

# Specifičnost radiološke dijagnostike pedijatrijskih bolesnika

---

**Sladaković, Dora**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:176:980533>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-15**

*Repository / Repozitorij:*



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija  
SVEUČILIŠTE U SPLITU

[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

**Dora Sladaković**

**SPECIFIČNOST RADIOLOŠKE DIJAGNOSTIKE  
PEDIJATRIJSKIH BOLESNIKA**

**Završni rad**

Split, 2017. godine

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

**Dora Sladaković**

**SPECIFIČNOST RADIOLOŠKE DIJAGNOSTIKE  
PEDIJATRIJSKIH BOLESNIKA**

**SPECIFICITY OF RADIOLOGIC DIAGNOSTICS OF  
PEDIATRIC PATIENTS**

**Završni rad/Bachelor's Thesis**

Mentor:

**Doc. dr. sc. Maja Marinović Guić, dr. med.**

Split, 2017. godine

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Doze zračenja.....	1
1.2. Biološki učinci zračenja.....	2
1.2.1. Učinci djelovanja zračenja kod djece.....	4
1.3. Zaštita od zračenja .....	4
2. CILJ RADA .....	6
3. DIJETE KAO PACIJENT .....	7
3.1. Uloga radiološkog tehnologa u radiografiji djece.....	7
3.2. Komunikacija s djecom i roditeljima.....	10
3.3. Informirani pristanak i prava djeteta kao pacijenta.....	12
4. POZICIONIRANJE I IMOBILIZACIJA .....	14
4.1. Podmetači od spužve.....	15
4.2. Vrećice s pijeskom.....	15
4.3. Imobilizacijske vrpce .....	16
4.4. Stezaljke za glavu .....	17
4.5. Metalni blokovi.....	17
4.6. Tehnika mumificiranja.....	17
4.7. „Pigg-o-statt“® .....	18
4.8. Daska za imobilizaciju s kompresijskim trakama.....	19
5. KONVENCIONALNA RADIOGRAFIJA .....	20
5.1. Posebnosti radiografije djece .....	21
5.2. Tehnika snimanja i parametri ekspozicije .....	21
5.2.1. Veličina polja i kolimacija .....	23
5.2.2. Filtracija snopa .....	23
5.2.3. Fokus-film udaljenost.....	24
5.2.4. Vrijeme ekspozicije.....	24
5.2.5. Automatska kontrola ekspozicije .....	24
5.2.6. Napon rendgenske cijevi .....	25
5.2.7. Rešetke .....	25

6. KOMPJUTORIZIRANA TOMOGRAFIJA .....	27
6.1. Pedijatrijski CT protokoli .....	28
6.1.1. Napon i struja rendgenske cijevi .....	28
6.1.2. Rotacija cijevi.....	29
6.1.3. Debljina sloja.....	29
6.1.4. Field of view (FOV).....	29
6.1.5. Automatska kontrola ekspozicije .....	30
6.1.6. Pitch.....	30
6.1.7. Bowtie filteri .....	30
7. MAGNETSKA REZONANCIJA .....	31
7.1. Magnetska rezonancija pedijatrijskih pacijenata .....	32
7.1.1. Anatomske i fiziološke posebnosti pedijatrijskih pacijenata .....	32
7.1.2. Sedacija .....	32
7.1.3. Tehnike snimanja, protokoli i sekvence .....	33
8. ULTRAZVUK.....	35
8.1. Ultrazvučna dijagnostika u pedijatriji.....	35
9. ZAKLJUČAK.....	37
10. LITERATURA .....	38
11. SAŽETAK .....	41
12. SUMMARY .....	42
13. ŽIVOTOPIS .....	43

# 1. UVOD

Radiologija je grana medicine koja se bavi primjenom različitih vrsta zračenja u dijagnostičke i terapijske svrhe. Nakon što je Wilhelm Conrad Röntgen 1895. godine otkrio rendgenske zrake, odmah je započela njihova široka primjena u raznim područjima i djelatnostima. Od tada, radiologija doživljava brz razvoj koji ne jenjava ni danas. Njen napredak u značajnoj je mjeri unaprijedio zdravlje ljudi, omogućujući pacijentima sve kvalitetniju skrb i točne dijagnoze, ali s druge strane razvojem radiologije raste i njena svakodnevna upotreba i stvara se problem predijagnosticiranja. Danas gotovo da i ne postoji algoritam pretraga koji ne uključuje barem jednu radiološku metodu. To je dovelo do toga da u svijetu, pa tako i kod nas, najveća doza zračenja stanovništva koja dolazi iz umjetnih izvora zračenja otpada na radiološke dijagnostičke metode. Prema statistici, u svijetu se svake godine povećava broj izvođenih radioloških pretraga, te se pojedinca, ali i ukupno stanovništvo izlaže sve većim dozama zračenja. Važno je osvijestiti da je svaka doza zračenja, pa čak i ona najmanja, potencijalno štetna! Bitne karakteristike zračenja su latencija i kumulativnost, odnosno potreban je određeni vremenski period od izlaganja zračenju do pojave prvih simptoma kao i da se sve doze zračenje primljene tijekom života zbrajaju (1).

Zbog navedenih razloga, posebnu pažnju na reduciranje broja nepotrebnih i optimiziranje izvođenih pretraga potrebno je posvetiti specifičnoj skupini pacijenata, a to su djeca! Ona su zbog svoje tjelesne građe osjetljivija na djelovanje ionizirajućeg zračenja od odraslih (2). Kako bi to bolje razumjeli u nastavku ću navesti osnovne doze zračenja kao i glavne biološke učinke zračenja na tijelo čovjeka.

## 1.1. Doze zračenja

U radiologiji postoji veliki broj različitih doza zračenja, a najvažnije su: ekspozicijska, apsorbirana, efektivna i ekvivalentna doza zračenja (1).

Ekspozicijska doza predstavlja količinu zračenja kojoj je čovjek izložen, tj. broj oslobođenih iona po jedinici mase tkiva. Mjerna jedinica ekspozicijske doze je 1 kulon po kilogramu (1 C/kg), a stara jedinica bila je 1 Rentgen (1 R) (1).

Apsorbirana doza predstavlja količinu pohranjene (apsorbirane) energije na određenu masu tkiva. Mjerna jedinica apsorbirane doze je 1 Gray (1 Gy), a stara jedinica bila je 1 rad (1).

Ekvivalentna doza opisuje biološki učinak različitih vrsta zračenja. Računa se kao umnožak apsorbirane doze i faktora kvalitete snopa zračenja. Mjerna jedinica ekvivalentne doze je 1 Sievert (1 Sv), a stara jedinica bila je 1 rem (1).

