovisi o valnoj dužini i frekvenciji zraka, te debljini, gustoći i specifičnoj težini tvari kroz koju prolaze.

Kod fotografskog učinka, jačina zacrnjenja materijala ovisi o energiji rendgenskih zraka koje su prošle kroz tijelo čovjeka i nakon toga djelovale na rendgenski fotomaterijal.Na ovoj pojavi se temelji konvencionalna radiologija.

Pod djelovanjem rendgenskih zraka neki kristali svjetlucaju- emitiraju vidljivi svjetlosni spektar.Ta se pojava naziva fluorescencijom, a tvari koje emitiraju vidljivu svjetlost pod utjecajem rtg zraka nazivaju se fluorescentnim tvarima ili materijalima.

Glede ionizacije, radi se o pojavi koja nastaje nakon apsorpcije energije zračenja, pri čemu električki neutralni atomi i molekule postaju pozitivni i negativni ioni.Prema načinu ionizacije radijacija se može podijeliti u dvije skupine: izravnu(alfa i beta čestice) i neizravnu ionizaciju(rendgenske zrake, gama zrake i kozmičko zračenje).

Biološki učinci mogu biti: poželjni (pr. radioterapija tumora, ozračenje cijelog tijela kod liječenja nekih leukemija) i nepoželjni (a to su po organizam sve štetne posljedice koje nastaju pri namjernom ili nenamjernom izlaganju zračenju – oštećenje metaboličkih procesa u stanicama,poremećaj rasta i razmnožavanja, oštećenje nasljedne mase – mutacije, smrt stanice i cijelog organizma).



Slika 4. Prikaz rendgenskog filma temeljen na fotografskom učinku ; izvor: http://bhzdravlje.ba/wp-content/uploads/2012/05/rendgenski-snimak- pluca-300x199.jpg

2. DOZE ZRAČENJA I JEDINICE ZA MJERENJE ZRAČENJA

U radiologiji postoje brojne i vrlo različite doze zračenja, ali u suštini razlikujemo dvije osnovne vrste doza:
a) fizikalnu dozu koja označava količinu radijacije koja je apsorbirana u određenom volumenu tvari
b) biološku dozu koja podrazumijeva fizikalnu dozu, ali i različitu radiosenzibilnost ozračenog tkiva, vremensku raspodjelu doze, vrstu zračenja i druge manje poznate čimbenike.

Doza izloženosti zračenju ovisi o: vrsti radiološke pretrage, širini potrebnog rendgenskog snopa, volumenu ozračenog dijela tijela, intezitetu i prodornosti rendgenskih zraka(mA i kV), trajanju snimanja ili prosvjetljavanja, vrsti rendgenskog uređaja te načinu rada s izvorima zračenja.
U radiologiji imamo četiri najvažnije doze:
a) ekspozicijska doza
b) apsorbirana doza
c) ekvivalentna doza
d) aktivnost radioaktivnih izotopa

Ekspozicijska doza predstavlja količinu zračenja kojoj je čovjek izložen. Definira se kao broj iona oslobođenih pri zračenju neke mase tkiva. Stara jedinica je **Rentgen**, a sada se upotrebljava jedinica **C/kg**.

Apsorbirana doza predstavlja količinu primljene energije na određenu masu tkiva.Stara jedinica za ovu dozu bila je **rad**, a sada se upotrebljava jedinica **Gray.** Ekspozicijske doze se izravno mjere dozimetrima.

Ekvivalentnom dozom naziva se umnožak apsorbirane doze i RBE(relativne biološke efikasnosti zračenja).Jedinica za ekvivalentnu dozu je **Sievert**, a stara jedinica bila je **rem.**

Aktivnost radioaktivnog zračenja izotopa označava broj raspada atoma izotopa u jedinici vremena.Stara jedinica bila je **Curie**, a nova je **Becquerel**. 1 Bq označava jedan raspad u sekundi.

MJERENJE ZRAČENJA – DOZIMETRIJA

Različiti izvori ionizirajućih zračenja imaju veoma rasprostranjenu primjenu u medicini (dijagnostici i terapiji).Velik je broj profesionalaca koji su dugi niz godina, a mnogi i cijeli svoj radni vijek, izloženi manjim ili većim dozama ionizirajućeg zračenja.Treba znati da su i svi stanovnici zemlje stalno izloženi prirodnim izvorima zračenja (unutarnji izvori, tlo, vode, Sunce i udaljenje zvijezde).Valja imati na umu da je svaka doza radijacije, pa i ona najmanja, **štetna!** Radi toga je profesionalno osoblje obvezno redovito kontrolirati (dnevno, mjesečno ili tromjesečno) doze vlastite profesionalne izloženosti ionizirajućem zračenju.Zbog toga se to mjerenje naziva i osobnom dozimetrijom.
Doze zračenja mjere se dozimetrima, a u praksi su najčešća tri tipa dozimetra: film dozimetar, termoluminiscentni dozimetar i tzv. Penkala dozimetar.

Film dozimetar je najduže u uporabi i najčešća je vrsta dozimetra u dijagnostičkoj radiologiji.Njegove bitne karakteristike su :
- princip rada se sastoji u mjerenju zacrnjenja filma nakon njegova izlaganja zračenju kroz određeno vrijeme, te usporedbi zacrnjenja sa zacrnjenjem filma izloženog djelovanju poznate doze zračenja;
-sastoji se od plastične kutijice s ugrađenim metalnim filtrima od različitog materijala i različite debljine, što omogućuje mjerenje kvalitete zračenja;
-u kutijici između filtra smješten je film dimenzija obično 4 x 3 cm, a preostale površine su prekrivene filtrima od bakra i olova;
- za vrijeme rada film se stavlja na **prednju stranu trupa ispod zaštitne pregače** od olovne gume, a nikad se ne stavlja u izravni snop rendgenskih zraka;
- nakon rada dozimetar se obvezatno ostavlja izvan zone zračenja.S njime treba pažljivo rukovati i čuvati ga od mehaničkih oštećenja.
Ova vrsta dozimetra je dosta jednostavna: pouzdan je, jeftin i praktičan za svakodnevnu uporabu u dozimetriji osoba profesionalno izloženih ionizirajućem zračenju, a njegovi nedostaci su : slaba osjetljivost i preciznost za vrlo male doze zračenja, zahtijeva dosta administrativnih poslova kod svake zamjene, a osjetljiv je na vlagu i temperaturu u radnoj okolini.

Termoluminiscentni dozimetri u posljednje vrijeme sve više istiskuju iz uporabe filmske dozimetre. Ovi dozimetri koriste poznati princip termoluminiscencije.Prednosti ovog dozimetra u odnosu na filmski dozimetar su: veća osjetljivost na male doze zračenja, dugo „pamti“ apsorbiranu dozu zračenja, očitavanje je brzo, otporan je na utjecaj okoline, a njegov oblik i veličina omogućavaju različite aplikacije mjerenja doza zračenja(pr. u uterusu, jednjaku).

