

# Denzitet i kontrast u radiografiji

---

**Zanze, Antonia**

**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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:044683>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**



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



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

**Antonia Zanze**

**Denzitet i kontrast u radiografiji**

**Završni rad**

Split, 2016.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

**Antonia Zanze**

**Denzitet i kontrast u radiografiji**

**Density and Contrast in Radiography**

**Završni rad / Bachelor's Thesis**

Mentor:

**Frane Mihanović, mag.med.rad. v.pred.**

Split, 2016

## **Ključne riječi:**

- kontrast
- denzitet
- radiografija
- x zrake
- film
- objekt snimanja
- kilovolti
- miliamper sekunde (mAs)

# SADRŽAJ

1. Uvod.....	6
2. Cilj rada.....	8
3. Denzitet u radiografiji .....	9
3.1. Miliamper sekunde (mAs).....	10
3.2. Kilovolti.....	11
3.3. Automatska kontrola ekspozicije .....	12
3.4. Smjernice za korištenje automatske kontrole ekspozicije i procjene proizvedenih slika .....	12
3.5. Ispravljanje loše automatske ekspozicije (kontrola slike) .....	15
3.6. Udaljenost izvor-receptor slike.....	16
3.7. Udaljenost objekt-receptor slike.....	16
3.8. Rešetke .....	17
3.9. Tehnika zračnog prostora .....	17
3.10. Brzina sustava zaslon-film .....	17
3.11. Kolimacija .....	18
3.12. Filtri.....	18
3.13. Učinak anode.....	19
4. Kontrast u radiografiji .....	21
4.1. Čimbenici koji utječu na kontrast u radiografiji.....	22
4.1.1. Kontrast objekta .....	23
4.1.2. Kontrastnost x-zraka.....	24
4.1.3. Kontrast snimljene slike .....	24
4.1.4. Kontrast obrade slike.....	25
4.1.5. Kontrastnost prikazane slike.....	25
4.2. Učinci spektra fotonskih energija.....	26
4.3. Usporedba kontrastne rezolucije CT uređaja i klasičnih RTG uređaja .....	28

5. Zaključak .....	29
6. Literatura .....	30
7. Sažetak .....	31
7.1. Abstract .....	32
8. Životopis.....	33

# 1. Uvod

Radiologija je znanost koja proučava i koristi zračenje. Radiologija svoju najistaknutiju granu pronalazi u medicinskoj radiologiji. Medicinska radiologija je grana medicine koja se koristi raznim zračenjima sa svrhom dijagnosticiranja te liječenja stanja odnosno bolesti. Za postavljanje točne dijagnoze jako je važno voditi brigu o sustavu kvalitete na radiološkom odjelu. Na sustav kvalitete u radiologiji utječu dva čimbenika, čovjek i kvaliteta radiološke opreme. Kvaliteta radiološke opreme uvelike utječe na sam ishod ispravne dijagnoze jer preko nje dobijamo snimku. Radiološka snimka ili slika u radiologiji predstavlja najvažniji materijal odnosno medicinski dokument za donošenje ispravne dijagnoze. Kako bi radiološka slika bila idealna za očitavanje postoji nekoliko faktora koji utječu na njenu kvalitetu. U ovom radu pažnju ćemo usmjeriti na dva faktora, a to su kontrastnost i denzitet. Prikazati ćemo kakvi se procesi odvijaju za vrijeme prolaska x-zraka kroz snimani objekt, te kako to utječe na ove faktore pri samom stvarnju radiografske slike. Također ćemo i sa tehničkog aspekta opisati faze koje imaju utjecaj na kontrastnost te denzitet u radiografiji. Važno je napomenuti kako su ova dva faktora usko povezana te praktički nadopunjuju jedan drugog.

Denzitet ili gustoća je mjera stupnja zacrnenja filma. Tehnički bi ga mogli nazvati prijenosni denzitet jer je povezan s transparentnom bazom filma gdje predstavlja mjeru svjetlosti koja se prenosi kroz film. Radiološki denzitet je logaritam dvaju mjerenja, inteziteta svjetlosti na filmu i inteziteta svjetla koji se prenosi kroz film. Denzitet je jedan od fotografskih svojstava koja određuju vidljivost detalja na radiološkoj slici. Pri ocijenjivanju slike za pravilni radiološki denzitet moramo uzeti u obzir gustoću cjelokupne slike. Radiolog ocijenjuje sliku za anatomske i patološke promjene koje dovode do promjene normalnog denziteta. Denzitet se određuje ekspozicijom. Ekspozicija je izravno proporcionalna miliamperima po sekundi (mAs), što nas dovodi do zaključka da su mAs primarni u kontroli radiografskog denziteta. Minimalna promjena potrebna da uzrokuje vidljivi pomak u gustoći na radiografskoj slici je oko 30% mAs od početne vrijednosti. Kilovolti kontroliraju količinu, kao i kvalitetu snopa x-zraka- Konfiguracija generatora važan je faktor u tome kako kilovolti utječu na denzitet. Denzitet ovisi i o veličini žarišne točke odnosno o odabiru velikog ili malog fokusa. Uz već navedene čimbenike koji utječu na denzitet moramo navesti i filtre. Kada je filtriranje povećano denzitet se smanjuje. Moramo voditi brigu i o raspršenom zračenju pa je vrlo važno kolimiranje snopa. Pri smanjenju primarne veličine polja dolazi do

smanjenja ukupnog broja fotona na raspolaganju. Ovakvim načinom smanjujemo količinu raspršenog zračenja, ali utječemo i na denzitet. Radiološki denzitet ovisi o vrsti snimanog dijela tijela. Postoji inverzan odnosi između tkiva, njegove debljine i vrste naspram radiološkog denziteta. Nesmijemo izostaviti rešetke među bitnim čimbenicima koji utječu na denzitet. Rešetka upija raspršeno zračenje u svrhu poboljšanja kontrasta. No, ipak što je rešetka učinkovitija lošije utječe na denzitet koji se smanjuje. Naknada za različitim omjerima rešetke općenito se postiže povećanjem mAs.

"Kontrastna rezolucija označuje najmanji zamjetni kontrast nekog detalja zadane veličine kojeg se može prikazati pomoću slikovnog sustava različitom svjetlinom (denzitetom) unutar čitavog dinamičkog raspona. Granični kontrast je mjera slikovnog prikaza slabo kontrastnih struktura. Snaga film-folijskih sustava leži u visokoj nominalnoj prostornoj rezoluciji i visokoj kontrastnoj rezoluciji uz uvjet optimalne ekspozicije, no već kod male ekspozicijske pogreške radiogram neće biti upotrebljiv. U radiogramima s velikom količinom raspršenog zračenja prostorna rezolucija nije toliko određena graničnom prostornom razlučivošću, koliko šumom i kontrastom. Ako ekspozicija nije bila u optimalnom rasponu, slika na filmu neće imati odgovarajuću kontrastnost zbog manje dinamičke širine film-folijskih sustava. Dinamička širina digitalnih radiografskih sustava je višestruko veća u odnosu na film-folijske sustave tako da nema potrebe ponavljati ekspoziciju čak ni kada ona nije bila unutar optimalnog raspona. Usprkos nespornih prednosti digitalnih sustava, upravo mogućnost da se naknadnom obradom slike sakrije pogrešna ekspozicija nosi moguću opasnost kod njihove primjene u kliničkoj praksi, ako se redovito i dosljedno ne provode protokoli nadzora kakvoće." (Miletić, D. Radiografija skeleta, Rijeka:Glos, 2008, 15-16).



## **2. Cilj rada**

Denzitet i kontrast u radiografiji predstavljaju dva jako važna faktora za radiološku sliku. Cilj samog rada je prikazati kako se ovi faktori ponašaju pri nastajanju slike. Glavni cilj rada je baziran na izdvajanju i pobližem opisivanju svakog čimbenika pojedinačno koji utječe na denzitet i na kontrast u radiografiji.