Efektivna doza uvedena je iz razloga što različita tkiva nisu jednako osjetljiva na zračenje. Računa se kao umnožak ekvivalentne doze sa tkivnim težinskim koeficijentom. Mjerna jedinica je 1 Sievert (1 Sv), a stara jedinica bila je 1 rem. Kolektivna efektivna doza predstavlja ukupnu dozu zračenja kojoj je izložena određena populacija, a računa se kao zbroj svih pojedinačnih efektivnih doza (1).

Prema tome, kada dio tijela izložimo ionizirajućem zračenju, različiti organi i tkiva prime istu ekspozicijsku, ali različitu apsorbiranu dozu zbog različite osjetljivosti pojedinih tkiva na zračenje (1).

Potencijalni biološki učinci zračenja ovise i o tome u kolikom vremenskom intervalu tijelo čovjeka primi određenu dozu zračenja te ovisno o tome razlikujemo akutnu i kroničnu dozu zračenja. Akutna doza je velika doza zračenja primljena na cijelo tijelo čovjeka u kratkom vremenskom periodu. Suprotno tome, kronična doza je mala doza zračenja koju tijelo prima tijekom dužeg vremenskog perioda (3).

## **1.2. Biološki učinci zračenja**

Sve promjene koje nastaju na stanicama kao posljedica izlaganja zračenju nazivamo biološkim učincima zračenja. Elektromagnetske valove ovisno o frekvenciji i energiji možemo podijeliti na ionizirajuća i neionizirajuća zračenja (1).

Ionizirajuća zračenja pripadaju skupini elektromagnetskih valova, u koje ubrajamo i rendgenske zrake, a njihova karakteristika je da imaju dovoljnu energiju fotona da izazovu ionizaciju. Kada stanicu izložimo djelovanju ionizirajućeg zračenja dolazi do unosa energije u stanicu pri čemu nastaju različite promjene, dolazi do ionizacije odnosno pretvaranja neutralnih atoma i molekula u električki nabijene čestice – ione.

Dva su moguća procesa ionizacije: izravna i neizravna ionizacija. Procesom izravne ionizacije nazivamo interakciju zračenja s vitalnim strukturama stanice. U procesu neizravne ionizacije dolazi do radiolize odnosno međudjelovanja zračenja s molekulama vode. Tom reakcijom nastaju slobodni radikali koji stupaju u kemijske reakcije s okolnim molekulama i tako dovode do oštećenja stanice. Molekule vode su najzastupljenije u ljudskom tijelu i upravo zato najveći broj oštećenja nastaje upravo procesom neizravne ionizacije (1).

Nisu sve stanice jednako osjetljive na zračenje. Tako su na zračenje osjetljivije stanice koje se brzo dijele, imaju brže metaboličke procese kao i tkiva građena od nediferenciranih stanica i obrnuto. Također, svako djelovanje zračenja ne mora nužno značiti i nepopravljivu staničnu štetu (1). Četiri su moguća učinka zračenja na stanicu: 1) zračenje ne uzrokuje stanično oštećenje, 2) zračenje uzrokuje stanično oštećenje, ali šteta se može popraviti, 3) zračenje uzrokuje stanično oštećenje, ali šteta se ne može popraviti i stanica nastavlja funkcionirati poremećeno i 4) zračenje uzrokuje smrt stanice uslijed prevelike doze zračenja ili nepovratnog oštećenja mehanizama oporavka stanice (3).

Težina bioloških oštećenja ovisi o mnogo čimbenika, među kojima su: vrsta zračenja, vremenska raspodjela doze, prostorna raspodjela doze, apsorbirana doza zračenja, individualna osjetljivost na zračenje i životna dob (2). Dokazano je da ionizirajuće zračenje može djelovati štetno, karcinogeno i mutageno. Ovisno o dozi zračenja razlikujemo dvije skupine oštećenja – stohastička i deterministička. Stohastička ili linearno ovisna oštećenja su ona oštećenja koja se javljaju i kod primjene malih doza zračenja, odnosno ne postoji minimalna doza zračenja koja garantira da se oštećenje neće javiti. Deterministička oštećenja ovisna su o dozi zračenja zato ih nazivamo i „prag ovisna oštećenja“. Ona nastaju nakon izlaganja određenoj dozi zračenja ispod koje se vjerojatno neće pojaviti (3).

S druge strane, uređaj za magnetsku rezonanciju i ultrazvučni aparat rade na principu neionizirajućih zračenja. To su elektromagnetski valovi koji prolazom kroz tvar ne izazivaju ionizaciju atoma i molekula. Zbog različitog principa djelovanja, ne proizvode iste učinke kao ionizirajuća zračenja i općenito ih se smatra „bezopasnim zračenjima“. Zbog toga, u algoritmu pretraga imaju prednost pred metodama koje koriste ionizirajuće



zračenje, naročito kod djece. Međutim neionizirajuća elektromagnetska zračenja također mogu imati štetni utjecaj na čovjeka. Mogući štetni utjecaji su: termalni (zagrijavanje tkiva izloženog djelovanju zračenja), pojava lokalnih lezija, nekroza, katarakta te psihološki učinci (klaustrofobija). Za sada ne postoji dovoljno informacija ili pouzdanih dokaza o štetnosti primjene magnetne rezonancije ili ultrazvuka u medicinske svrhe, ali vrijeme kliničkih promatranja je možda prekratko (1)!

### **1.2.1. Učinci djelovanja zračenja kod djece**

Djeca su osjetljivija na djelovanje zračenja od odraslih. Jedan od razloga je taj što su stanice i tkiva koja se ubrzano dijele osjetljivija na zračenje od neaktivnih stanica sa sporijim metabolizmom. Zato novorođenčad i mala djeca, koja su u procesu aktivnog rasta i razvoja, imaju veći rizik od izlaganja zračenju. Hematopoetske stanice koštane srži, koje se vrlo brzo obnavljaju te su iz tog razloga izrazito osjetljive na djelovanje zračenja, kod djece su, za razliku od odraslih, prisutne u čitavom koštanom sustavu i time izložene djelovanju zračenja pri svakom radiološkom snimanju. Također, organizam djeteta ima veći sadržaj vode što znači da se veća količina zračenja apsorbira i raspršuje te rezultira oštećenjima uzrokovanim neizravnim procesima ionizacije, radiolizom i stvaranjem slobodnih radikala. Nakon što su izložena zračenju, djeca pred sobom imaju dug životni vijek u kojem je, zbog latencije i kumulativnosti zračenja, moguće ispoljavanje ne samo ranih već i kasnih posljedica zračenja. Oblik i proporcije dječjeg tijela neizbježno znače da će veliki dio tijela biti izložen primarnom snopu rendgenskog zračenja te stoga i više izložen djelovanju raspršenog zračenja. Naposljetku, očekivana slaba suradnja i nemir djeteta pri izvođenju radioloških postupaka često znači veći broj ponavljanih snimanja, a time i veću dozu zračenja (2).