Treća vrsta su dozimetri tipa ionizacijske komore među kojima je najpoznatiji tzv. Penkala dozimetri (**Quartz Fibre Electrometers, QF Electroscope**) koji omogućava izravno, trenutačno očitavanje kumulativne doze ekspozicije zračenju.Radi na principu ionizirajuće komore, te može detektirati sve vrste zračenja s maksimalnim rasponom od 2 mSv do 10 Sv.Njegova prednost je direktno očitanje doze, a nedostaci su mu: osjetljivost na mehaničke udare, vibracije i temperature, te osrednja pouzdanost izmjerenih doza zračenja.



Slika 5. Film dozimetar – najčešća vrsta dozimetra u dijagnostičkoj radiologiji
Izvor: https://www.google.hr/search?espv=2q=termoluminiscentni+dozimetar

3. OSNOVE RADIOBIOLOGIJE I ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Radiobiologija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem utjecaja ionizirajućih zračenja na živa bića. Temelji se na spoznajama o utjecaju različitih vrsta zračenja na ljudska tkiva, poželjnim i nepoželjnim efektima, kako bismo mogli ta zračenja strogo kontroliranom uporabom staviti u službu čovjeku, a nepoželjne popratne učinke svesti na najmanju moguću mjeru.

Da bismo nepoželjne efekte zračenja sveli na najmanju mjeru, potrebno je dobro upoznati prirodu ionizirajućih zračenja, njihova fizikalna svojstva, biološke osobitosti zračenja, siguran način uporabe te, na kraju, mogućnosti prevencije i najbolje načine zaštite.

Tek dobrim poznavanjem rendgenskih uređaja i tehnika snimanja, pravilnom primjenom sredstava za zaštitu od nepotrebnog zračenja koja se nalaze na aparatima i u dijagnostičkoj prostoriji, načinom rada, provjerom valjanosti indikacija za tražene radiološke pretrage, pravilnim profesionalnim odnosom prema pacijentu i uz dobru suradnju s liječnikom radiologom, može se značajno smanjiti izlaganje pacijenata (dakle, i pučanstva) nepotrebnim dozama zračenja.

Problematiku zaštite od zračenja prati cijeli niz stručnih međunarodnih organizacija među kojima je najznačajnija **ICRP** (Internacionalna unija za zaštitu od zračenja). **Zakonodavna zaštita** je veoma važna jer vrlo strogim zakonskim propisima i podzakonskim aktima uređuje cjelokupnu problematiku zaštite od ionizirajućih zračenja. Zakonom je definirana i fizikalno – tehnička zaštita koja uključuje: nadzor nad izvršavanjem zakonskih propisa u svezi s projektiranjem i izgradnjom radioloških ustanova, odjela i prostorija u kojima će se raditi s izvorima ionizirajućih zračenja, projektiranje i izgradnju dijagnostičkih prostorija, zaštitu zidova, prozora i vrata radioloških prostorija, te zaštitu podova.

Donesen je i naš novi Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja s odgovarajućim popratnim Pravilnicima za provođenje zaštite od zračenja. Pored brojnih odrednica, Zakonom je regulirana i obveza odgovarajuće edukacije o zaštiti od zračenja za sve profesionalno osoblje koje na bilo koji način (makar i povremeno!) radi s izvorima ionizirajućih zračenja, te nakon svakih pet godina obnova znanja o zaštiti od zračenja. Zato je posve razumljiva obveza temeljite edukacije profesionalaca o svim aspektima radiobiologije i zaštite od ionizirajućih zračenja.

BIOLOŠKO DJELOVANJE IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA

Izlaganje stanica zračenju dovodi do unosa energije u stanice, što uzrokuje niz različitih promjena kemijskih i bioloških strukturnih elemenata ovisno o količini i vrsti energije zračenja. Učinci djelovanja zračenja su posljedica **ionizacije** u procesu interakcije zračenja i atoma/molekula koji su strukturni dijelovi stanica. Sve promjene na živim stanicama koje nastaju djelovanjem zračenja nazivaju se skupnim imenom **biološko djelovanje** ionizirajućeg zračenja.

U stanici izloženoj zračenju najprije nastaju fizikalne promjene pod utjecajem apsorbirane energije zračenja, a na njih se nadovezuju kemijske promjene (ionizirani atomi mijenjaju kemijska svojstva, ako je atom sastavni dio važne velike molekule, ionizacija može dovesti do prekida molekule ili prelokacije atoma u molekuli; molekula može biti oštećena na način promijenjene funkcije ili gubitka njene funkcije, što može rezultirati ozbiljnim oštećenjem ili čak smrću stanice).

Zračenje može oštetiti stanicu na dva načina: pogotkom vitalnih struktura(karioreksa, karioliza, stvaranje vakuola u citoplazmi, pucanje stanične membrane) – izravno djelovanje zračenja, ili na neizravan način u srazu zračenja s molekulama vode – teorija neizravnih oštećenja.

Ciljno mjesto djelovanja radijacije na živa tkiva je **stanica**. Stanice su građene od molekula, i to pretežito od sljedećih pet glavnih molekula:

- 80 % molekule vode
- 15 % proteini
- 2 % lipidi
- 1 % ugljikohidrati
- 1 % nukleinske kiseline
- 1 % sve ostale molekule

Najveća je mogućnost interakcije zračenja s molekulama vode, zatim proteina i lipida. Djelovanjem na molekule vode nastaje tzv. Radioliza vode, pri čemu nastaju vrlo toksični slobodni radikali i vodikov peroksid koji također oštećuje važne sastavne djelove stanica.

Važno je napomenuti da su oštećenja stanica proporcionalna s dozom zračenja, te da veće doze zračenja oštećuju i reparatorne mehanizme, pa su nastala oštećenja ireverzibilna (smrt molekula i stanica). Ova se činjenica koristi u radioterapiji tumora. Najosjetljivija je **G2** faza kod diobe DNA.

Stanice su različito osjetljive na zračenje, a općenito vrijedi tzv. Bergonie-Tribondeau zakon: stanice su osjetljive na zračenje proporcionalno brzini njihove diobe, a obrnuto proporcionalno stupnju njihove diferencijacije. Postoje tri skupine stanice različite osjetljivosti na zračenje, i to :

a) **slaba osjetljivost**: mišićne stanice, živčane stanice i stanice koštanog tkiva

b) **umjerena osjetljivost**: endotelne stanice, spermatide, fibroblasti, osteoblasti

c) **visoka osjetljivost**: limfociti, spermatogonije, eritroblasti, stanice crijevnog epitela.

Na zračenje su osjetljive mlađe osobe (naročito plod u maternici i mala djeca), te žene u odnosu na muškarce. Osobito su osjetljive spolne stanice, a među njima najosjetljivije su spermatogonije čime nastaju genetska oštećenja potomstva.

Jajne stanice su osjetljive na zračenje ovisno o fazi sazrijevanja: najosjetljiviji je folikul u razvoju. Doza od 2 Gy izaziva prolazni sterilitet, a doze veće od 3 Gy trajni sterilitet.