### **3. Denzitet u radiografiji**

Denzitet ili radiološka gustoća je faktor koji nam omogućava vidljivost detalja. Denzitet opisuje količinu ukupnog zacrnenja prikazanog na slici i izravno se odnosi na količinu zračenja koja dopire do receptora slike. Gustoća zacrnenja filma mjeri se denzitometrom. Denzitometar ima fotoelektrični senzor koji mjeri količinu svjetla koja se prenosi kroz dio filma. Kontrast unutar ukupne slike ovisi o razlikama u gustoći struktura u tijelu i debljina istih. Što je veća razlika u gustoći ili debljini dvaju susjednih struktura dovodi nas do veće kontrastnosti između tih struktura na radiološkoj slici. Za opisane svrhe postoji 5 vrsta različitih denziteta koji mogu biti korisni za određivanje prirode abnormalnosti. Ako postoji neočekivano povećanje ili smanjenje denziteta poznate anatomske strukture onda to može pomoći u određivanju strukture tkiva koja predstavlja tu abnormalnost. Pravilno izlaganje rendgenskog filma je proces pokušaja i pogrešaka. Kao što postoje mnoge varijable koje utječu na konačnu radiološku sliku tako imamo i varijable koje utječu na gustoću rendgenske slike. Sadašnja industrijska praksa je da se razvije postupak kojim će se proizvoditi prihvatljiv denzitet filma za svaki generator x-zraka. Radiološki tehnolog ocjenjuje svaku sliku kako bi utvrdio da li je denzitet slike sadržajan u odnosu na kost i meka tkiva. Ako kost ili meko tkivo nisu adekvatno prikazani radiološki tehnolog mora utvrditi koji čimbenici su pridonijeli pogrešci. Prije donošenja bilo kakve odluke i ponavljanja pretrage moramo procijeniti sve čimbenike koji utječu na denzitet u radiografiji. U trenutku kada su nam svi čimbenici ispravni možemo ponoviti sliku.

U nastavku ćemo opisati čimbenike koji utječu na denzitet.

### 3.1. Miliamper sekunde (mAs)

Denzitet je direktno povezan s količinom zračenja koje dopire do receptora slike, te je mAs kontrolni faktor za tu količinu zračenja. Povećanjem mAs prouzročiti ćemo povećanje denziteta, dok će smanjenje mAs dovesti do smanjenja denziteta na radiološkoj slici. Ako je slika eksponirana koristeći pretjerani mAs to se prikaže kao da je denzitet toliko taman da se neke ili sve strukture interesa ne mogu kvalitetno prikazati, odnosno nisu dobro vidljive. Kada imamo slučaj slabe ekspozicije slika koju dobijemo će prikazati toliko svijetao denzitet da se neke ili sve anatomske strukture od interesa neće moći ocijeniti. Problem presvjetlog denziteta je nizak mAs. Preeksponirana slika nastala zbog pretjeranog mAs će prikazati prihvatljivi kontrast sve dok su kilovolti optimalni. Čak iako će cjelokupna slika biti tamna, kortikalni obrisi kosti trebali bi biti istaknuti zbog optimalne kontrastnosti. Ocjenjujući vizualno sliku ona će biti prihvatljiva jer su trabekularni obrisi kostiju vidljivi. U slučaju da želimo prikaz i mekog tkiva pretjerana ekspozicija nam neće koristiti. Zbog manje ekspozicije i slabije penetracije prikazati će se i slabiji denzitet. S toga je važno naučiti uočiti svaku tehničku pogrešku. Način koji nam može pomoći razlikovati da li je slika slabije eksponirana ili slabije penetrirana je naučiti kortikalni obris strukture od interesa. Na slici koja je slabije eksponirana kortikalni obrisi su vidljivi čak iako je denzitet slab, dok na slabije penetriranoj slici neće se prikazati područja kortikalnih obrisa koja nisu penetrirana. Kada je denzitet slike neadekvatan mAs postaje kontrolni faktor izbora. Koliko bi trebali podesiti mAs za dobivanje optimalne slike je direktno proporcionalno iznosu povećanja ili smanjenja denziteta koji je potreban. Uglavnom se vrše tri vrste podešenja za promjenu denziteta. Kako bi smo uočili promjenu denziteta na slici dovoljno je za 30% promijeniti mAs od svoje početne vrijednosti. U slučaju da je slika presvjetla ili pretamna ne bih trebali izvršiti promjenu vrijednosti mAs. Ova vrsta podešavanja je idealna za napraviti kada je prikaz slike prihvatljiv, no denzitet nije optimalan i treba se ponoviti snimanje zbog određenih faktora (npr. micanje pacijenta ili krivi namještaj). Ako želimo izračunati promjenu od 30% pomnožimo originalnu vrijednost mAs sa 0.30 te dobiveni rezultat pribrojimo početnoj vrijednosti mAs. Ovaj račun nam predstavlja povećanje denziteta. Kada želimo izračunati smanjenje denziteta originalnu vrijednost pomnožimo sa 0.30 te dobiveni rezultat oduzmemo od početne vrijednosti. Slika kojoj je rubna linija presvjetla zahtijeva 100% povećanje mAs, a slika kojoj je rubna linija pretamna zahtijeva 50% smanjenje mAs. Za izračunati 100% povećanje u denzitetu pomnoži se originalni mAs sa 2 i rezultat se doda početnoj vrijednosti mAs. Ukoliko je originalni mAs bio

20 novi mAs bi trebao biti 40. Za izračunati 50% smanjenje u denzitetu originalni mAs se podijeli sa 2 i rezultat se oduzme od početne vrijednosti mAs. Ako je originalni mAs bio 20 novi mAs bi trebao biti 10. Kada dobijemo sliku koja zahtijeva da se ponovi znamo da moramo 3-4 puta povećati ili smanjiti mAs. Ako je slika presvijetla moramo obaviti povećanje od 3-4 puta u vrijednosti mAs, a kada je slika pretamna moramo smanjiti vrijednost mAs 3-4 puta. Za izračunati povećanje od 3-4 puta u denzitetu pomnožimo originalni mAs sa 3 ili 4 i dodamo rezultatu početne vrijednosti mAs. Kada želimo izračunati smanjenje od 3 ili 4 puta u denzitetu pomnožimo originalni mAs sa 3 ili 4 te dobiveni rezultat oduzmemo od početne vrijednosti.

### **3.2. Kilovolti**

Sposobnost prodiranja primarnog snopa x-zraka je kontrolirano faktorom kojeg zovemo kilovolti. Radiografski denzitet ovisi o promjeni kilovolta zato što to mijenja samu kvalitetu fotona koji mijenjaju broj penetriranih od apsorbiranih fotona. Veći kilovolti omogućuju veći broj fotona koji penetriraju u pacijenta i dosežu receptor slike. To rezultira boljim denzitetom na slici. Kada su kilovolti niži veći je broj apsorbiranih fotona u pacijentu, ali je smanjen broj onih fotona koji dolaze do receptora slike te tako imamo slabiji denzitet na slici. Nikakva količina mAs neće nikad kompezirati nedovoljne kilovolte. Optimalni kilovolti su bazirani na kompezaciji tkiva i debljini potrebnoj za svaki dio tijela. Optimalni kilovolti su definirani kao oni koji će pružiti adekvatnu penetraciju dijela tijela i dovoljnu sivu skalju. Slika koja je adekvatno penetrirana pokazuje kortikalne obrise od najtanjih i najdebljih struktura u polju interesa. Ako strukture nisu bile dovoljno penetrirane (nedovoljno kilovolta korišteno) slika će pokazivati slab denzitet, ali uspoređujući sa slikom koja je slabo eksponirana gdje kortikalni obrisi najdebljih struktura nisu vidljivi i slabije penetrirana slika je u tom trenutku bolja. Ukoliko se kortikalni obrisi struktura od interesa mogu vidjeti iako je denzitet slike slab može se zaključiti da mAs treba podesiti. Kada se kortikalni obrisi struktura nevide i denzitet slike je svijetao potrebno je podesiti kilovolte. Slabo penetrirane slike mogu također prikazati adekvatan denzitet. Iznos potrebnog podešenja denziteta mora također biti razmatran kada se odlučuje koliko će kilovoltno podešenje biti. Ukoliko slika treba biti ponovljena zbog toga što je slabo penetrirana i denzitet je 100% presvijetao povećavamo kilovolte za najmanje 15%. mAs bi trebao ostati isti kao što je korišten na originalnoj slici zbog toga što 15% promjena u kilovoltima također će povećati denzitet za 100%. Kada je

slika slabo penetrirana i svijetla dovoljno da zahtijeva 3-4 puta podešenje denziteta, kombinacija kilovolti i mAs biti će potrebna. Koliko je potrebno promjene u kilovoltima u određenoj situaciji ovisi o vašim standardima u pogledu na kontrastnost. Glavno pravilo koje bi trebalo slijediti je da kilovolti ostanu relativno blizu optimalnom nivu.