### **1.3. Zaštita od zračenja**

Zaštita od zračenja podrazumijeva skup svih mjera i postupaka kojima se izlaganje zračenju pojedinca i populacije nastoji svesti na najmanju moguću mjeru. Postoje brojni oblici zaštite od zračenja. U Republici Hrvatskoj, zakonodavna zaštita od zračenja regulirana je *Zakonom o zaštiti od zračenja* i *Pravilnikom o zaštiti od zračenja* iz 1999.

godine. Zakonom je definirano i projektiranje i izgradnja radioloških ustanova, odjela i prostorija u kojima će se raditi s različitim izvorima zračenja (1).

Osnovno načelo zaštite od zračenja je A.L.A.R.A. princip (eng. *As Low As Reasonably Achievable*). To znači da doza zračenja mora biti niska koliko je to razumno moguće odnosno mora biti primijenjena najmanja moguća doza zračenja, a da se pri tome ne umanjuje dijagnostička dobit pacijenta (1).

A.L.A.R.A. princip obuhvaća tri sigurnosne mjere kojih se moraju pridržavati svi zdravstveni djelatnici koji rade s izvorima zračenja, kao i pacijenti. To su: 1) udaljenost, 2) vrijeme i 3) zaštitna sredstva. Budući da intenzitet zračenja opada s kvadratom udaljenosti, doza zračenja će biti manja ako je udaljenost od izvora veća. Isto tako, doza će biti manja ako je vrijeme izlaganja zračenju kraće. Obavezna je i primjena zaštitnih sredstava, zaštitne mogućnosti jednakovrijedne učinku 0,5 mm olova u dijagnostičkoj radiologiji, koja smanjuju izloženost zračenju. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu medicinskih djelatnika i pacijenata su: zaštitna pregača, zaštitne naočale, zaštitne rukavice, štitnici za vrat te štitnici za gonade (1) (Slika 1).



**Slika 1.** Osobna zaštitna sredstva. Izvor:

[https://www.google.hr/search?q=lead+apron+and+gloves&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj184\\_5k9TUAhVI1RQKHaG7DFUQ\\_AUIBigB&biw=1920&bih=950#imgrc=3WCkoVWIDYeg5M](https://www.google.hr/search?q=lead+apron+and+gloves&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj184_5k9TUAhVI1RQKHaG7DFUQ_AUIBigB&biw=1920&bih=950#imgrc=3WCkoVWIDYeg5M)

## **2. CILJ RADA**

Cilj ovog završnog rada je:

- prikazati posebnosti pedijatrijskih bolesnika kao jedne od najzahtjevnijih skupina pacijenata
- ukazati na mogućnosti modifikacije različitih radioloških metoda kod pedijatrijskih pacijenata

### **3. DIJETE KAO PACIJENT**

Dijete je, prema UN-ovoj Konvenciji o pravima djeteta, svaka osoba mlađa od 18 godina (4). Pretpostavlja se da s tom dobi osoba postiže dovoljnu razinu zrelosti i sposobnosti kako bi mogla samostalno donositi odluke. Takvu razinu zrelosti osoba postiže rastom i razvojem. Rast je progresivni razvoj ljudskog bića što u medicinskom smislu podrazumijeva anatomske i psihološke promjene koje se događaju od najranije dobi do zrelosti. Djeca iste dobi mogu biti različitog rasta i razvoja što znači da će svako dijete u različitim situacijama reagirati na svoj jedinstven način. To je naročito vidljivo u stresnim situacijama u koje svakako ubrajamo i odlazak u bolnicu (5).

Odlazak u bolnicu kod djeteta može pobuditi različite osjećaje potaknute brojnim čimbenicima, na primjer strahom od nepoznatog ili odvajanjem od obitelji. Pokazalo se da dječji stavovi o bolnici mogu biti pozitivni i negativni. Za neku djecu, bolnica je mjesto gdje očekuju pomoć ili oporavak od bolesti ili ozljede. Druga djeca, zbog straha od nepoznatog, medicinsko osoblje i bolnicu doživljavaju kao prijeteće mjesto povezano s osjećajima boli i anksioznosti (4). Iz tog razloga, pri odlučivanju o najprimjerenijem pristupu zdravstvenoj skrbi najvažnije je poštivati djetetovu individualnost (5).

#### **3.1. Uloga radiološkog tehnologa u radiografiji djece**

Radiološki odjel karakterizira visoka tehnološka opremljenost koja je rezultat implementacije digitalnih sustava za stvaranje slike i naprednih uređaja u cilju povećanja kvalitete zdravstvenih usluga u brojnim radiološkim dijagnostičkim metodama i intervencijskim zahvatima. Razvoj radiologije ne uključuje samo razvoj modernih digitalnih tehnika, već i cjeloživotno usavršavanje radioloških tehnologa s ciljem unapređenja kao i stjecanja novih znanja i vještina (4).

Radiološka struka treba djelovati sukladno ljudskim pravima te pravu pojedinca na život. Radiološki tehnolog dužan je poštovati pravo pojedinca na autonomiju te štiti integritet i dostojanstvo pacijenta u pokušaju olakšavanja nelagode te ublažavanja boli tijekom radiološkog pregleda. Također je obavezan pružiti pacijentu adekvatne informacije o pregledu i liječenju. Tijekom izvođenja radiološkog pregleda, radiološki tehnolog odgovoran je za pacijenta i kvalitetu pružene zdravstvene skrbi, radiološku

opremu te učinkovitu primjenu mjera zaštite od ionizirajućih i neionizirajućih zračenja. Sve to dodatno dobiva na značaju kada su pacijenti djeca (1).

Djeca su jedna od najzahtjevnijih skupina pacijenata koja predstavljaju veliki izazov za radiološkog tehnologa. Za radiološke tehnologe ne postoji specijalna obuka iz pedijatrije. Također, radiološki tehnolozi mogu imati vrlo malo iskustva u radu s djecom budući da se s njima susreću samo povremeno tijekom radnog vijeka. Ključ uspješnog radiološkog pregleda leži u postignutoj suradnji i uspostavljenom povjerenju između radiološkog tehnologa i djeteta (4). Nakon što je suradnja postignuta, novi izazov je zadržati dijete mirno tijekom snimanja. Za razliku od rendgenske snimke za koju je potrebno nekoliko sekundi, neki pregledi traju znatno duže, npr. prosječno snimanje magnetskom rezonancijom traje od 45 do 60 minuta. Osiguranje mirovanja djeteta postiže se različitim načinima, a glavnu ulogu imaju njegovi roditelji. Dijete će biti mirnije ako jedan roditelj ostane s njim u dijagnostici za vrijeme snimanja. Pri tome obavezno je zaštititi roditelja olovnom pregačom. Maloj djeci potrebno je dopustiti i da za vrijeme radioloških postupaka zadrže svoju igračku ili drugi poznati predmet koji će umiriti i utješiti dijete. Također, za umirivanje djeteta koriste se različita tehnička i imobilizacijska pomagala, ali ona mogu dodatno povećati djetetov strah i tjeskobu (6).