Fetus je najosjetljiviji na zračenje, njegovo ozračenje u najranijoj fazi izaziva smrt (abortus), a u kasnim fazama javljaju se oštećenja rasta i razvoja te mentalna oštećenja. Teratogena oštećenja javljaju se već kod doza zračenja od 0.1 do 0.5 Gy pa je zato obvezatna **zaštita gonada.** U dijagnostičkoj radiologiji to se odnosi na ozračenje žene u gravidnoj dobi pri izvođenju sljedećih pretraga: IVP, irigografija, CT trbuha i male zdjelice, angiografske pretrage i pregledi gastroduodenuma, te bilo koja procedura intervencijske radiologije. Prema preporukama ICRP-a, rizik nastanka genetskog oštećenja znači jedno ozbiljno genetsko oštećenje na 10.000 osoba ozračenih dozom od 0.01 Gy.

Potencijalne opasnosti od ionizirajućeg zračenja u dijagnostičkoj radiologiji su povećani rizici razvoja tumora bronha, dojke, štitne žlijezde te razvoj leukemije, a u dentalnoj radiografiji su povećan rizik razvoja tumora mozga, žlijezda slinovnica i štitne žlijezde, te moguća genetska oštećenja.

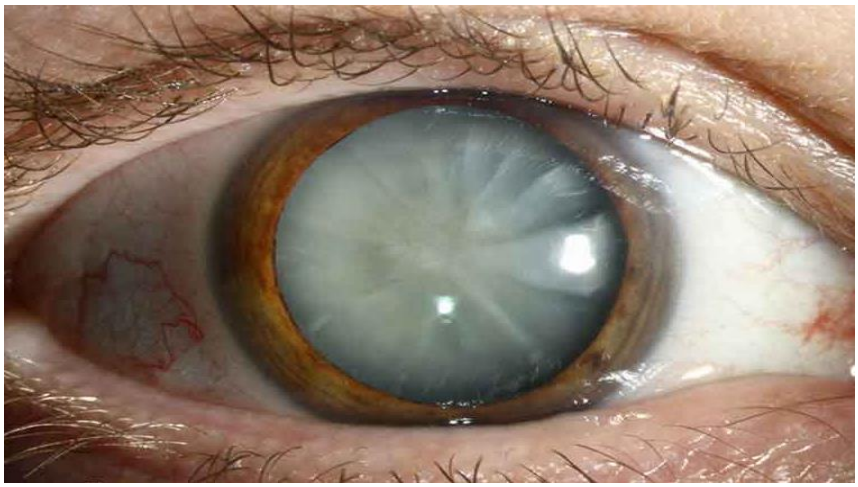
Stanice koštane srži i limfnih tkiva vrlo brzo se obnavljaju, pa su radi toga i veoma osjetljive na zračenje, po redoslijedu osjetljivosti odmah iza spolnih stanica, a redoslijed osjetljivosti krvnih stanica je slijedeći: Limfociti, Granulociti, Trombociti te Eritrociti. Oštećenje oka javlja se obično nakon izlaganja dozi od 2 do 5 Sv ili više. Već nakon izlaganja dozama od 0.45 Gy može se javiti katarakta leće oka.

Već smo napisali da je i najmanja doza zračenja štetna, ali to nije razlog za izbjegavanje zračenja kada je ono medicinski opravdano. Dakle, u dijagnostičkoj radiologiji i te male doze zračenja imaju svakako određene biološke učinke koji ne ovise samo o dozi zračenja, već i vrsti zračenja, dužini trajanja izlaganja radijaciji, topografskoj raspodjeli doze u organizmu, te individualnoj osjetljivosti organizma na zračenje (dob, spol, stanje imunosnog sustava).
Ako ozračimo cijelo tijelo odrasle osobe dozom od 0,25 Gy, neće se dogoditi nikakve vidljive promjene na tijelu te osobe, samo će se javiti kasne posljedice. Ali ako osobu ozračimo dozom od 1 Gy, javit će se prvi smrtni slučaj (minimalna letalna doza), a ako je pak ozračimo dozom od 7 Gy ili više, javlja se 100% smrtnost unutar 14 dana od dana ozračivanja.

VRSTE I TEŽINE BIOLOŠKIH OŠTEĆENJA

U osnovi postoje dvije vrste oštećenja, ovisno o veličini doze zračenja:
a) oštećenja ovisna o veličini doze zračenja (nestohastička oštećenja, **deterministička oštećenja**) su ona oštećenja koja nastaju nakon izlaganja određenoj dozi zračenja, dok se pri izlaganju dozama zračenja ispod te određene doze ne javljaju. Ovoj skupini oštećenja pripadaju : karcinomi, katarakta leće oka, prolazni ili trajni sterilitet, epilacija dlaka.

b) stohastička oštećenja (**nedeterministička oštećenja**) kao što su rak bronha, rak dojke, štitne žlijezde, te solidni karcinomi i leukemije.



Slika 6. Prikaz katarakte leće oka koja nastaje determinističkim oštećenjem
Izvor: http://www.fitness.com.hr/images/clanci/katarakta.jpg

Težina bioloških oštećenja zračenjem ovisi o cijelom nizu čimbenika, a najvažniji su:

1.**vrsta zračenja** (svaka vrsta zračenja ima svoju karakterističnu radiobiološku efikasnost (RBE), alfa čestice izazivaju ionizaciju tkiva 20 x veću od beta zraka.) ,
2.**vremenska raspodjela doze** (biološka oštećenja su obrnuto proporcionalna vremenu trajanja izlaganja radijaciji),
3.**topografska raspodjela doze** (biološka oštećenja su proporcionalna volumenu ozračenog tijela),
4.**apsorbirana doza zračenja** (biološka oštećenja su posljedica djelovanja sveukupnog zračenja kojem je tijelo bilo izloženo, bez obzira na doze, vrijeme izlaganja i volumen tkiva) ,
5.**individualna osjetljivost na zračenje** (svaki organizam je različito osjetljiv na zračenje, razlozi su uglavnom nepoznati),
6.**životna dob** (mlađe osobe su u pravilu osjetljivije na zračenje od starijih, djeca su 3 x osjetljivija od odraslih, fetus je najosjetljiviji na zračenje).

Sva biološka oštećenja izazvana zračenjem mogu biti somatska (tjelesna) i genetska. Somatska oštećenja mogu biti: akutna, kronična, profesionalna, kancerogena, leukemogena i teratogena.
Genetska oštećenja su ona koja nastaju na potomstvu osoba čije su gonade bile izložene zračenju u generativnom razdoblju. Nepoželjnim genetskim oštećenjima smatraju se sve promjene nasljednih osobina (tjelesnih i intelektualnih), koje dovode do smanjenja tjelesne i umne sposobnosti potomaka. Učestalost genetskih oštećenja linearno je povezana s dozom zračenja jajnih stanica i spermija.
Mutacije izazvane zračenjem su **recesivno** nasljedne. To znači da se neko nasljedno oboljenje izazvano ovim mutacijama može javiti na potomstvu ozračenih osoba ako su otac i majka bili ozračeni približno istom dozom zračenja, na istom mjestu kromosoma i gena. To se u pravilu ne može javiti u prvoj generaciji potomstva, već tek od treće generacije nadalje. Zaključno, prema preporukama ICRP-a, rizik nastanka **genetskog oštećenja** znači jedno ozbiljno genetsko oštećenje na 10 000 osoba ozračenih dozom od 0.01 Gy. Rizik se udvostručuje nakon druge generacije potomstva.