### **3.3. Automatska kontrola ekspozicije**

Automatska kontrola ekspozicije omogućava da se mAs automatski odabere kontrolirajući vrijeme ekspozicije. Optimalni miliamperi (mA) odnose se na korištenje dovoljno visokih ili dovoljno jakih mA na zadanu točku fokusa kako bi se smanjila mogućnost pokreta, ali ne toliko visoki da je vrijeme ekspozicije kraće od vremena odgovora automatske kontrole ekspozicije. Minimalno vrijeme odgovora je vrijeme koje je potrebno za detekciju i reakciju primljenog zračenja. Minimalno vrijeme odgovora je određeno ovisno o tvornici koja je proizvela uređaj za automatsku kontrolu ekspozicije.

### **3.4. Smjernice za korištenje automatske kontrole ekspozicije i procjene proizvedenih slika**

Postavljamo optimalne kilovolte za dio tijela koji se snima kako bih smo dobili prikladnu penetraciju i kontrastnu skalu. Kilovolti moraju biti postavljeni tako da osiguraju točan dio penetracije i željenog kontrasta. Ukoliko se koriste kilovolti manji od optimalnih za anatomiju od interesa ta anatomija neće biti dovoljno penetrirana i izložena. Slabo eksponirana slika će nastati ako su kilovolti toliko niski da se neadekvatna penetracija pojavi u svim anatomskim strukturama ispod aktivnih komora. Nema iznosa mAs koji bi mogao nadoknaditi neadekvatnu penetraciju. Postaviti mA na najvećoj poziciji za potrebnu fokusnu točku, ali ne toliko visoko da je vrijeme ekspozicije potrebno za određeni radiografski denzitet manje nego minimalno vrijeme odgovora. Ekspozicije napravljene s manjim ekspozicijskim vremenom nego što je minimalno vrijeme odgovora će rezultirati preekspoziranim tamnim slikama. To je zato što sklop za automatsku kontrolu ekspozicije nema dovoljno vremena za detekciju i reakciju primljenog zračenja za prekid ekspozicije u vremenu potrebnom za proizvodnju idealne slike. mA vrijednost bi trebala biti niža sve dok je vrijeme ekspozicije dovoljno za proizvodnju željenog denziteta. Također moramo postaviti

sigurnosnu kopiju vremena na 150-200% očekivanog vremena što možemo pronaći u priručnicima. Kao glavnu smjernicu koristimo 0.2 sekunde za sve prsne i proksimalne ekstremitete, 1 sekundu za abdominalne organe i projekcije glave, te 2-4 sekunde za jako velike torzalne projekcije. Sigurnosno vrijeme je maksimalno vrijeme koje je dozvoljeno za ekspoziciju x-zrakama. Jednom kada se to sigurnosno vrijeme dosegne ekspozicija će se automatski prekinuti. Ako je sigurnosno vrijeme prekratko ekspozicija će se prerano zaustaviti. Tada adekvatna ekspozicija neće dosegnuti ionizacijske komore rezultirajući podeksponiranom slikom. Ako je sigurnosno vrijeme predugo i automatska kontrola ekspozicije neradi ispravno ekspozicija će se nastaviti puno duže nego je potrebno za proizvesti adekvatan denzitet, pa za rezultat imamo tamnu sliku i pretjeranu dozu zračenja za pacijenta. Kada odabiremo ionizacijske komore moramo izabrati i aktivirati one koje će biti centrirane ispod anatomskih struktura od najvećeg interesa. Preporuke za izbor ionizacijskih komora možemo pronaći na početku svakog poglavlja knjige za analizu procedure. Preeksponirane slike dobijemo kada je odabrana ionizacijska komora smještena ispod strukture koja ima visok atomski broj ili je deblja od interesne strukture. Kao na primjer, kada je AP projekcija abdomena napravljena trebale bi biti odabrane vanjske ionizacijske komore i smještene između mekog tkiva, daleko od kralježaka za doprinos željene gustoće abdominalnog mekog tkiva (Slika 1).



Slika 1. AP projekcija abdomena pri čemu su korištene centralne komore. (Izvor: Web)

Ukoliko je korištena ionizacijska komora smještena ispod kralježaka, kondezator (uređaj koji sprema energiju) zahtijeva duže ekspozicijsko vrijeme za postići maksimalan nivo punjenja i završiti ekspoziciju. Ovakav slučaj se javlja zbog visokog atomskog broja kosti i visokog broja fotona kojeg kost apsorbira uspoređujući sa mekim tkivom. Rezultat će biti slika sa kvalitetnim denzitetom, ali preeksponiranost mekog tkiva. Kada govorimo o slabo eksponiranoj slici izabrane ionizacijske komore nalaze se ispod strukture koja ima manji atomski broj ili je tanja i slabije gustoće nego struktura od interesa. Kada napravimo AP projekciju lumbalne kralježnice odabiremo centralne ionizacijske komore i centriramo ih direktno ispod lumbalne kralježnice. U slučaju da smo koristili vanjske ionizacijske komore ili nam centralne ionizacijske komore nisu pravilno centrirane slika će biti podeskponirana. Ovo se javlja zbog toga što je meko tkivo koje ima manji atomski broj od kosti poviše aktivne komore. Automatsku kontrolu ekspozicije nekoristimo na periferiji ili jako malim anatomskim strukturama gdje aktivne komore nisu pokrivene cjelokupnom anatomijom, rezultirajući time da je dio komora izložen dijelu snopa x-zraka koje ne idu kroz pacijenta. Svaka aktivna ionizacijska komora mjeri prosječni iznos područja pogođenog zračenjem. Dio komore koji nije pokriven sa tkivom će prikupiti zračenje tako brzo da će napuniti kondezator do kraja (prekidajući time ekspoziciju) prije nego postigne odgovarajući denzitet, rezultirajući sa podeskponiranom svijetlom slikom. Uska kolimacija interesnog područja kako bi se smanjilo raspršenje zračenja iz tijela i stola može dovesti do toga da se automatska kontrola ekspozicije odmah isključi. Na primjer u AP projekciji torakalne kralježnice koja ima lateralnu kolimaciju će se prikazati previše raspršenosti kroz pluća, a automatska kontrola ekspozicije će se aktivirati prije nego li kralježnica bude adekvatno eksponirana. Automatsku kontrolu ekspozicije nekoristimo kada su strukture od interesa u neposrednoj blizini debljih struktura. Na primjer, najbolje je nekoristiti automatsku kontrolu ekspozicije na AP projekciji atlasa i aksisa otvorenih usta. S tim pregledom gornji sjekutići, zatiljna baza lubanje i donja čeljust dodaju debljinu superiorno i inferiorno atlantoaksijalnom zglobu. Ovo dodavanje debljine uzrokuje da je područje interesa preeksponirano jer treba više vremena kondezatoru da dosegne maksimalni nivo dok se fotoni upijaju u tanjim područjima. Radioaktivni vidljivi materijali kao što je metal imaju mnogo veći atomski broj nego koštane ili mekotkivne strukture. Kada su radioaktivno vidljivi materijali smješteni između aktivnih ionizacijskih komora automatska kontrola ekspozicije će pokušati eksponirati rendgenski vidljive strukture adekvatno, rezultirajući pretamnom slikom i preeksponiranim anatomskim strukturama. Kada koristimo sustav zaslon-film kao receptor slike skupa sa automatskom kontrolom ekspozicije

koji je kalibriran za sistem nižeg sustava zaslon-film rezultirati će preekspozicionom slikom. Ako je korišten sistem manje brzine zaslon-film receptora za sliku sa automatskom kontrolom ekspozicije koji je kalibriran za sistem veće brzine sustava zaslon-film rezultirati će podekspozicionom slikom. Automatska kontrola ekspozicije se neće prilagoditi za promjene u sustavu brzine bez tiristora (uređaj korišten za postavljanje maksimalnog punjenja kondenzatora) rekalibriranog za sustav. Kontrole denziteta mogu biti trajno korištene kada nije oprema automatske kontrole ekspozicije kalibrirana i za fino podešavanje radiografskog denziteta kada su anatomske strukture od interesa blago iskrivljene. Kontrole denziteta mijenjaju tvorničku osjetljivost tiratrona tako da vrijeme ekspozicije bude povećano ili smanjeno. Tipična podešenja kontrole denziteta mijenjaju nivo ekspozicije pomacima od 25%, sa +1 i +2 tipkama povećavajući ekspoziciju i sa -1 i -2 tipkama smanjujući ekspoziciju. Tipke 1 će rezultirati sa 25% promjenom u denzitetu, a tipke 2 sa 50% promjenom u denzitetu. Neka postrojenja imaju automatsku kontrolu ekspozicije denziteta postavljenu za dobijanje 100% povećanja i 50% smanjenja denziteta.