Stvaranje okruženja u kojem se dijete osjeća ugodno predstavlja izazov za svaku bolnicu. Djeci je potrebno poticajno okruženje s nečim što će im zaokupiti pažnju dok čekaju pregled. Poželjno je da zidovi na radiološkom odjelu budu obojani i oslikani na kreativan način prilagođen djeci (Slika 2). Budući da je prvo okruženje s kojim se pacijenti susreću na radiološkom odjelu čekaonica, namještaj treba biti prilagođen i djeci i roditeljima. Za djecu su potrebne male stolice, stol na kojem dijete može crtati i bojati te razne igračke (Slika 3). S obzirom da su djeca vrlo osjetljiva na razne infekcije, radiološka čekaonica i dijagnostika mora uvijek biti čista i uredna. Radiološki tehnolog trebao bi oprati ruke prije i nakon svakog pregleda i očistiti i dezinficirati stol za snimanje i sve korištene kazete (6).



**Slika 2.** Oslikana radiološka dijagnostika. Izvor:

[https://www.google.hr/search?q=children+radiology&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi\\_vemDh9HUAhVF1BoKHYl6D7MQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=Rb26pylqtZxi7M](https://www.google.hr/search?q=children+radiology&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi_vemDh9HUAhVF1BoKHYl6D7MQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=Rb26pylqtZxi7M)



**Slika 3.** Čekaonica prilagođena djeci. Izvor:

[https://www.google.hr/search?q=children+waiting+room&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiUnYCth9HUAhVLnBoKHb9uB7cQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=6P-tH5-446Y4\\_M](https://www.google.hr/search?q=children+waiting+room&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiUnYCth9HUAhVLnBoKHb9uB7cQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=6P-tH5-446Y4_M)

### **3.2. Komunikacija s djecom i roditeljima**

Komunikacija s pacijentom je početna, ali ujedno i najvažnija faza radiološkog postupka. Uspješnom komunikacijom postiže se suradnja radiološkog tehnologa i pacijenta, smanjuje se vjerojatnost pogreške kao i potrebe za ponavljanjem snimki te se dobivaju radiogrami visoke kvalitete koje vode do točne i pouzdane radiološke dijagnoze (4).

Uspostavljanje povjerenja između radiološkog tehnologa i pacijenta naročito je ključno kada su u pitanju djeca. Nužan preduvjet uspostavljanja povjerenja je iskrenost. Djeca lakše podnose stresne situacije ako razumiju što se događa i ako imaju podršku osoba koje ih okružuju. Za uspješnu komunikaciju s djecom potrebno je procijeniti i prilagoditi način komuniciranja svakom djetetu posebno ovisno o njegovoj razini razumijevanja. Upute i informacije o pregledu potrebno je prenijeti na jednostavan i razumljiv način, a u komunikaciji se preporuča izbjegavati medicinske izraze, komplicirane riječi i preduge rečenice (7).

Pedijatrijski pacijenti mogu se podijeliti prema grupama: novorođenčad, dojenčad, mala djeca, predškolska djeca, školska djeca i adolescenti (8). Ovisno o tome, nužno je način komuniciranja prilagoditi dobi djeteta te njegovoj razini razumijevanja. Također, medicinski djelatnici moraju voditi računa i o neverbalnoj komunikaciji koja je jednako važna kao i verbalna, naročito kod male djece (7).

Novorođenče uči tako što promatra okoliš, te na sve novo i nepoznato reagira plačem. Ono u svakom trenutku zahtijeva ljubav, toplinu i hranu. Budući da verbalna komunikacija nije moguća, glavnu ulogu ima neverbalna komunikacija odnosno izraz lica i ton glasa koji moraju djelovati umirujuće na dijete (7,8).

Dojenče polako postaje svjesno okoline i ljudi koji ga okružuju te na svako nepoznato okruženje, a posebno na odvajanje od roditelja reagira plačem. Zato je potrebno uvijek nastojati da uz dijete ostane barem jedan roditelj tijekom izvođenja radiološkog pregleda. Komunikacija je još uvijek uglavnom neverbalna, ali svejedno treba razgovarati s djetetom (8).

Mala djeca su skupina pedijatrijskih pacijenata koja je najmanje spremna za suradnju. U tom periodu djeca uče hodati, radoznala su, ali još uvijek traže zaštitu od roditelja i ne

vole da ih se ograničava. Razumiju više riječi nego što ih mogu izreći zato je komunikacija izrazito bitna. S njima treba razgovarati, jednostavnim rječnikom, jasno i kratko im objasniti postupak snimanja te ih pripremiti na eventualnu bol ili nelagodu. Prisutnost roditelja ili najdraže igranje također može biti od velike pomoći (8).

Predškolska djeca su dovoljno velika da mogu surađivati tijekom pregleda. Radoznala su i vrlo znatiželjna te nastoje biti neovisna. Ona počinju razumijevati povrijeđenost i bolest, zabrinuta su kada su u nevolji te znaju prepoznati nastojanja drugih da im pomognu. Mogu biti izrazito verbalno komunikativna zato im je potrebno na jednostavan način objasniti postupak pregleda i upoznati ih s opremom koja će se koristiti (8).

Školska djeca su sposobna komunicirati i znaju izraziti svoje osjećaje i frustracije riječima. Mogu razumjeti osnovne upute o pregledu te sukladno njima i surađivati. Zato ih je važno uključiti u razgovor o njihovoj bolesti i planiranim pregledima. Kod njih je još uvijek prisutan strah od nepoznatog te iako se ova djeca mogu doimati prilično samostalnim, još uvijek im je potrebna prisutnost i podrška roditelja (7,8).

Adolescencija je razdoblje prijelaza iz djetinjstva u odraslu dob praćeno mnogim fizičkim i psihičkim promjenama. Stvaranje vlastitog identiteta je ključno u ovom razdoblju zato je adolescentima potrebno omogućiti neovisnost i dopustiti im da sudjeluju u odlučivanju. Adolescentima je izgled izrazito bitan i ne žele se osjećati drugačije od svojih vršnjaka. Iako se mogu doimati odraslima, zdravstveni djelatnik ne smije se prema njima odnositi potpuno jednako kao prema odraslim osobama jer su oni osjetljiviji i ranjiviji od odraslih te obično imaju vrlo malo samopouzdanja. Osnovno načelo komunikacije je da se prema adolescentima odnosimo u skladu s njihovim razvojnim stupnjem, fleksibilno i individualno, poštujući njihovu privatnost i povjerljivost. Radiološki tehnolog mora uzeti u obzir i moguću trudnoću te prije snimanja poduzeti odgovarajuće mjere opreza (7,8).