PREVENCIJA I ZAŠTITA OD IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA

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).

Redoslijed pretraga je veoma važan i u pravilu treba slijediti algoritam:
1.pažljiva anamneza i klinički pregled liječnika
2.laboratorijski nalazi
3.ultrazvučna dijagnostika i MR
4.alternativne metode pretraga, koje eventualno nisu povezane s ionizirajućim zračenjem, internističke/kirurške endoskopske metode i virtualna CT i MRI endoskopija.

U prevenciji nepoželjnog djelovanja zračenja na bolesnike najodgovorniji su liječnici koji upućuju bolesnike na radiološke pretrage i radiološki tehnolozi koji izvode različite pretrage i/ili terapijske postupke povezane s ionizirajućim zračenjem (dijagnostička radiologija, intervencijska radiologija, radioterapija i nuklearna medicina).
Uloga radiologa sastoji se u postavljanju pravilne indikacije za radiološku pretragu, izboru metode pregleda s najmanjim dozama zračenja, te izbjegavanju ponavljanja nepotrebnih rendgenskih pretraga.

Prije traženja neke radiološke pretrage s ionizirajućim zračenjem, radiolozi trebaju sebi postaviti nekoliko važnih pitanja:
a) je li tražena rendgenska pretraga baš neophodna i hoće li ona pružiti korisne i/ili važne informacije koje mogu značajnije utjecati na postavljanje ispravne dijagnoze ili poboljšanje tretmana bolesnika,
b) može li se to postići na neki drugi način, postoji li bolja i sigurnija alternativa? ,
c) je li bolesnik u dobrom fizičkom i psihičkom stanju za podvrgavanje traženoj pretrazi? Ako nije, što treba uraditi na njegovoj pripremi za neophodni radiološki pregled? ,
d) zahtjeva li tražena pretraga posebnu pripremu bolesnika, sedaciju ili pak opću anesteziju?

Uloga radiološkog tehnologa je također veoma značajna, gotovo ključna, u prevenciji i zaštiti od zračenja, a sastoji se u sljedećem:
a) provjerava valjanost uputnice za radiološku pretragu
b)posvećuje posebnu pozornost ženama u generativnom razdoblju
c)posebnu pažnju iskazuje prema djeci obaju spolova i mladim ljudima (osobe mlađe od 30 godina)
d)upućuje na oprez u ophođenju s osobama profesionalno izloženim zračenju (profesionalno radiološko osoblje)
e)maksimalno smanjuje broj ponavljanja snimanja kod radiografskih pretraga
f)sužava snop rendgenskih 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 obaviti obnovu znanja iz područja zaštite od zračenja

Radiolozi uvijek trebaju imati na umu da je izlaganje bilo kojoj vrsti ionizirajućeg zračenja štetno za bolesnika i pučanstvo u cjelini. Sve radiološke pretrage (povezane s ionizirajućim zračenjem) podliježu vrlo strogoj i kompliciranoj zakonodavnoj regulativi, a količina zračenja mora biti u skladu s principima ALARA (As Low As Resonably Achievable), što znači da treba primijeniti najmanju dozu zračenja za najveću dijagnostičku dobit bolesnika.

Prevencija nepoželjnog djelovanja zračenja na profesionalno osoblje

U profesionalno osoblje izloženo kraćem ili dužem djelovanju ionizirajućih zračenja za vrijeme obavljanja profesionalne djelatnosti spadaju:
a) profesionalno osoblje u dijagnostičkoj i intervencijskoj radiologiji:
liječnici specijalisti radiologije, radiološki tehnolozi, medicinske sestre koje rade u zoni zračenja, te stomatolozi ili njihovi asistenti
b)profesionalno osoblje u nuklearnoj medicini i radioterapiji
c)ostali profesionalci koji su povremeno izloženi zračenju : kirurzi, traumatolozi, ortopedi, invazivni kardiolozi, te inženjeri zaduženi za kontrolu ispravnosti rendgenskih uređaja (svi moraju proći tečajeve na kojima će se upoznati s nepoželjnim posljedicama dijagnostičke primjene zračenja i načinima njihova sprječavanja).

Mjere prevencije i zaštite svih navedenih profesionalaca uključuju:
1.dobru stručnu izobrazbu prije početka rada
2.primjenu propisanih zaštitnih sredstava
3.nošenje osobnih dozimetara za kontrolu doza izloženosti zračenju.

ZAŠTITA

Zaštita od zračenja podrazumijeva skup svih mjera i postupaka kojima se izlaganje zračenju pojedinaca i pučanstva svodi na najmanju moguću mjeru uz ostvariv poželjan dijagnostički učinak.
Zakonodavna zaštita je veoma važna jer vrlo strogim zakonskim propisima i podzakonskim aktima uređuje cjelokupnu problematiku zaštite od ionizirajućih zračenja. Zakonom je definirana i fizikalno-tehnička zaštita koja uređuje: nadzor nad izvršavanjem zakonskih propisa u svezi s projektiranjem i izgradnjom radioloških ustanova, odjela i prostorija u kojima će se raditi s izvorima ionizirajućih zračenja, projektiranje i izgradnju dijagnostičkih prostorija, zaštitu zidova, prozora i vrata radioloških prostorija, te zaštitu podova.
Zaštita od zračenja postoji i na svakom radiološkom/radiografskom uređaju: sloj olova u oklopu (zračniku) rendgenske cijevi, filtri na prozoru rendgenske cijevi, višeslojni sužavajući zastor (kolimator), kao i zaštita u rendgenskoj prostoriji (različite pregrade, zaštitni paravani), te osobna zaštitna sredstva, za profesionalne djelatnike, za bolesnike, kao i osobe u pratnji ako pridržavaju bolesnike za vrijeme izvođenja radiološke pretrage.

Osobna zaštitna sredstva za zaštitu profesionalnog osoblja i bolesnika su:
zaštitne pregače, štitnik za vrat, te zaštitne kecelje i pregače (zaštitne vrijednosti **0,5 mm** olova u dijagnostičkoj radiologiji; **0,25 mm** olova u dentalnoj medicini) za bolesnike i odrasle osobe koje pridržavaju djecu i osobe s posebnim potrebama.
Pučanstvo je u cijelosti izloženo velikim dozama zračenja pri različitim snimanjima (oko 14% ukupne doze zračenja kojoj je izloženo stanovništvo iz svih izvora zračenja, prirodnih i umjetnih), u intervencijskoj radiologiji, radioterapiji (oko 1%), nuklearnoj medicini-dijagnostika i primjena radiofarmaka (3-5%), te dentalnoj medicini, pa je u cilju provođenja što bolje zaštite od zračenja potrebno znati:
a) nisu dopuštena „rutinska“ snimanja kostiju i/ili zubi, osobito ne onih koji ne pokazuju kliničke znakove bolesti
b) treba izbjegavati prečesta snimanja i ponavljanja snimanja

c) nužan je odabir valjane tehnike snimanja (suradnja radiologa i radiološkog tehnologa!)
d) posebnu pozornost treba posvetiti zaštiti djece pri snimanjima te osoba s posebnim potrebama (pridržavanje majke ili oca, oboje zaštićeni olovnim pregačama!)
e) odrediti i obučiti određeni broj radioloških tehnologa samo za radiološke pretrage djece (dobra verbalna komunikacija radiološkog tehnologa je veoma važna za kvalitetu slike i manju dozu zračenja pri snimanjima djece!)
f) obvezatna primjena zaštitne pregače
g) profesionalno osoblje nikad ne smije pridržavati djecu ili osobe s posebnim potrebama za vrijeme snimanja, a isto se odnosi i na trudnice.