### **3.5. Ispravljanje loše automatske ekspozicije (kontrola slike)**

Kada je zbog automatske kontrole ekspozicije proizvedena neprihvatljiva slika, tehnolog mora razmisliti o potencijalnom uzroku kako bi napravio pravilna podešenja prije nego li ponovi sliku. Mnoge slikovne jedinice uključuju uređaj za očitavanje mAs, pri kojem je iznos mAs korišten za sliku prikazan poslije ekspozicije. U situacijama kada nije preporučljivo ponavljati neprihvatljivu sliku uz automatsku kontrolu ekspozicije radiološki tehnolog se vraća na tehniku ručnog odabira koristeći očitovanje uređaja za prilagoditi mAs potrebnoj vrijednosti.



### **3.6. Udaljenost izvor-receptor slike**

Povećanjem udaljenosti izvora od receptora slike smanjiti će se denzitet, dok će smanjenje udaljenosti izvora od receptora slike povećati radiografski denzitet. Potrebna je samo 20% promjena u udaljenosti izvora od receptora slike za očitovanje vidljive promjene denziteta. Kada radiološki tehnolog koristi ručnu tehniku i odstupa od standardne udaljenosti izvora od receptora vrijednost mAs bi trebala biti podešena tako da spriječi pod ili preeskoniranu sliku. Neuspjeh u ovom podešenju može zahtijevati ponavljanje slike. Ukoliko se to dogodi ostavite udaljenost izvora od receptora na istim postavkama i podesite iznos potrebnog mAs.

### **3.7. Udaljenost objekt-receptor slike**

Iako je standard održavati najmanju moguću udaljenost objekta i receptora slike postoje situacije u kojima je povećanje udaljenosti objekta od receptora slike neizbježno. Povećanje udaljenosti objekta od receptora slike može rezultirati primjetnim gubitkom denziteta. Iznos smanjenja denziteta ovisi o stupnju povećanja udaljenosti objekta od receptora slike i iznosu raspršenosti koja će tipično dosegnuti receptor slike za takvu proceduru što je odlučeno sa odabranim kilovoltima, veličinom polja i debljinom pacijenta. Kao što su se potencijali cijevi podigli poviše 60 kilovolta raspršenost radijacije je usmjerena puno više direktno prema naprijed, pa će slika pokazati značajan gubitak denziteta nakon što je udaljenost objekta od receptora povećana, a raspršenost se razila u drugom smjeru od receptora slike. S potencijalom cijevi ispod 60 kilovolta dolazi do smanjenja u broju raspršenih fotona koji su raspršeni u ravnom pravcu, pa povećanje udaljenosti objekta od receptora neće rezultirati u dovoljno značajnoj promjeni u količini raspršenosti koja doseže receptor slike ili denzitet slike da bi bilo primjetno. Veće polje i debljina dijela tijela će utjecati na broj proizvedene raspršenosti, s produktivnijim rezultatima u povećanoj redukciji raspršenosti koja doseže receptor slike kako se udaljenost objekta od receptora slike povećava. Kada je udaljenost objekta od receptora slike povećana mAs bi trebao biti povećan za oko 10% za svaki centimetar udaljenosti da bi se kompenzirao gubitak u denzitetu koji prouzrokuje ta promjena.

### **3.8. Rešetke**

Rešetka nam služi za „čišćenje“ raspršenog zračenja. Kada je rešetka dodana ili radiološki tehnolog mijenja iz jednog omjera rešetke u drugi radiografski denzitet će biti neadekvatan osim ako mAs ne postavimo na vrijednost koja će to kompezirati. Kod promjene u veći omjer rešetke potrebno je povećanje vrijednosti mAs ili će se prikazati nedovoljan radiografski denzitet. Ako primjenjujemo rešetku nižeg omjera potrebno je smanjenje u vrijednosti mAs ili će biti prikazan pretjeran radiografski denzitet. Neadekvatan radiografski denzitet će biti prikazan kada su ionizacijska komora i centralna zraka krive, uzrokujući smanjenje u broju prenesenih fotona koji dosežu receptor slike. Smanjenje denziteta uzrokovano ionzacijskim komorama koje su odrezane može biti istaknuto iz drugih denzitetnih problema po izgledu linija rešetke na slici gdje je prikazana odrezanost.

### **3.9. Tehnika zračnog prostora**

Alternativa korištenja rešetki je korištenje tehnike zračnog prostora. Za koristiti tehniku zračnog prostora pomičemo receptor slike 10-15 centimetara od pacijenta. Velika udaljenost objekta od receptora slike će uzrokovati raspršenost zračenja koje će tipično eksponirati receptor slike za kratku udaljenost objekta od receptora slike za raspršenost dalje od receptora slike. Zbog toga što puno raspršenog zračenja nije usmjereno direktno prema receptoru slike, denzitet je smanjen i kontrast poboljšan. Kada se koristi tehnika zračnog prostora povećava se mAs za oko 10% za svaki centimetar zračnog prostora.

### **3.10. Brzina sustava zaslon-film**

Podošavanje ekrana pretvara energiju x-zraka u svjetlosnu energiju kroz flouescenciju. Što je više svijetla emitirano za danu ekspoziciju veća je relativna brzina vrijednosti pooštavanja ekrana. Sustavi receptora rijetkih zemalja su uobičajno korišteni danas. Kada se mijenja iz jedne brzine pooštavanja ekrana u drugu mora se izračunati nova vrijednost mAs zbog razlike u proizvodnji pa denzitet može biti drugačiji. Svaki zaslon ima faktor za konverziju koji je izračunat formiranjem razlomka sa 100 u brojniku i vrijednosti relativne brzine zaslona u nazivniku. Tada podijelimo brojnik sa nazivnikom i decimala koju dobijemo je faktor konverzije.

### 3.11. Kolimacija

Povećanje i smanjenje u eksponiranom području na pacijentu određenom kolimacijom mijenja iznos proizvednog raspršenog zračenja. Tako se mijenja i iznos raspršenja koje doseže receptor slike i ukupni radiografski denzitet. Promjena iznosa denziteta će ovisiti o veličini polja i iznosu raspršenja koje će tipično dosegnuti receptor slike za takvu proceduru što je određeno odabranim kilovoltima i debljinom pacijenta. Vrijednost mAs mora biti prilagođena za nadoknaditi promjene denziteta kada je veličina kolimacijskog polja promjenjena i dio proizvodi značajno raspršenje radijacije. Greška u podešenju mAs može rezultirati slikom sa neadekvatnim denzitetom.