Zdravstveni djelatnik koji radi s djecom ne treba brinuti samo o djetetu kao pacijentu već i o njegovim roditeljima ili skrbnicima što često predstavlja i najteži dio rada. Roditelj je osoba odgovorna za dijete te je stoga nemoguće provoditi zdravstvenu skrb djeteta bez uključivanja njegovih roditelja. I samo dijete se osjeća sigurnije kada su



roditelji uključeni u planiranje medicinskih postupaka. Roditelji djeteta koje je bolesno ili ozlijeđeno su obično zabrinuti, uplašeni i tjeskobni i te osjećaje najčešće prenose na dijete te ga tako dodatno uznemiravaju. Svoje strahove, nemoć i zabrinutost najčešće iskazuju kritikama i prigovaranjem. Zbog toga je vrlo važno znati s njima komunicirati kako bi se stvorila suradnja zdravstvenog djelatnika s roditeljima koja je vrlo važna za kasniju suradnju s djetetom. Komunikacija je najuspješnija kada zdravstveni djelatnik pokazuje empatiju, strpljivost, profesionalnost, suosjećanje te omogućuje roditeljima da iskažu svoje osjećaje i strahove (7).

### **3.3. Informirani pristanak i prava djeteta kao pacijenta**

Jednim od temeljnih prava djeteta smatramo njegovo pravo na život i zdravlje. Ta prava dijete ne može samostalno štititi bez utjecaja i pomoći odraslih. Drugim riječima, roditelji su odgovorni za život i zdravlje svojega djeteta. Djetetom se, prema Konvenciji o pravima djeteta, smatra svaka osoba koja još nije navršila 18 godina. Kada se dijete nađe u ulozi pacijenta u bolnici, roditelji su zakonski zastupnici djeteta. Zastupanje djeteta podrazumijeva posredno izražavanje djetetove volje, štiteći pri tome prava i interese djeteta. Sukladno tome, roditelji moraju dati pristanak za odlazak djeteta u bolnicu, pristanak na potrebne medicinske pretrage i intervencijske zahvate (9).

Informirani pristanak predstavlja izjavu pacijenta kojom pristaje na određeni medicinski zahvat nakon što ga je liječnik ili neki drugi zdravstveni djelatnik visoke stručne spreme obavijestio o svim potrebnim podacima za donošenje takve odluke. Pacijent ima potpunu slobodu pri odlučivanju čime se omogućuje suradnja liječnika i pacijenta pri odabiru najbolje metode liječenja. Medicinski zahvat može se poduzeti samo ako je pacijent na odgovarajući način informiran o planiranom medicinskom postupku kao i mogućim rizicima i posljedicama koje taj postupak može izazvati. Preduvjet valjanog informiranog pristanka je pacijentova sposobnost odlučivanja i njegova samostalnost u odlučivanju (10).

Pristanak za medicinski postupak umjesto djeteta daje zakonski zastupnik. Zakonski zastupnici mogu biti djetetovi roditelji, posvojitelji ili skrbnik kod djece bez roditeljske skrbi. Liječnik ili drugi zdravstveni djelatnik visoke stručne spreme dužan je

zakonskom zastupniku dati sve informacije na koje i samo dijete ima pravo, odnosno zakonski zastupnik ima sva prava koje ima i dijete. Ipak, zdravstveni djelatnici i zakonski zastupnici ne bi smjeli potpuno isključiti dijete u planiranju medicinske skrbi. Dijete bi moralo, na primjeren način, biti upoznato sa prirodom svoje bolesti i zdravstvenog stanja te planiranim medicinskim zahvatima. Informacija bi morala biti jasna, izrečena na jednostavan način i rječnikom koji dijete s obzirom na dob i stupanj kognitivnog razvoja može razumjeti i sam procijeniti korist i potencijalnu štetu planiranog postupka. Kada se radi o odraslim pacijentima, informacija se može dati usmenim razgovorom ili pisanim oblikom. Isto vrijedi i za zakonske zastupnike. Ipak, kada su u pitanju djeca, sve informacije moraju se dati usmenim razgovorom kako bi bili sigurni da dijete razumije sve potrebne informacije. Nakon što su dijete i zakonski zastupnik upoznati sa svim potrebnim informacijama, zakonski zastupnik potpisuje obrazac o pristanku ili odbijanju određenog medicinskog postupka. Pri konačnoj odluci, trebalo bi uvažiti želje djeteta kao i njegovog zakonskog zastupnika, a u svakom odlučivanju trebala bi prevladati dobrobit, odnosno najbolji interes djeteta (10).

U slučaju neslaganja djeteta s voljom zakonskog zastupnika, postoji mogućnost da zakonski zastupnik nije u stanju brinuti se o interesima djeteta. U tom slučaju, zdravstveni djelatnik obavještava centar za socijalnu skrb koji će po potrebi djetetu dodijeliti posebnog skrbnika (10).

## 4. POZICIONIRANJE I IMOBILIZACIJA

Imobilizacija je postupak koji osigurava nepokretnost snimanog dijela tijela pacijenta. Budući da svaki pokret smanjuje oštrinu i rezoluciju prikaza, imobilizacija predstavlja temeljni uvjet dijagnostičke vrijednosti radiografske snimke. Također, postupak imobilizacije osigurava prikaz određenog dijela tijela u polju snimanja i u zadanom položaju. Ako pacijent nije u stanju zadržati zadani položaj, snimani dio tijela će izaći iz polja snimanja, neće biti prikazan na snimci ili njegov položaj neće biti adekvatan za procjenu i postavljanje dijagnoze. Osim što imobilizacija osigurava kvalitetu prikaza, ona neizravno štiti pacijenta od nepotrebnog zračenja jer minimalizira potrebu ponavljanja snimanja (11).

Pacijenta se može imobilizirati na više načina. Osnovna tehnika imobilizacije je samoimobilizacija pacijenta koja se postiže razgovorom i motivacijom pacijenta na suradnju s radiološkim tehnologom. To je osnovna i polazišna pretpostavka uspješne imobilizacije. Ukoliko pacijent ne može ili ne želi surađivati, što je čest slučaj kod pedijatrijskih pacijenata, kvalitetan radiološki prikaz može se postići jedino uporabom drugih metoda imobilizacije, poput upotrebe jednostavnih sredstava za imobiliziranje ili složenim postupcima imobilizacije koja uključuju anesteziju ili sedaciju (11).