Rutinska snimanja organa nisu dopuštena. Osobe koje se izlažu snimanju moraju imati kliničku indikaciju, a pri snimanjima moraju biti zaštićene (vrat i prsa) pregačom ili štitnikom za vrat čija je zaštitna moć jednaka učinku olova najmanje 0,25 mm debljine. Na zračenje su ***osjetljivije osobe mlađe životne dobi*** (djeca do deset godina su nekoliko puta osjetljivija od odraslih osoba), a ***žene su nešto osjetljivije od muškaraca***, neovisno o životnoj dobi. Zaštiti djece od zračenja pri izvođenju rendgenskih pretraga treba posvetiti najveću pozornost zbog njihove povećane radiosenzibilnosti i prevencije genetskih oštećenja. Nijedna osoba pri snimanjima ne smije biti u smjeru centralne zrake rendgenskog snopa, niti ona smije biti usmjerena prema vratima dijagnostičke prostorije. Zaštitu od zračenja poboljšavaju i nove tehničke mogućnosti, kao pr. primjena karbonskih vlakana za stol rendgenskog uređaja, rešetke i kasete (**smanjuje zračenje za 30-50%!**)

GRANICE DOZVOLJENOG OZRAČENJA PROFESIONALNOG OSOBLJA I STANOVNIŠTVA

Na temelju preporuka International Commission on Radiation Protection (ICRP), profesionalno radiološko osoblje može *na cijelo tijelo primiti godišnje 20 mSv, 150 mSv na leću oka, 500 mSv na ekstremitete (ruke i noge), te do 1 mSv na fetus u utrobi majke* – profesionalne radiološke djelatnice.
Za stanovništvo maksimalno dozvoljene doze zračenja su sljedeće: *na čitavo tijelo 1 mSv godišnje, na leću oka 15 mSv te na ruke i stopala 50 mSv godišnje.*
Za bolesnike koji imaju valjanu indikaciju za radiološku pretragu, nema određene doze zračenja koja je maksimalno dozvoljena, jer se predmnijeva da je uvijek veća medicinska korist nego eventualna šteta od ionizirajućeg zračenja.

Što se pak tiče dozvoljenih doza ozračenja profesionalnog osoblja u *dentalnoj* radiografiji/radiologiji, prema preporukama National Commission for Radiation Protection (NCRP), u SAD-u dozvoljena *prosječna godišnja doza za profesionalno osoblje je 0,2 mSv*.
Propisi glede zaštite od ionizirajućeg zračenja zasnovani su na temelju triju osnovnih načela:
a) svaka djelatnost ljudi čija je posljedica izlaganje ionizirajućem zračenju mora biti opravdana s dobrobiti koju donosi
b) sva izlaganja moraju biti toliko niska koliko je to razumno moguće postići (načelo optimizacije)
c) efektivna doza za bilo kojeg pojedinca ne smije prijeći propisanu granicu



Slika 7. Panoramski prikaz zubiju čovjeka u dentalnoj radiologiji
Izvor: http://www.oxforddentalidahofalls.cnt/uploads/2016/05/Dental-X-Rays-.jpg

Načelo (a) i (b) odnose se na sva izlaganja ionizirajućim zračenjima uključujući i medicinsko izlaganje. Načelo (c) ne primjenjuje se na izlaganje pojedinaca (pacijenta) tijekom medicinskog pregleda ili terapije koja je na njima primijenjena.

Propisi Republike Hrvatske predviđaju da radna mjesta budu razvrstana u dva područja, „područje posebnog nadzora“ i „područje nadgledanja“:
a) bilo koje područje u kojem doze mogu premašiti tri desetine bilo koje godišnje granice doze za radnike jest ***područje posebnog nadzora***
b) bilo koje područje koje se ne smatra područjem posebnog nadzora, a u kojem su doze takve da mogu premašiti godišnju granicu doze propisanu za pripadnike stanovništva jest ***područje nadgledanja***
Valja napomenuti da se snimanje u dentalnoj radiografiji/radiologiji mora obavljati s udaljenosti od najmanje dva metra od rendgenske cijevi (iza pregrade sa zaštitnim slojem

olova) , ili još bolje izvan prostorije u kojoj je smješten dentalni rendgenski uređaj.

Citat Članka 11. Zakona o zaštiti od zračenja: „Ozračenje osoba koje rade s izvorima ionizirajućih zračenja tijekom rada ne smije biti iznad 100 mSv u razdoblju pet uzastopnih godina, odnosno 20 mSv prosječno u svakoj godini, uz uvjet da ni u jednoj godini petogodišnjeg razdoblja ozračenje ne smije biti iznad 50 mSv.“

Uvažavajući gornje granice ozračenja, oćne leće ne smiju biti ozračene iznad 150 mSv u jednoj godini, a koža, podlaktice, šake i stopala ne smiju biti ozračena iznad 500 mSv u jednoj godini. Navedeno se ne odnosi na pacijente koji imaju prave medicinske indikacije za rendgenske pretrage!
U dentalnoj radiografiji, godišnja efektivna doza ozračenja profesionalnog osoblja nikada ne smije premašiti dozu od 1 mSv, odnosno godišnju dozvoljenju dozu ozračenja stanovništva.

RAZLIKA IZMEĐU KLASIČNIH I DIGITALNIH REDNGENSKIH UREĐAJA

Izravne analogne metode

Izravne analogne metode su sve one metode kod kojih rendgenska slika dijela tijela nastaje izravnim djelovanjem rendgenskih zraka na rendgenske fotomaterijale ili pak fluorescentni ekran. Kod ovih metoda analogni signal je različiti stupanj zacrnjenja rendgenskog filma ovisno o intezitetu rendgenskih zraka kojima je bio izložen.
Izravna radiografija je danas još najraširenija radiološka dijagnostička metoda kod koje rendgenska slika snimanog dijela tijela nastaje u fotosloju rendgenskog filma u procesu izlučivanja elementarnog srebra iz kristala srebrenog bromida. Količina izlučenog srebra je proporcionalna energiji rendgenskih zraka koje su nakon prolaska kroz tijelo dospjele na rendgenski film. Svjetlija područja rendgenskog filma odgovaraju dijelovima tijela koji su jače apsorbirali rendgenske zrake (kosti, patološke promjene s nakupinama vapna, itd.), a tamnija područja dijelovima tijela koji su slabije apsorbirali rendgenske zrake (plućno tkivo, plin u crijevima, organi i patološki procesi s tekućim sadržajem, itd.). Svjetliji dijelovi na filmu nazivaju se sjenama, a tamniji prozirnostima.
Dobre strane radiografije su dobar kontrast i oštrina slike, mogućnost uočavanja različitih detalja i prostornih odnosa među sjenama različitih anatomskih i patoloških struktura. Rendgenska slika služi za arhiviranje nalaza kao trajni dokument bolesti, što je važno kod ponavljanja istovrsnih pretraga.