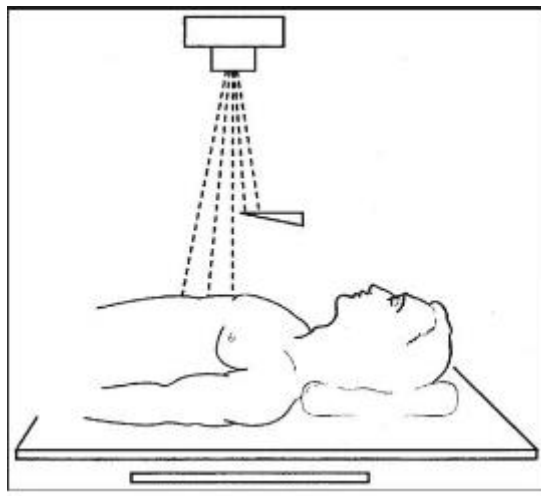
### 3.12. Filtri

Kod nekih pregleda je ekspozicija namještena da adekvatno prikaže jednu interesnu strukturu zbog čega druge strukture mogu biti preekspozirane. To se pojavljuje zbog razlike u debljini među strukutrama koje snimamo. AP projekcija ramena, stopala i torakalne kralježnice su tri primjera za prikazivanje ovog problema (Slika 2).



Slika 2. AP projekcija stopala s i bez kompezirajućeg filtra iznad prstiju stopala. (Izvor: Web)

Kako bi se nadoknadila ova razlika debljine i dobio homogeni denzitet postavlja se filter poviše ili ispod najtanje strukture. Filter apsorbira fotone x-zraka prije nego dosegnu receptor slike. Deblji dio filtera apsorbira više nego tanji. Postavlja se tehnika koja će adekvatno eksponirati najdeblji dio koji se pregledava. Ako je filter točno namješten on će upiti pretjerano zračenje usmjereno ka najtanjim strukturama što će rezultirati ujednačenim denzitetom kroz sliku (Slika 3). Ukoliko je filter netočno postavljen biti će varijacija u definiranju denziteta gdje je filter bio ili nije bio namješten poviše strukture. Previše pozicioniranja nad ili ispod strukture koje nije potrebno će rezultirati s upijanjem previše fotona i s premalo radiografskog denziteta u tom području.



Slika 3. Pravilan položaj kompenzirajućeg filtra. (Izvor: Web)

### 3.13. Učinak anode

Drugi eksponirajući faktor koji bi se trebao uzeti u obzir kod pozicioniranja dugih kostiju i kralježnice kada je korišteno polje od 43cm za smjestiti strukturu je efekt anode. Kada je ta dužina polja korištena pojavljuje se primjetna promjena denziteta preko cijelog polja koje je značajno između krajeva polja da se može vidjeti kada se usporede. Posljedično radiografski denzitet na kraju anode je niži zbog manjeg javljanja fotona nego s kraja katode. Koristeći ovo znanje u našu korist može nam pomoći proizvesti sliku dugih kostiju i kralježnice koja prikazuje ujednačeni denzitet na oba kraja. Tanja strana strukture se postavlja na kraju anode i deblja strana strukture se postavlja na kraju katode (Slika 5). Postaviti ekspoziciju (mAs) koja će adekvatno demonstrirati sredšnju točku strukture. Većina dijagnostika su dizajnirane tako da je glava pacijenta smještena na lijevoj strani tehnologa,

postavljajući kraj anode rendgenske cijevi na vrh glave pacijenta. Postavljanje kraja cijevi anode može se razlikovati u napomeni pacijentu kako je i cijev pomaknuta u horizontalni položaj. Za identificiranje kraja anode i katode rendgenske cijevi trebamo locirati + i – simbole prikačene na kućište cijevi gdje ulazi električno napajanje. Simbol + koristi se za prepoznavanje kraja cijevi anode, a simbol – ukazuje na kraj katode (Slika 4).



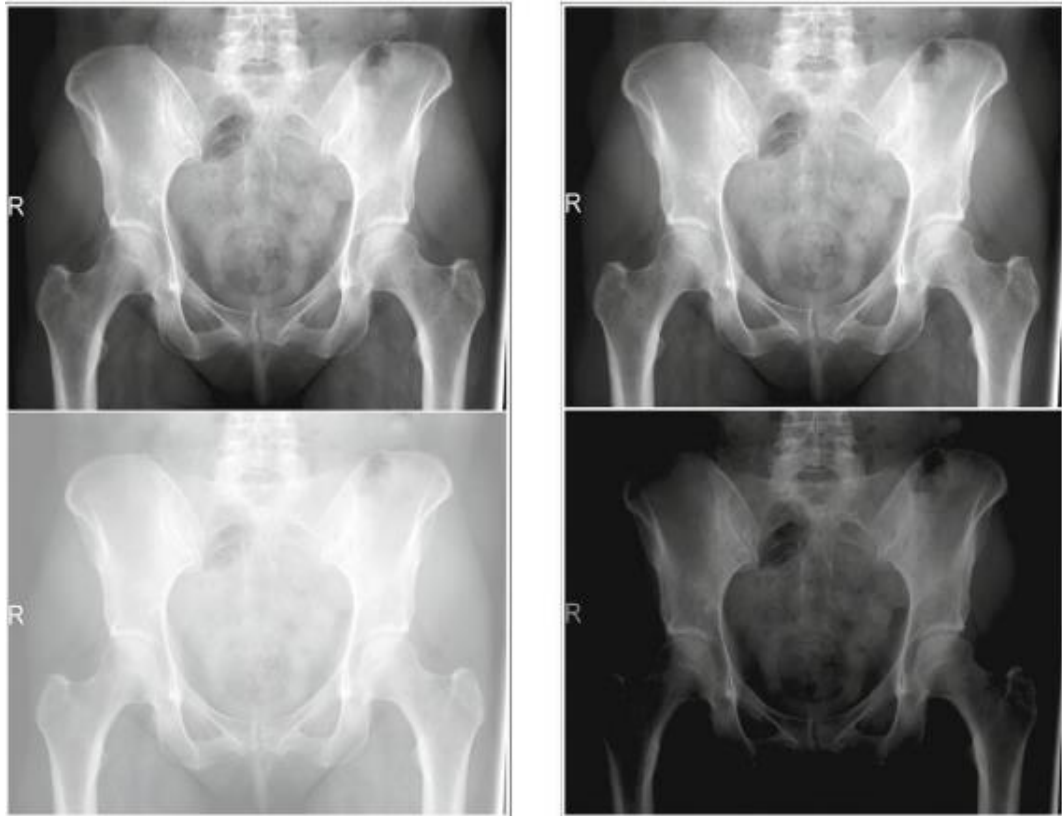
Slika 4. Rendgenska cijeva sa simbolima + za anodu i - za katodu. (Izvor: Web)



Slika 5. AP projekcija potkoljenice gdje je učinak anode iskorišten ispravno (koljeno pozicionirano na kraju katode) te AP projekcija podlaktice gdje je učinak anode nije korišten ispravno (ručni zglob pozicioniran na kraju katode). (Izvor: Web)

## 4. Kontrast u radiografiji

Radiografski kontrast je fotografsko svojstvo koje nam omogućuje bolju uočljivost detalja na radiološkoj slici. Definiramo ga kao razliku u gustoći dvaju susjednih tkiva. Radiografski kontrast predstavlja ukupnu količinu kontrasta iz anatomskog dijela odnosno snimanog subjekta i receptora slike (film). Kontrastnost snimanog objekta odnosno anatomskog dijela prikazujemo kao razliku u intezitetu rendgenske zrake nakon što je oslabljena kroz snimani objekt. Ova kontrastnost ovisi o kilovoltima, debljini te vrsti ozračenog anatomskog dijela tijela. Kilovolti primarno kontroliraju atomski kontrast. Ako koristimo visoke kilovolte dobiti ćemo bolju penetraciju, veću dozu zračenja, širi raspon u gustoći tkiva, nizak kontrast. Kada koristimo niske kilovolte dolazi do manje penetracije, manje raspršenog zračenja, nizak raspon u gustoći, ali visoki kontrast. Veličina polja snimanja i debljina snimanog dijela tijela također utječu na kontrastnost slike u radiografiji. Veće polje snimanja te veća debljina snimanog dijela tijela smanjuju kontrastnost dok manja debljina i uža polje snimanja omogućuju kvalitetan kontrast na radiološkoj slici. Atomski broj i gustoća snimanog dijela tijela također utječu na kontrastnost. Viši atomski broj i gustoća daju bolji kontrast, kao primjer navesti ćemo kosti te zrak u plućima. Kontrast nije isti za sva tkiva. Znanje iz anatomije, fiziologije, patologije, te znanje o tehničkim čimbenicima ključno je za pravilnu procjenu kontrastnosti. Ako koristimo automatski sustav za kilovolte kontrast neće biti jednako kvalitetan kao kada imamo mogućnost prilagoditi ga manualno uvažavajući sve čimbenike koji utječu na kontrastnost. Vidljivu promjenu u kontrastu nećemo predočiti sve dok kilovolte ne promjenimo za 15% određene vrijednosti. Uz kontrastnost objekta snimanja vrlo važan je i kontrast filma. Film kontrast odnosi se na razlike u gustoći koje rezultiraju s obzirom na tip filma koji se koristi, način izlaganja te vrstu obrade filma. Budući da danas imamo i druge vrste detektora osim sustava film-folija mogli bi smo ovo nazvati i detektorski kontrast. U sustavu film-folija razlikujemo visoko kontrastne filmove (maleni kristali srebrenog bromida približno iste veličine) i manje kontrastne filmove (kristali srebrenog bromida različite veličine). Iz ovoga možemo zaključiti da je za kontrastnost filma vrlo važan raspored i veličina kristala srebrenog bromida. Kontrast i vidljivost snimanog objekta koji se na kraju pojavljuju na radiološkoj slici razvijen je u koracima i određen mnogim čimbenicima kao što je prikazano u nastavku.