Kao što je već spomenuto u prethodnom poglavlju, na odjelu radiologije djeteta se susreće s nepoznatim osobama, radiološkom opremom, bukom, zamračenim dijagnostikama i odvojeno je od roditelja ili poznatog objekta poput posebne igračke ili dekice. Nastojanja da ih se primiri i ograniče pokreti, djeca mogu doživjeti vrlo zastrašujuće i nelagodno, a ti stresori mogu rezultirati strahom, tjeskobom, boli i prosvjednim ponašanjem. Zato je važno djetetu pružiti podršku i potaknuti suradnju koliko je moguće s obzirom na djetetovu dob i stupanj kognitivnog razvoja (12).

Za pedijatrijske pacijente koji ne mogu surađivati, slijediti upute i umiriti snimani dio tijela, obavezna je primjena jednostavnih ili složenih metoda imobilizacije (11). Najjednostavniji oblik imobilizacije uključuje upotrebu materijala i opreme koji se uobičajeno nalaze u većini radioloških dijagnostika: trake, vreće s pijeskom, podmetači od spužve, plahte itd., a za djecu se upotrebljavaju i posebna mehanička sredstva za imobilizaciju. Složeni postupci imobilizacije, u koje ubrajamo sedaciju i anesteziju,

najčešće se primjenjuju kod snimanja kompjuteriziranom tomografijom i magnetskom rezonancom (13).

#### 4.1. Podmetači od spužve

Podmetači od spužve dolaze u različitim oblicima i veličinama što omogućava njihovu široku primjenu (Slika 4). Podmetači klinastog oblika pomažu održavanju tijela u kosom položaju što smanjuje napetost mišića, a snimanje postaje ugodnije. Plošni podmetači pomažu u održavanju odignutih dijelova tijela u zadanom položaju. Ne apsorbiraju rendgenske zrake te stoga ne ostavljaju sjenu na radiografskoj snimci (11).



**Slika 4.** Podmetači od spužve. Izvor:

[https://www.google.hr/search?q=radiolucent+foam+pads&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwihmrb7n9HUAhVNIxQKHS8xD4YQ\\_AUIBigB&biw=1920&bih=950#tbm=isch&q=x+ray+positioning+sponges&imgc=mq-o58p6rchU-M](https://www.google.hr/search?q=radiolucent+foam+pads&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwihmrb7n9HUAhVNIxQKHS8xD4YQ_AUIBigB&biw=1920&bih=950#tbm=isch&q=x+ray+positioning+sponges&imgc=mq-o58p6rchU-M)

#### 4.2. Vrećice s pijeskom

Vrećice s pijeskom su jeftin i siguran alat za imobilizaciju. Dolaze u različitim veličinama i trebale bi se nalaziti u svim radiološkim odjelima (Slika 5). Ne smiju biti potpuno napunjene jer je potreban određen stupanj fleksibilnosti kako bi se mogle udobno postaviti preko pacijentova tijela. Trebaju se pažljivo postaviti tako da njihova težina bude ravnomjerno raspoređena na svakoj strani dijela tijela koji je imobiliziran (6). Budući da stvaraju sjenu na radiografskom filmu, postavljaju se izvan polja

snimanja, najčešće preko zglobova tako da je svako kretanje u zglobovima i dijelovima iznad i ispod područja zgloba ograničeno (6,11). Posebno su korisne kod snimanja kralježnice ili abdomena kada je poželjno držati ruke pacijenta izvan vidnog polja tijekom ekspozicije. Ako se upotrebljava više težih vrećica za pijesak, radiološki tehnolog trebao bi provjeravati perifernu cirkulaciju imobiliziranih ekstremiteta kako bi utvrdio da li moguća prekomjerna težina ugrožava djetetovu cirkulaciju (6).



**Slika 5.** Vrećice s pijeskom. Izvor: [https://www.google.hr/search?q=x-ray+sandbags&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi25uHViNHUAhUL2BoKHcUuCWsQ\\_AUIBigB&biw=1366&bih=662#imgrc=dibxxEhWZEq\\_M](https://www.google.hr/search?q=x-ray+sandbags&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi25uHViNHUAhUL2BoKHcUuCWsQ_AUIBigB&biw=1366&bih=662#imgrc=dibxxEhWZEq_M)

### **4.3. Imobilizacijske vrpce**

Imobilizacijske vrpce sastoje se od čvrste, široke trake, sustava za pričvršćivanje na rub radiografskog stola i mehanizma za zatezanje trake nakon što je postavljena. Vrpce je moguće prilagođavati ovisno o dijelu tijela koji se snima, a princip korištenja je sličan sigurnosnim pojasevima u automobilima. Upotrebljavaju se za pridržavanje tijela u zadanom položaju te za osiguravanje djece i pacijenata od pada sa stola za snimanje (11).

#### **4.4. Stezaljke za glavu**

Stezaljke za glavu konstruirane su u različitim oblicima i veličinama. Najčešće se koriste za radiografiju lubanje, ali i za radiografiju vratne kralježnice. Jednostavne su za prenošenje i mogu se koristiti i kada se snimanje provodi na bolničkom krevetu pomoću pokretnog (mobilnog) rendgenskog uređaja (6).

#### **4.5. Metalni blokovi**

Metalni blokovi izrađeni su od teškog metala, najčešće čelika, obloženog debelim radiotransparentnim jastučićima od spužve. Između metalnog bloka i stola nalazi se sloj gume koji sprječava da uređaj klizi na stolu. Učinkovito su sredstvo za imobilizaciju, naročito u kombinaciji s vrećicama s pijeskom, imobilizacijskim trakama ili mumificiranjem pacijenta. Koriste se umjesto stezaljki za glavu pri radiografiji lubanje ili kako bi spriječili savijanje leđa pri snimanju lateralnih radiograma kralježnice (6,13).

#### **4.6. Tehnika mumificiranja**

Mumificiranje ili zamatanje djeteta u plahtu posebnom tehnikom je jedna od najjednostavnijih i najkorisnijih tehnika imobilizacije pedijatrijskih pacijenata. Za tu tehniku potrebna je samo obična plahta i može je izvesti jedna osoba. Izvodi se tako da se plahta savije na pola po dužini, a dijete se pogne na sredinu plahte. Jedan slobodni kraj prebaci se preko djetetovog desnog ramena i ruke i zatim se provuče ispod djetetovih leđa. Potrebno je provjeriti da dijete ne leži na ruci već da je svaka ruka položena sa strane djetetovog tijela. Isti kraj plahte se zatim povuče preko djetetove lijeve ruke i ponovno iza djetetovih leđa. Na taj su način imobilizirani gornji ekstremiteti. Drugi slobodan kraj plahte se kontinuirano, čvrsto omata oko djeteta i na kraju učvrsti pomoću ljepljive trake. Kada je dijete zamotano u plahtu mora ga se dodatno osigurati od pada pomoću imobilizacijskih traka na stolu (6).