Mane klasične radiografije mogućnost ponavljanja snimaka i ponovnog izlaganja pacijenta ionizirajućem zračenju. Razlozi su nedovoljna ekspozicija ili preeksponiranost rendgenskog filma, nastanak različitih artefakata na slici, strana tijela (metali) te micanje pacijenata. Prema tome treba sve na vrijeme riješiti i pokušati dobiti kvalitetne rendgenske snimke bez ponovnog izlaganja pacijenata zračenju.

Digitalne metode

Digitalne metode su sve one metode ili tehnike snimanja kod kojih rendgenska slika ne nastaje izravnim djelovanjem rendgenskih zraka na rendgenski film ili fluorescentni ekran rendgenskog uređaja, nego obradom digitaliziranih „ulaznih" analognih dijagnostičkih informacija. Dakle, kod digitalnih se metoda analogne dijagnostičke informacije digitaliziraju u analogno-digitalnom pretvaraču, koji se nakon kompjutorske obrade u digitalno-analognom pretvaraču rekonvertiraju u odgovarajuću vizualnu sliku na ekranu uređaja. Kod najnovijih digitalnih uređaja dobiva se izravan prikaz digitalne slike na monitorima.

Prednosti digitalnih metoda su: znatno veći kontrast slike, mogućnosti različitih mjerenja „gustoće" pojedinih dijelova snimanog objekta, različite rekonstrukcije slike bez dodatnog zračenja bolesnika(nema ionizirajućeg zračenja!), multiplanarni prikaz, različita volumetrijska mjerenja, arhiviranje slike na magnetni ili optički disk, te digitalnu arhivu, virtualnu endoskopiju, teleradiološku razmjenu elektronskih podataka i radioloških slika.



Slika 8. Jedna od glavnih digitalnih metoda u radiologiji – magnetska rezonanca

Izvor: http://images.tutorvista.com/content/biomedical-technologies/nuclear-magnetic-resonance-machine.jpeg

SPECIFIČNOSTI ZAŠTITE OD ZRAČENJA KOD NEKIH RADIOLOŠKIH POSTUPAKA

Zaštita bolesnika i profesionalnog osoblja kod prosvjetljavanja

Kod korištenja dijaskopije (prosvjetljavanja) bilo u dijagnostičkoj ili 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 nalaz, laboratorijski nalazi, nalazi UZV ranijih rendgenskih pretraga, tijek liječenja, itd.)

c) obvezatno primijeniti sve mjere zaštite od zračenja (zaštita od primarnog snopa, zaštita od raspršenog zračenja)

d) zabranjena je dijaskopija skeleta i zubi.

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) izvršiti odabir metode 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) primijeniti sve mjere zaštite od primarnog i raspršenog zračenja

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 ing.med.radiologije!)

e) posebnu pozornost posvetiti zaštiti djece pri snimanju zubi (zaštita i pridržavanje roditelja)

f) obvezatna primjena zaštitne pregače za pacijenta i profesionalno osoblje

Zabranjeno je snimanje zubi 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 (članak 31. Zakona o zaštiti od ionizirajućih zračenja).

Zaštita pri snimanjima i prosvjetljavanju u operacijskim dvoranama

Rendgenskim snimanjima i/ili prosvjetljavanju u operacijskim dvoranama najviše su izloženi abdominalni kirurzi, traumatolozi i ortopedi, te dječji kirurzi, instrumentarke, anesteziolozi i anesteziološki tehničari. Za zaštitu ovih profesionalaca potrebna je:

a) dodatna izobrazba iz zaštite od zračenja

b) primjena svih mjera zaštite od zračenja uz obvezatno 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.).

Najveći izvor zračenja profesionalnog osoblja u operacijskim dvoranamaje tijelo bolesnika koje se snima ili prosvjetljava!

Zaštita kod izvođenja angiografija

Angiografske se pretrage danas u pravilu sastoje iz dviju faza: uvođenja katetera u arteriju pod kontrolom dijaskopije i serijskog snimanja nakon uštrcavanja kontrasnog sredstva. Izloženost zračenju bolesnika i profesionalnog osoblja je velika. Radiolog je vrlo blizu rendgenske cijevi (pa je dodatno izložen parazitskom zračenju rendgenske cijevi!), a primjena zaštitnih rukavica nije moguća.

Zbog navedenog, zaštiti od zračenja kod izvođenja angiografije treba posvetiti osobitu pozornost:

a) potrebno je suziti snop zračenja na najmanju moguću mjeru!

b) skratiti vrijeme dijaskopije što je više moguće!

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

d) obvezatno nositi zaštitne pregače, zaštitne naočale i štitnik za vrat (sve profesionalno osoblje u timu), a pri snimanjima treba se zakloniti iza olovnih paravana u dijagnostičkoj prostoriji

e) pri snimanjima koristiti automatsku štrcaljku kad god je to moguće!

f) obvezatna je odgovarajuća propisna zaštita na rendgenskom uređaju.

Najvećim dozama zračenja profesionalno osoblje izloženo je kod koronarografija i angiokardiografije (stalno se mijenja geometrija rendgenskog snopa zbog različitog nagiba cijevi za cijelo vrijeme snimanja, rendgenski je snop cijelo vrijeme maksimalno otvoren, dijaskopija trajno uključena!)
Nijedna osoba pri snimanjima ili dijaskopiji ne smije biti u smjeru centralne zrake rendgenskog snopa!



Slika 9. Prikaz operacije u angiografskoj sali gdje su pacijent i profesionalno osoblje izloženi velikim dozama ionizirajućeg zračenja
Izvor: http://www.bhsrce.ba/web2/images/Koronarografija.pdf

Metode smanjenja doze zračenja kod MSCT dijagnostike

U posljednjih 10 godina CT dijagnostika svrstava se u najrašireniji dijagnostički postupak, a u posljednjih 4-5 godina CT je vodeća radiološka metoda kada govorimo o anatomskim strukturama koje njome prikazujemo i njenoj dijagnostičkoj vrijednosti. Budući da se CT temelji na rendgenskom zračenju vrlo je značajan odnos vrijednosti dobivenih podataka i doze ionizirajućeg zračenja koju pacijent primi tijekom pregleda. Ulaskom spiralnih CT uređaja u svakodnevnu uporabu znatno se smanjilo vrijeme skeniranja, a volumno, kontinuirano prikupljanje podataka omogućava rekonstrukciju snimke iz bilo kojeg dijela skeniranog volumena, sa ili bez preklapanja, i što je osobito važno, bez povećanja doze zračenja. Kod multi-slice CT (MSCT) uređaja vrijeme skeniranja je još više skraćeno, a najveća prednost je

u gotovo izotropnom vokselu. Što se doze zračenja tiče jedan od problema nalazi se u raspršenom zračenju. U usporedbi s prvim generacijama CT uređaja svakako je došlo do određenog pomaka, ali komparirajući dozu zračenja kod spiralnog i MSCT uređaja možemo zaključiti da je doza MSCT uređaja pri standardnim protokolima gotovo jednaka dozi spiralnog CT uređaja uz uporabu Pich-a 1.8 – 2. Stoga već nekoliko godina vodeći svjetski dijagnostički centri provode razne studije kako bi smanjili dozu zračenja a da time ne umanje dijagnostičku vrijednost dobivenih podataka. Na našem Kliničkom zavodu uveli smo dvije metode MSCT pregleda koje zasebno, ali i u kombinaciji pridonose smanjenju doze kod određenih pregleda. To su: ***LOW DOSE MSCT*** pregledi i MSCT pregledi sa bifazičnom aplikacijom kontrastnog sredstva.