Slika 6. Usporedni prikaz AP projekcije zdjelice, gdje na gornjim slikama možemo vidjeti kvalitetnu sliku sa ispravnom vrijednosti kilovolti. U lijevom donjem kutu vidimo sliku koja je podekspozicionirana dok u desnom imamo prikaz preekspozicionirane slike. (Izvor: Web)

#### 4.1. Čimbenici koji utječu na kontrast u radiografiji

Kontrast i vidljivost snimanog objekta koju dobijemo kao krajnji rezultat na radiološkoj slici prolazi kroz mnogo faza prije nego li dobijemo gotovu radiološku sliku. Sam kontrast određen je mnogim čimbenicima, a neke smo već istaknuli u prijašnjem poglavlju. Osim standardnih osobina x-zraka moramo uzeti u obzir da na kontrastnost radiološke slike utječe raspršeno zračenje te karakteristike sustava receptora i prikaza slike. Kod malih objekata unutar tijela te anatomskih detalja kontrastnost je smanjena zbog zamućenja. Kako snop x-zraka izlazi iz tijela pacijenta on sadrži sliku u obliku promjena izloženosti preko područja slike. On se sastoji od varijacija u prigušenju kroz različite dijelove tijela. U ovom prigušenju kontrast slike je predstavljen od količine varijacija izloženosti x-zrakama između točaka unutar slike. Količina kontrasta proizvedena u određenoj dijagnostičkoj pretrazi je određena fizičkim karakteristikama dijela tijela i karakteristikama prodiranja snopa x-zraka. Tokom rendgenskog snimanja nailazimo na nekoliko vrsta kontrasta. Formiranje vidljive slike

uključuje transformaciju jedne vrste kontrasta u drugu pri različitim fazama u procesu stvaranja slike.

#### 4.1.1. Kontrast objekta

Kako bih bile vidljive na radiološkoj slici anatomske strukture moraju imati fizički kontrast u odnosu na okolna tkiva. Kontrast objekta može biti razlika u fizičkoj gustoći ili atomskom broju. Kada je objekt fizički drugačiji upija manje ili više zračenja nego li okolna tkiva iste debljine. Ako objekt apsorbira manje zračenja od okolnog tkiva (plin okružen tkivom), stvoriti će se negativna sjena koju vidimo kao tamno područje na rendgenskom filmu. Također još jedan od čimbenika koji utječu na kontrastnost objekta je njegova debljina. Kontrastnost objekta je proporcionalna produktu gustoće objekta. Kemijski sastav snimanog objekta doprinosi kontrastnosti ako je atomski broj ( $Z$ ) drugačiji od onog u okolnom tkivu. Relativno slab kontrast imamo u mekim tkivima i tjelesnim tekućinama zbog atomskih brojeva čije su vrijednosti jako blizu. Kontrast proizveden zbog razlike u kemijskom sastavu vrlo je osjetljiv na energiju fotona i spektar x-zraka. Materijali koji proizvode visok kontrast u odnosu na okolno meko tkivo razlikuju se od mekog tkiva u fizičkoj gustoći i atomskom broju.



Slika 7. Profilna projekcija stopala sa slabim kontrastom objekta zbog destruktivne bolesti. (Izvor: Web)



#### **4.1.2. Kontrastnost x-zraka**

Kontrastnost x-zraka predstavlja nevidljivu sliku koja izlazi iz tijela nastala pod utjecajem različitih prigušenja u tijelu. Za pojedine objekte značajnu vrijednost kontrastu daje razlika u izloženosti između objekta i njegove okoline u pozadini. Ova razlika u izlaganju izražava se kao postotak vrijednosti u odnosu na razinu pozadinske ekspozicije. Kontrast će biti prisutan ako je izloženost u području objekta veća ili manja naspram okoline. Kontrastnost rendgenskih zraka nastaje zbog razlike zrake koja prolazi kroz ciljani objekt u odnosu na zraku koja prodire kroz susjedna tkiva. Objekti koji atenuiraju više zračenja nego okolna tkiva imaju obrnuto proporcionalnu kontrastnost u odnosu na penetraciju objekta. Maksimalna (100%) kontrastnost nastaje kada u tijelu snimanog pacijenta nailazimo na strano tijelo napravljeno od metala. Proizvedena količina rendgenskog kontrasta određena je fizikalnim karakteristikama kontrasta (atomska masa, gustoća i debljina) i karakteristikama prodiranja (spektar fotonske energije) rendgenske zrake. Kontrast rendgenskog snopa koji dolazi iz tijela pacijenta znatno je umanjen zbog raspršenog zračenja nastalog u tijelu.

#### **4.1.3. Kontrast snimljene slike**

Slike nastale pod utjecajem x-zraka ostaju zabilježene na receptorima i zapisane u određenom obliku. To mogu biti filmovi, fosforne ploče ili nekakav drugi digitalni medij za digitalnu radiografiju. Poželjna karakteristika radioloških metoda snimanja je da se sav kontrast na slici u potpunosti zabilježi. Fosforne ploče i izravne digitalne metode za snimanje općenito bilježe i snimaju sve kontraste nastale rendgenskom slikom zbog vlastitog širokog dinamičkog raspona izloženosti. Glavno ograničenje filma je njegova relativno mala dinamička širina. Kontrast slike se smanjuje, a ponekad i potpuno gubi kada izloženost filma rendgenskim zrakama nije unutar dinamičke širine filma.

#### **4.1.4. Kontrast obrade slike**

Radiološke slike snimljene na filmu ili nekom digitalnom mediju prolaze određeni oblik obrade prije nego što su prikazane kao vidljive slike. Film se kemijski obradi kako bi latentnu sliku pretvorili u vidljivu sliku. Ako je kemijska obrada manjkava (zbog neadekvatne kontrole procesa kvalitete, zbog nepravilne kemije i sl. ) neki od snimljenih kontrasta slike ne može se prenijeti u vidljivu sliku. Fotografska obrada filma ima veliki utjecaj na kvalitetu slike. Na kontrastnost posebno utječu kemijski sastav razvijaača, vrijeme razvijanja te temperatura razvijaača. U praksi se treba pridržavati uputa od strane proizvođača. Ako se vrijeme razvijanja produži dolazi do promjene karakteristične krivulje, raste zacrnjenje na filmu, opada kontrastnost te se pojavljuje mrena na slici. Jedna od velikih prednosti digitalne radiografije je sposobnost za obavljanje digitalne obrade kako bi se poboljšao kontrast slike za specifične kliničke primjene.

#### **4.1.5. Kontrastnost prikazane slike**

Posljednji od čimbenika koji nam daju krajnju radiološku sliku je kontrast na vidljivoj slici. Kontrast u radiografiji snimljen na filmu je u obliku razlike optičke gustoće između različitih točaka unutar slike. Kao što je između snimanog objekta i okolne pozadine. Kontrast na slici prikazanoj na ekranu je u obliku različitih svjetlina ili omjera svjetline između različitih točaka unutar slike. Prikazi digitalnih slika mogu imati svoj vlastiti kontrast koji će mijenjati ili ograničavati kontrast prikaza slike. Karakteristike kontrasta zaslona ili monitora mogu obično biti provjerene digitalnim testnim uzorcima. Većina sustava za prikaz digitalnih slika pruža mogućnost obrade slike. To nam omogućava da prilagodimo i optimiziramo kontrast na prikazanoj slici.