Ova metoda primjenjiva je kod gotovo svih općih i specijalnih radioloških metoda. Najčešće se koristi za radiografiju lubanje ili vratne kralježnice, a uz jednostavne modifikacije može se koristiti i za radiografiju ekstremiteta. Mala djeca su izuzetno

osjetljiva na djelovanje niskih temperatura i vrlo brzo se mogu pothladiti, zato je dodatna prednost ove metode što umatanjem u plahtu, osim sprječavanja micanja, djetetu osiguravamo i potrebnu toplinu. Ova metoda može se primjenjivati kod djece svih uzrasta, ali je najkorisnija za djecu mlađu od pet godina (6).

#### 4.7. „Pigg-o-statt“®

Ovaj uređaj sastoji se od kolica s kotačima dovoljno velikima za smještaj pacijenta od oko tri godine starosti. Dijete sjedi na malom podesivom sjedištu u središnjem otvoru, a tijelo i ruke se drže na mjestu plastičnom cijevi s „rukavima“ koji se pričvršćuju na vrh kolica. Uređaj ima integrirani držač kazete ili se može koristiti s konvencionalnim stativom za snimanje (Slika 6). Dio uređaja koji drži pacijenta može se zakrenuti za 360° čime se postiže značajan broj radioloških položaja. Također, ima ugrađen olovni štit za zaštitu gonada te markere koji ukazuju na lijevu ili desnu stranu. Najčešće se primjenjuje za radiografiju pluća, abdomena i kralježnice. Jedna od glavnih prednosti je što je pacijent potpuno vidljiv što uvelike olakšava pozicioniranje. Također, nije potrebno da bilo tko pridrži dijete za vrijeme ekspozicije. Prije pozicioniranja djeteta potrebno je roditeljima kratko objasniti svrhu, princip korištenja ovog uređaja kao i to da je uređaj u potpunosti siguran za dijete, kako bi umanjili njihov strah, tjeskobu i zabrinutost (6).



**Slika 6.** Pigg-o-stat®. Izvor:

[https://www.google.hr/search?q=pigg+o+stat&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjop-7Zh9HUAhWMDxoKHRSLBNAQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=CBFHDK-m2K7ZFM](https://www.google.hr/search?q=pigg+o+stat&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjop-7Zh9HUAhWMDxoKHRSLBNAQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=CBFHDK-m2K7ZFM)

#### 4.8. Daska za imobilizaciju s kompresijskim trakama

Ovaj uređaj dolazi u različitim oblicima i veličinama, a ponekad se naziva i „*brat-bord*“ ili „*Tam'em bord*“. Sastoji se od radiotransparentne ploče na koju se polegne dijete i na koju se vezuju brojne kompresijske trake za imobilizaciju. Koristi se u radiografiji prsnog koša, abdomena i kralježnice u AP projekciji. Dijete se pozicionira pomoću traka za imobilizaciju postavljenih preko prsnog koša i abdomena (6).

Octopaque® je specijalna modifikacija ovog uređaja koja se sastoji od radiotransparentne ploče koja je na oba kraja pričvršćena u osmerokutni metalni okvir (Slika 7). Time je omogućena rotacija od 360° za pozicioniranje na bilo koji od osam konvencionalnih radioloških položaja što se pokazalo od posebne koristi u radiografiji gastrointestinalnog sustava. Glavni nedostatak ovog uređaja je ograničenje uporabe kod djece starije od godinu dana zbog malih dimenzija daske. Također, potrebno je ispod vrata i ramena djeteta postaviti podložak od spužve kako bi se postigla umjerena ekstenzija vrata i tako izbjeglo potencijalno kompromitiranje dišnih putova (6).



**Slika 7.** Octopaque®. Izvor:

[https://www.google.hr/search?q=octopaque&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjRrJPBh9HUAhXL5xoKHbsADtgQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=sh3Md\\_3zf\\_b9bM](https://www.google.hr/search?q=octopaque&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjRrJPBh9HUAhXL5xoKHbsADtgQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=sh3Md_3zf_b9bM)



## 5. KONVENCIONALNA RADIOGRAFIJA

Rendgenski uređaj je radiološki uređaj koji stvaranjem rendgenskih ili X-zraka služi za dobivanje radiografskih snimaka određenog snimanog dijela tijela bolesnika. Osnovni dijelovi rendgenskog uređaja su: rendgenska cijev, upravljačka konzola, generator i stol za pregled bolesnika. Najvažniji dio je rendgenska cijev u kojoj nastaju rendgenske zrake kočenjem brzih elektrona koji dolaze s katode i sudaraju se s atomima anode. Nalazi se u metalnom oklopu koji u sebi sadrži sloj olova koji štiti rendgensku cijev od mehaničkih oštećenja, a zdravstvene djelatnike i pacijente od prekomjernog zračenja. Smještena je na stativu koji je pomičan čime se omogućuje snimanje bilo kojeg dijela tijela iz različitih kutova. Na samom prozoru rendgenske cijevi nalazi se kolimator koji se sastoji od nekoliko pari olovnih pločica, a služi za određivanje širine snopa rendgenskih zraka u svrhu smanjenja zračenja pacijenata i zdravstvenih djelatnika. Upravljačka konzola smještena je u zasebnoj prostoriji, a služi za regulaciju električnih uvjeta snimanja (regulacija kilovolta i miliampera), odabiranje vremena ekspozicije, uključivanje i isključivanje struje gradske mreže itd. Generator daje električnu struju potrebnu za rad rendgenskog uređaja. Stol za pregled bolesnika je dio rendgenskog uređaja na kojem leži ili se oslanja pacijent za vrijeme snimanja. Građen je od posebnih materijala koji su radiotransparentni kako ne bi stvarali sjene ili artefakte na filmu (14).

U konvencionalnoj radiologiji kao receptor slike koristi se sustav film-folija. Sa svake strane filma u kazeti nalazi se radiografska folija koja djelovanjem rendgenskih zraka isijava svjetlosne zrake (fluorescira), a radiografski film istovremeno prihvaća rendgensko zračenje i svjetlosne zrake te nastaje nevidljiva (latentna) slika u emulzijskom sloju filma. Posebnim fotokemijskim procesom u tijeku postupka fotografske obrade filma, latentna slika postaje vidljivi prikaz na rendgenskoj snimci (14).

U posljednje vrijeme dolazi do sve veće digitalizacije radioloških odjela te se u skoroj budućnosti očekuje potpuna zamjena radiografskog filma drugim vrstama medija za dobivanje slike. Tako razlikujemo kompjuteriziranu radiografiju (eng. *computed radiography* – CR) koja koristi fosforne ploče, odnosno digitalnu radiografiju (eng. *digital radiography* – DR) koja kao receptor slike koristi ravne detektore. Unatoč tome, radiološki film se još uvijek smatra tradicionalnim receptorom slike (14).