Kod low dose MSCT-a moramo znati što sve utječe na dozu:

mA – linearna proporcionalnost između jakosti struje i količine fotona

- utječe na kvalitetu slike
- smanjenjem mA-a uzrokuje povećanje šuma
- direktno su proporcionalni sa dozom zračenja

kV- proporcionalni sa energijom fotona

- utječu na kontrasnost slike
- nisu linearno proporcionalni sa dozom zračenja

Pitch (Volume Pitch) ili Pitch Factor – odnos brzine pomaka stola po rotaciji i umnoška broja redova detektora i kolimacije snopa

- obrnuto proporcionalan sa dozom zračenja

Slice thickness

- tanji slojevi su osjetljiviji na šum
- da bi se održala kvaliteta slike, mA, a time i doza se povećavaju

Iz prikazanog možemo zaključiti da jedino smanjenje mA, odnosno mAs ili povećanje Pitch Factor-a direktno utječe na smanjenje doze zračenja. Pitch povećavamo korištenjem tanje kolimacije ili ubrzanjem pomaka stola. Kod **LOW DOSE MSCT** pregleda koje izvodimo na našem Kliničkom zavodu vrijednost efektivnih mAs kreće se u rasponu od 20 do 60 (70) ovisno o dijelu tijela koji pregledavamo. U našoj praksi efektivne mAs u vrijednosti od 20 koristimo kod Low Dose pregleda pluća, dok efektivne mAs u vrijednosti od 50-60 (rijetko 70) koristimo za Low Dose preglede zdjelice ili cijelog urotrakta, odnosno za MSCT urografije (u jednoj fazi snimanja). Kod svih Low Dose snimanja koristimo vrlo usku

kolimaciju (slice collimation) od 0,75 mm, dok je slice width, odnosno rekonstrukcijska debljina sloja 5-6 mm. Pomak stola za sve je preglede najčešće 18 mm, sa vremenom rotacije od 0,5s.

MSCT PREGLED		PRSNI KOŠ	ABDOMEN	ZDJELICA	ABDOMEN I ZDJELICA
KLASIČNI PROTOKOL	mAs	96	100	160	130
	kV	120	120	120	120
	CTDIvol(mGy)	6,72	7,05	11,25	9,10
LOW DOSE PROTOKOL	mAs	20	50	70	60
	kV	120	100	100	100
	CTDIvol(mGy)	1,56	2,50	3,50	3,00

Slika 10. Odnos parametara snimanja klasičnim, te Low dose protokolima, i doze zračenja. Izvor: http://hdimr.hr/hr/wp-content/uploads/2008/12/RV-02-2008.pdf

4. ZAKLJUČAK

Temeljni principi zaštite od zračenja u svakodnevnoj praksi su od iznimne važnosti u današnjoj dijagnostičkoj radiologiji. Pri svakom izlaganju pacijenta rendgenskim zrakama moramo voditi računa o optimalnim ekspozicijskim uvjetima te obvezno primijeniti zaštitna sredstva osobito za one dijelove tijela koji nisu u fokusu interesa pri snimanju. Zaštita od zračenja podrazumijeva skup svih mjera i postupaka kojima se izlaganje zračenju pojedinaca i pučanstva svodi na najmanju moguću mjeru uz ostvariv poželjan dijagnostički učinak.
Stoga je od iznimne važnosti poznavati pravilne postupke i metode zaštite od ionizirajućeg zračenja kao i poštivati stručne algoritme pri odabiru radioloških metoda snimanja. Također ,trebamo poznavati granice dozvoljenog ozračenja za profesionalno osoblje i stanovništvo. Specifičnosti zaštite od zračenja kod nekih radioloških postupaka su različite te svaki profesionalni djelatnik mora biti upoznat sa tim pravilima zaštite.

5. SAŽETAK

Početak radiologije smatra se otkrićem X zraka koje je otkrio Wilhelm Conrad Roentgen 1895.godine. Te zrake su bile nepoznate, nevidljive zrake koje su prolazile kroz materiju te su zbog toga dobile naziv X zrake. To otkriće dogodilo se 8.11.1895.godine u gradu Wirzburgu i od tada do danas rtg zračenje se kontinuirano koristi u medicinske svrhe.

Svojstva rendgenskih zraka određena su: valnom duljinom i frekvencijom, te se po njima rendgenske zrake razlikuju od ostalih vrsta zračenja. Najznačajnija svojstva rendgenskih zraka su: rasap, apsorpcija, prodornost, fotografski učinak, fluorescentni učinak, ionizacija i biološki učinak. Imaju svojstvo da u sudaru s materijom izazivaju ionizaciju tj.pojavu koja nastaje nakon apsorpcije energije zračenja, pri čemu električni neutralni atomi i molekule postaju pozitivni i negativni ioni.

Izlaganje stanica zračenju dovodi do unosa energije u stanice, što uzrokuje niz različitih promjena kemijskih i bioloških strukturnih elemenata ovisno o količini i vrsti energije zračenja. Na zračenje su osjetljivije mlađe osobe (naročito plod u maternici i mala djeca), te muškarci u odnosu na žene. Osobito su osjetljive spolne stanice, a među njima najosjetljivije su spermatogonije čime nastaju genetska oštećenja potomstva.

Zaštita od zračenja podrazumijeva skup svih mjera i postupaka kojima se izlaganje zračenju pojedinaca i pučanstva svodi na najmanju moguću mjeru uz ostvariv poželjan dijagnostički učinak. Mjere prevencije i zaštite profesionalaca uključuju dobru stručnu izobrazbu prije početka rada, primjenu propisanih zaštitnih sredstava te nošenje osobnih dozimetara za kontrolu doza izloženosti zračenju, a pacijenata poštivanje algoritama pretraga i zaštita onih dijelova tijela koja nisu u fokusu zračenja. .

Vrlo bitno je poznavati granice dozvoljenog izlaganja stanovništva ionizirajućem zračenju. Ozračenje osoba koje rade s izvorima ionizirajućih zračenja tijekom rada ne smije biti iznad 100 mSv u razdoblju pet uzastopnih godina, odnosno 20 mSv prosječno u svakoj godini, uz uvjet da ni u jednoj godini petogodišnjeg razdoblja ozračenje ne smije biti iznad 50 mSv.