## 4.2. Učinci spektra fotonskih energija

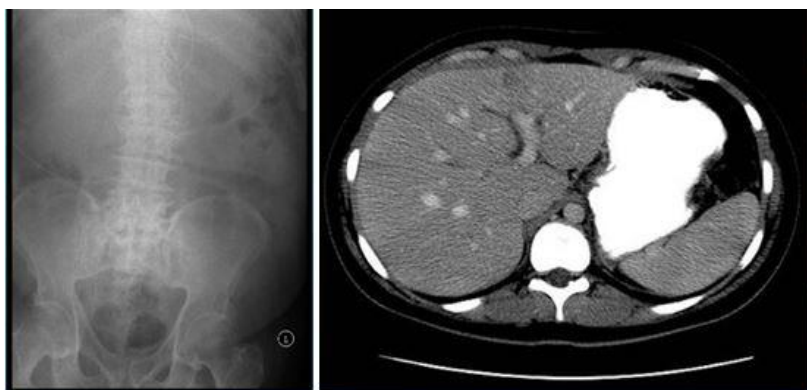
Prvi korak u dobivanju optimalnog kontrasta kod radiološke slike je podesiti snop x-zraka za određenu anatomiju i kliničku svrhu. Prodiranje i rezultati kontrasta određenog objekta ili strukture u tijelu općenito ovisi o spektru energije fotona. Kontrast nije jedina stvar koju se mora uzeti u obzir pri odabiru spektra za određeni postupak. Spektar također utječe na prodiranje kroz dijelove tijela koji se snimaju. Ovo ima značajan utjecaj na dozu radijacije pacijenta. Također, kako prodiranje kroz dio tijela je smanjeno tako se količina radijacije potrebne iz rendgenske cijevi povećava s rezultatom povećanog zagrijavanja cijevi.

U radiografiji, posebno mamografiji zadatak je odabrati snop x-zraka koji pruža optimalan balans između kontrasta i doze. Oba faktora ovise o energiji fotona. Ako uzmemo u obzir odnos kontrast po dozi saznajemo da se mijenja kako se krećemo po skali energije fotona. Pri vrlo niskim energijama kontrast je visok, ali prodiranje u određenom dijelu tijela je vrlo slabo što rezultira visokom dozom za pacijenta. Na višim fotonskim energijama prodiranje u dijelove tijela je povećano i doza je smanjena, ali kontrastnost opada. Za svaki radiografski postupak i određene anatomske dijelove koristimo optimalnu energiju x-zraka s ciljem da ona proizvede najbolji kontrast u odnosu na dozu. Zadatak je postavljanje faktora tehnike snimanja za proizvodnju optimalnog spektra. Sjetimo se da spektar određuju 3 faktora: materijal anode rtg cijevi, filtriranje snopa x-zrake, kilovolti. Budući da se većina rtg pregleda izvodi s cijevi anode od tungstena prvi faktor se ne može koristiti za podešavanje kontrasta. Iznimka je korištenje anode od molibdena i rodija u mamografiji. Većina rendgenskih aparata za opću radiografiju i fluroskopiju imaju u suštini istu količinu filtriranja, nekoliko mm od aluminijske. Dvije iznimke su molibden i rodij. U većini postupaka kilovolti su jedini faktor koji se može mijenjati od strane operatera. Radiografski pregledi se obavljaju s kilovoltima vrijednosti u rasponu od 24 kV u mamografiji do približno 140 kV za snimku prsišta. Izbor kilovolta za određeni postupak snimanja se obično upravlja kontrastnim potrebama, ali i drugim potrebama kao što je izlaganje pacijenta. Fotoelektrični i Comptonov efekt u interakciji doprinose formiranju kontrasta slike. Interakcija pri Comptonovom efektu određena je gustoćom tkiva i ovisi jako malo o atomskom broju tkiva ili energiji fotona. Stopa optičkih interakcija je jako ovisna o atomskom broju materijala i energiji fotona x-zraka. To znači da kada je kontrast proizveden od razlike atomskog broja objekta i okolnog tkiva

količina kontrasta je vrlo ovisna o energiji fotona. Ako je kontrast proizveden od razlike u gustoći (Compton interakcije) on će biti relativno neovisan o energiji fotona. Promjenom kilovolti dolazi do značajne promjene u kontrastu kada su uvjeti povoljni za fotoelektrične interakcije. U materijalima s relativno malim atomskim brojem (meka tkiva i tjelesne tekućine) ta promjena je ograničena na relativno niske vrijednosti kilovolti. Međutim kontrast proizveden višim atomskim brojem materijala kao što su kalcij, jod, barij ima mnogu veći raspon kV vrijednosti.

### 4.3. Usporedba kontrastne rezolucije CT uređaja i klasičnih RTG uređaja

Već smo spomenuli kako nam kvalitetna slika daje što vjerniji prikaz snimanog objekta. Kvaliteta slike može se opisati s 5 karakteristika: prostorna rezolucija, šum, linearnost, artefakti i za nas najvažnija kontrastna rezolucija. Kontrastna rezolucija predstavlja sposobnost razlučivanja područja malene razlike u gustoći, ona opisuje svojstvo razlikovanja sličnih tkiva. Kada uspoređujemo CT i klasični RTG uređaj vidimo kako CT ima veću kontrastnu rezoluciju u odnosu na klasičnu radiografiju (Slika 8). Na klasičnim radiološkim snimkama možemo razlikovati tvari iste debljine koje se razlikuju u gustoći oko 10%, dok je CT u mogućnosti razlikovati tvari čija je razlika u gustoći i do 0.25%. Kontrastna rezolucija se poboljšava korištenjem: većih mA, manjih kV, oslikavanjem debljih slojeva, smanjenjem raspršenog zračenja, nižom razinom šuma, obradom slike, većom bitmapom. Kada snimamo tanje slojeve dolazi do povećanja šuma što automatski dovodi do smanjenja kontrastne rezolucije. Tako dolazimo do zaključka kada je debljina sloja manja doza zračenja mora biti povećana (povećanjem mAs) da bi se održala ista razina šuma kao s debljim slojevima. CT ipak koristi i visoke kV jer to pomaže smanjenju doze za pacijenta smanjujući količinu zračenja koju apsorbira pacijent. CT je u stanju održavati visoku kontrastnu rezoluciju zbog uskog snopa rendgenskih zraka pri kolimaciji koja pruža izvrsno smanjenje raspršenog zračenja. Kontrastna rezolucija se može poboljšati filterom za zaglađivanje rekonstrukcija (eng. *Smoothing Reconstruction Filter*). Visoka kontrastna rezolucija je presudna za detekciju žarišnih lezija parenhimskih organa jer su oni denzitetom slični zdravom tkivu.



Slika 8. Prikazana je usporedba slike klasičnog RTG uređaja te CT uređaja. (Izvor: nastavni materijal)

## 5. Zaključak

Denzitet i kontrast su vrlo važni faktori u stvaranju radiološke slike, za koju smo u uvodu naveli da je najvažniji medicinski dokument na odjelu za radiologiju. Iako govorimo o dva različita faktora mogli smo uočiti njihovu usku povezanost i međusobnu ovisnost pri stvaranju radiološke slike. Denzitet ili radiološka gustoća prikazuje nam dozu zacrnenja na radiološkoj slici. Na sam denzitet utječe bezbroj čimbenika u radiologiji koji ovise o aparatu, pacijentu, rendgenskom filmu i slično. No, kao najvažniji čimbenik istaknuti ćemo mAs jer pomoću njih možemo utjecati na denzitet neovisno o ostalim čimbenicima. Za razliku od denziteta koji nam prikazuje dozu zacrnenja na filmu kontrast nam omogućuje bolju uočljivost detalja. Kontrast također ovisi o mnogo čimbenika kao i denzitet, ali sigurno najvažniji za kontrast su kilovolti. Za kvalitetniji kontrast moramo koristiti niže kilovolte iako će to uzrokovati slabije prodiranje, nizak raspon u gustoći, ali ćemo imati i manje raspršenog zračenja što nam je važno u zaštiti pacijenta od bespotrebnog zračenja. Na samom kraju moramo istaknuti kako kod ova dva faktora veliku prednost ima digitalna radiologija naspram analogne zbog razlike u dinamičkoj širini.

## 6. Literatura

1. Miletić, D. Radiografija skeleta, Rijeka:Glos, 2008.
2. Strugačevac, P. Teorijska osnova MRI tehnike, Osijek:Klinička bolnica Osijek
3. Janković, S., Mihanović, F., Punda, A., Radović, D., Barić, A., Hrepić, D. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Split:Sveučilište u Splitu, 2015.
4. Janković, S., Mihanović, F. Uvod u radiologiju, Split:Sveučilište u Splitu, 2013.
5. [https://books.google.hr/books?id=nVIPAQAAQBAJ&pg=PA34&lpg=PA34&dq=radiographic%20density&source=bl&ots=7YsTTX1KD9&sig=wyeFS3-bdwlcWbM9IMXjVe\\_wV38&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwji1N2OpqDNAhUL1RoKHdMhB3w4FBDoAQgqMAI#v=onepage&q=radiographic%20density&f=false](https://books.google.hr/books?id=nVIPAQAAQBAJ&pg=PA34&lpg=PA34&dq=radiographic%20density&source=bl&ots=7YsTTX1KD9&sig=wyeFS3-bdwlcWbM9IMXjVe_wV38&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwji1N2OpqDNAhUL1RoKHdMhB3w4FBDoAQgqMAI#v=onepage&q=radiographic%20density&f=false)
6. <https://www.nde-ed.org/>
7. [www.sprawls.org](http://www.sprawls.org)
8. <https://rsstudents.files.wordpress.com/>
9. [www.columbia.edu](http://www.columbia.edu)
10. [www.mccc.edu](http://www.mccc.edu)
11. Nastavni materijal

## 7. Sažetak

Medicinska radiologija je grana medicine koja koristi različita zračenja u svrhu dijagnostike i liječenja. Radiologija za svoj osnovni dokument koristi radiološku sliku. Radiološka slika je osnova za postavljanje određene dijagnoze u radiologiji. Kako bih smo bili sigurni da je slika kvalitetna moramo poznavati faktore koji na nju utječu. Ovaj rad svoju bazu pronalazi u dva najvažnija faktora pri stvaranju slike, a to su denzitet i kontrast. Denzitet ili radiološka gustoća je mjera stupnja zacrnenja na filmu. Denzitet je u osnovici određen ekspozicijom, odnosno saznajemo da su mAs primarni u kontroli denziteta. Za vidljivu promjenu u denzitetu moramo promijeniti mAs 30% od početne vrijednosti. Iako su mAs primarni u kontroli denziteta važno je istaknuti kako nikakva količina mAs nikad neće kompenzirati nedovoljne kilovolte. Kilovolti i mAs nisu jedini čimbenici koji utječu na denzitet, pa za kvalitetan prikaz moramo obratiti pažnju i na ostale čimbenike koji utječu na denzitet pri stvaranju slike (automatska kontrola ekspozicije, udaljenost izvora, objekta i receptora slike, rešetka, filtri, kolimacija, učinak anode). Drugi faktor koji smo opisali za stvaranje radiološke slike je kontrast. Kontrast definiramo kao razliku u gustoći dvaju susjednih tkiva. Radiološka kontrastnost na prvom mjestu ovisi o kilovoltima. Kako bih smo dobili kvalitetan kontrast koristimo niže vrijednosti kilovolta. Vidljivu promjenu u kontrastu nećemo imati dok ne promijenimo početnu vrijednost za 15%. Vrlo važan je kontrast objekta snimanja, jer anatomske strukture moraju imati svoj fizički kontrast kako bih bile vidljive na radiološkoj slici. Osim kontrasta objekta na radiološki kontrast utječe i vrsta receptora na kojem slika ostaje zabilježena. Znamo da film kao glavno ograničenje nosi relativno malu dinamičku širinu naspram fosfornih ploča i izravnih digitalnih metoda. Sve slike moraju proći određeni oblik obrade. Kada govorimo o obradi filma važno je pripaziti na kemijski sastav razvijaa, vrijeme razvijanja i temperaturu jer o njima ovisi kvaliteta slike pa tako i kontrasta. Za svaki radiološki postupak koristimo optimalnu energiju x-zraka sa ciljem da proizvedemo sliku s najboljim kontrastom u odnosu na dozu. Uspoređujući CT i klasičan RTG uređaj vidimo kako CT ima bolju kontrastnu rezoluciju. Ovakav zaključak nas ne čudi jer znamo da CT može prikazati razlike u gustoći i do 0.25%, dok klasični RTG uređaj može prikazati razliku u gustoći do 10%. Na kraju možemo reći da su denzitet i kontrast dva usko povezana faktora koja utječu na kvalitetu radiološke slike, a ujedno nam omogućuju bolju uočljivost detalja



## 7.1. Abstract

Medicine radiology is a branch of medicine that uses different radiation for the purpose of diagnostic and treatment. Radiology for its basic documents uses radiological image. Radiographic image is the basis for setting specific diagnosis in cardiology. To ensure that image is quality we need to know the factors that affect it. This work finds its base in the two most important factors when creating the image such as density and contrast. Density or radiological density is a measure of the degree of opacity on film. Density is basically determined by the exposure, a purpose we learn that the mAs are primary in density control. For a visible change in the density we need to change the mAs for 30% of the initial value. Although the mAs are primary density control it is important to point out that no amount of mAs will ever compensate insufficient kilovolt. Kilovolt and mAs are not the only factors affecting the density, so for the best quality we have to pay attention to other factors affecting the density to create image (automatic exposure control, distance of source, object and image receptor, grilles, filters, collimation, anode effect.). Second factor that we described to create a radiological image is contrast. Contrast is defined as difference in density of the two adjacent tissue. Radiological contrast in the first place depends on kilovolts. In order to get a quality contrast we use lower values kilovolts. Visible change in contrast we will not have until we change the initial value for 15%. The contrast of the subject is very important because the anatomical structures must have its physics contrast that would be visible on the radiographic image. Beside the contrast of the object the radiological contrast depends on the type of receptors on which the image remains recorded. We know that movis as the major limitation carries relatively little dynamic width versus phosphorous plates and direct digital methods. All images must undergo certain forms of treatment. When we talk about the processing of the film it is important to keep an eye on the chemical composition of the developer, time of developing and temperature because of them depends the image quality including the contrast. For each radiological procedure we are using an optimal energy of x-rays in order to produce an image with the best contrast in relation to the dose. Comparing CT and conventional X-ray device we see that CT device has better contrast resolution. This conclusion is not surprise for us because we know that CT can show difference in density up to 0.25%, while conventional X-ray can show difference in density up to 10%. In the end we can say that the density and contrast are two closely related factors that affect the quality of the radiological image, and also allow us better visibility of details.

## 8. Životopis

### Osobni podaci:

**Ime i prezime:** Antonia Zanze

**Datum, godina i mjesto rođenja:** 27.10.1993., Split

**Državljanstvo:** Hrvatsko

**Adresa:** Gotovčeva 3

**E-mail:** [azanze5@gmail.com](mailto:azanze5@gmail.com)

### Obrazovanje i osposobljavanje:

2000. – 2008. Osnovna škola Pujanki, Split

2008. – 2012. Zdravstvena škola Split – Fizioterapeutski tehničar

2013. – 2016. Sveučilišni odjel zdravstvenih studija Split, Radiološka tehnologija

Kroz tri godine na studiju jako bitan čimbenik uz teorijsko znanje je bila ljetna praksa. Ljetna praksa mi je omogućila prvenstveno kvalitetu rada u odnosu sa ljudima. Također mi se pružila mogućnost obavljanja teorijskih znanja u praktičnom obliku. Smatram da je ovaj sveučilišni smjer jako kvalitetan za produbiti svoja znanja iz anatomije, fizike, tehnologije i međuljudskih odnosa.