5. SUMMARY

The beginning of radiology is considered to be the discovery of X rays discovered by Wilhelm Conrad Roentgen in 1895. These rays were unknown, invisible rays that have passed through matter and are therefore given the name of X-rays. This discovery occurred at 8.11.1895. in Wirzburg and since then until today x-rays are continuously used in medical purposes.

Properties of X-rays are determined by: wavelength and frequency, and by it X-rays are different from other types of radiation. The most important properties of X-rays are: scattering, absorption, penetration, photographic effect, fluorescent effect, ionization and biological effect. Their common feature is that the impact of the matter cause the ionization ie. appearance that occurs after absorption of radiation energy, where electrical neutral atoms and molecules become positive and negative ions.

Exposing cells to radiation results in the input power into the cells, causing a variety of changes of chemical and biological structural elements depending on the amount and type of radiation energy. On the radiation sensitive are young people (especially fetus and young children), and men compared to women. Particularly sensitive are gametes, among them the most sensitive are spermatogonia which causes genetic defects to progeny.

Protection from radiation means the set of all measures and procedures by which exposure of individuals and the population is reduced to a minimum with achievable desirable diagnostic effect. Measures of prevention and protection of all these professionals include good professional training before starting work, the application of prescribed protective equipment and wearing personal dosimeters to control the dose of radiation exposure. It also includes patient obeying algorithms of diagnostic and protection of parts of body which are not in the focus of radiation.

It is very important to know the limits of permissible exposure to ionizing radiation. Irradiation of persons working with sources of ionizing radiation during work shall not exceed 100 mSv in the period of five consecutive years, or an average of 20 mSv in any year, provided that in any year of the five-year period of irradiation should not exceed 50 mSv.

6. LITERATURA

1. National Council on Radiation Protection and Measurements. Ionizing radiation exposure of the population of the United States: NCRP report no. 160. Bethesda, MD: National Council on Radiation Protection and Measurements, 2009

2. Rehani MM, Tsapaki V. Impact of the International Atomic Energy Agency (IAEA) actions on radiation protection of patients in many countries. Radiat Prot Dosimetry 2011; 147:34–37

3. Wang JX, Inskip PD, Boice JD Jr, Li BX, Zhang JY, Fraumeni JF Jr. Cancer incidence among medical diagnostic x-ray workers in China, 1950 to 1985. Int J Cancer 1990; 45: 889–895.

4. Smith-Bindman R. Is computed tomography safe? N Engl J Med 2010;363(1):1–4.

5. National Research Council. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII – Phase 2. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Washington, DC: National Academies Press, 2006.

6. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. EC Report 16260. Luxembourg: EC, 1996.

7. Muhogora WE, Ahmed NA, Almosabihi A, et al. Patient doses in radiographic examinations in 12 countries in Asia, Africa, and Eastern Europe: Initial results from IAEA Projects. AJR 2008;190:1453-1461.

8. International Atomic Energy Agency. Radiation Doses in Diagnostic Radiology and Methods for Dose Reduction. TECDOC 796. Vienna: IAEA, 1995.

9. Hart D, Hillier MC, Wall BF. Commentary: National reference doses for common radiographic, fluoroscopic and dental X-ray examinations in the UK. BJR 2009;82:1-12

10. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography:an increasing source of radiation exposure. N Engl J Med. 2007;357(22):2277-2284.

11. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography exams and the associated lifetime attributed risk of cancer. Arch Intern Med. 2009;169(22):2078-2086.

12. Berrington de Gonzalez A, Mahesh M, Kim KP, et al. Projected cancer risks from computed tomography scans performed in the United States in 2007. Arch Intern Med. 2009;169(22):2071-2077.

13. US Food and Drug Administration (FDA). Safety Investigation of CT brain perfusion scans: update 12/8/2009. http://www.fda.gov/medicaldevices/ safety/alertsandnotices/ucm185898.htm. Accessed August 26, 2010.

14. Verdun FR, Bochud F, Gudinchet F, et al. Radiation risk: what you should know to tell your patient. Radiographics. 2008;28:1807-1816.

15. Radiation exposure from x-ray examinations. RadiologyInfo.org Web site. http://www.radiologyinfo.org/en/safety/index.cfm?pg=sfty_xray. Accessed August 26, 2010.

16. Amis ES, Butler PF, Applegate KE, et al. American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine. J Am Coll Radiol. 2007;4:272- 284.

17. Little MP, Wakeford R, Tawn EJ, et al. Risks associated with low doses and low dose rates of ionizing radiation: why linearity may be (almost) the best we can do. Radiology. 2009;251(1):6-12.

18. Pierce DA, Preston DL. Radiation-induced cancer risks at low doses among atomic bomb survivors. Radiat Res. 2000;154:178-186.

19. US National Academy of Sciences, National Research Council, Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. BEIR VII Phase 2. Washington, DC: National

Academies Press; 2006.

20. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors:1598-1998. Radiat Res. 2007;168(1):1-64.

21. Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, et al. The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the nuclear industry: estimates of radiation-related cancer risks. Radiat Res. 2007;167:396-416.

22. Tubiana M, Aurengo A, Averback D, et al. Dose-Effect Relationships and Estimation of the Carcinogenic Effects of Low Doses of Ionizing Radiation. Paris, France: Academie des Sciences and Academie Nationale de Medecine; 2005.

23. Tubiana M, Feinendegen LE, Yang C, Kaminski JM. The linear nothreshold relationship is inconsistent with radiation biologic and experimental data. Radiology. 2009;251(1):13-22.

24. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP. 1991;21(1-3):1-201.

25. National Council on Radiation Protection and Measurements. Limitation of Exposure to Ionizing Radiation. Bethesda, MD: National Council on Radiation Protection and Measurements: 1993.

26. Radiation exposure from medical diagnostic imaging procedures. Health Physics Society Web site. www.hps.org/documents/meddiagimaging.pdf. Accessed August 26, 2010.

27. Sistrom CL. The ACR appropriateness criteria: translation to practice and research. J Am Coll Radiol. 2005;2(1):61-67.

28. Lehnert BE, Bree RL. Analysis of appropriateness of outpatient CT and MRI referred from primary care clinics at an academic medical center: how critical is the need for improved decision support [published correction appears in J Am Coll Radiol. 2010;7(6):466]? J Am Coll Radiol. 2010;7(3):192-197.

29. Stein EG, Haramati LB, Bellin E, et al. Radiation exposure from medical imaging in patients with chronic and recurrent conditions. J Am Coll Radiol. 2010;7(5):351-359.

30. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD, et al. Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned? Radiographics. 2007;27(4):909-917.

7. ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODACI

IME I PREZIME	STJEPAN LONČAR
ADRESA	Trenkova 8, 21000 Split
MOBITEL	091 9577 103
E-MAIL	sloncar@unist.hr
DATUM ROĐENJA	20. rujna 1994.

OBRAZOVANJE

Osnovna škola Kamen- Šine (2001.-2009.)

Prirodoslovno-tehnička škola Split; Prirodoslovna gimnazija (2009.-2013.)

Sveučilišni odjel zdravstvenih studija- Radiološka tehnologija (2013.-20--)

OSOBNE VJEŠTINE I KOMPETENCIJE

STRANI JEZICI Engleski jezik

Poznavanje rada na računalu.