## **5.1. Posebnosti radiografije djece**

Stručne kompetencije radiološkog tehnologa, između ostalog, obuhvaćaju izvođenje radiološkog dijagnostičkog postupka u skladu s dobrom radiološkom praksom i zakonom, komunikaciju, brigu i nadzor nad stanjem pacijenta za vrijeme snimanja te odgovarajuću primjenu svih mjera zaštite od ionizirajućih i neionizirajućih zračenja. Tijekom radiografskog snimanja do izražaja dolaze znanja i vještine radiološkog tehnologa, a glavni cilj je dobivanje radioloških slika visoke kvalitete potrebne za postavljanje preciznih dijagnoza (1).

Kvalitetu slike opisujemo pomoću tri parametra: kontrast, prostorna rezolucija (oštrina) i šum. Sva tri parametra ovise o ekspoziciji (prodornost zračenja izražena u kilovoltima i količina zračenja izražena u miliamperima), blizini snimanog dijela tijela prema filmu, količini raspršenog zračenja, pomaku pacijenta za vrijeme ekspozicije, vrsti i kvaliteti radiološkog filma i procesa razvijanja. Iz toga zaključujemo kako na kvalitetu prikaza utječu i radiološki tehnolog i pacijent, odnosno suradnja radiološkog tehnologa i pacijenta (15).

Pedijatrijski pacijenti mogu predstavljati prilično jedinstven izazov za radiološkog tehnologa. Djeca su osjetljivija na djelovanje zračenja od odraslih zato je kod njih posebnu pažnju potrebno posvetiti zaštiti od zračenja i smanjenju doze na najmanju moguću mjeru. Također, pri radiografiji djece zahtjevnije je dobiti kvalitetan radiološki prikaz jer djeca često ne surađuju i nisu mirna tijekom snimanja što izravno utječe na kvalitetu prikaza, ali i na dozu zračenja. Snimke nezadovoljavajuće dijagnostičke kvalitete uzrokovane artefaktima pokreta potrebno je ponavljati čime pacijenta izlažemo dodatnom zračenju. Zato je pri radiografiji djece potrebno prilagoditi tehniku snimanja i ekspozicijske parametre kao i druge oblike zaštite od zračenja uključujući i upotrebu imobilizacijske opreme.

## **5.2. Tehnika snimanja i parametri ekspozicije**

Najvažnije pravilo koje vrijedi za sve pacijente, a ne samo za djecu, je da svako izlaganje zračenju mora biti opravdano. Prije svakog pregleda, posebno kada su u pitanju djeca, važno je razmotriti povijest bolesti, prethodne preglede i razmotriti

mogućnost alternativnih modaliteta koji ne koriste ionizirajuće zračenje. Kada je radiografski pregled indiciran, zaštita i sigurnost moraju se optimizirati. Kod pedijatrijskih pacijenata obavezno je slijediti opće i posebne smjernice o optimizaciji radiografskih postupaka. Poznavanje i pravilno korištenje odgovarajućih radiografskih tehnika snimanja i parametara ekspozicije ima izravan utjecaj na kvalitetu slike i dozu zračenja pacijenta. Tehnike za smanjenje doze zračenja, zaštitu i sigurnost u konvencionalnoj radiografiji prikazane su u Tablici 1, a neke od tehnika će biti detaljno opisane u nastavku (16).

**Tablica 1:** Tehnike za smanjenje doze zračenja, optimizaciju zaštite i sigurnosti u konvencionalnoj radiografiji. Izvor: modificirano iz 16.

<b>Tehnike za smanjenje doze zračenja, optimizaciju zaštite i sigurnosti u konvencionalnoj radiografiji</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treba postojati standardna vrsta i broj projekcija za određene indikacije, a specijalne projekcije izvode se na pojedinačnoj osnovi uz konzultaciju liječnika radiologa</li> <li>• Koristiti preporučenu fokus-film udaljenost</li> <li>• Snop rendgenskih zraka kolimirati na područje interesa, isključujući druge regije, osobito gonade, dojke, štitnjaču i leću oka te koristiti odgovarajuću zaštitu od zračenja</li> <li>• Koristiti brze folije i filmove i osigurati da proces razvijanja filma zadovoljava propisima</li> <li>• Rešetke uglavnom nisu potrebne za snimanje pedijatrijskih pacijenata</li> <li>• Koristiti standardnu ili dodatnu filtraciju ovisno o pregledu i indikacijama</li> <li>• Koristiti malu žarišnu točku anode (0,6-1,3 za pedijatrijske pacijente) i kratko vrijeme ekspozicije</li> <li>• Provoditi postupke osiguranja kvalitete u svim radiološkim odjelima</li> <li>• Uvesti i koristiti sustav koji omogućava redovitu procjenu doze zračenja za pacijenta</li> </ul>

### **5.2.1. Veličina polja i kolimacija**

Kolimator je uređaj koji služi određivanju širine snopa rendgenskih zraka, a nalazi se na samom prozoru rendgenske cijevi. Sastoji se od nekoliko pari olovnih pločica koje se mogu međusobno približavati ili udaljavati čijim se pomicanjem oblikuje korisni snop rendgenskih zraka. Uređaj sadrži i žarulju i zrcalo s kojega se reflektira svjetlost te se tako osvjetljava onaj dio tijela koji se snima, a njegov oblik i površina odgovaraju dijagnostičkom snopu rendgenskih zraka. Danas postoje i automatski kolimatori kod kojih je posebnim sensorima kolimator povezan s kazetom te se prema veličini korištenog filma automatski određuje širina snopa (1).

Veliko polje zračenja rezultirat će nepotrebno velikom dozom zračenja izvan područja interesa kao i manjim kontrastom i slabijom rezolucijom zbog veće količine raspršenog zračenja. S druge strane, ako je polje zračenja premaleno povećava se rizik dijagnostičke pogreške što može rezultirati potrebom ponavljanja snimanja, a time i većom dozom zračenja. Pravilna kolimacija zahtijeva poznavanje pedijatrijske anatomije i orijentacijskih točaka koje se mijenjaju s dobi pacijenta zbog različitih proporcija tijela tijekom djetetova rasta i razvoja. Veličina područja interesa ovisi i o osnovnoj bolesti i patološkom stanju. Točna i precizna kolimacija iznimno je važna u pedijatrijskoj radiografiji zbog male veličine djeteta i međusobne blizine svih tjelesnih organa te su tako zračenju izloženi i mnogi organi u blizini područja interesa. Zato se kod pedijatrijskih pacijenata, umjesto automatske kolimacije snopa prema veličini kazete odnosno filma, preporuča manualna kolimacija. Tako će zračenju biti izloženo samo područje interesa, a tzv. „*babygrami*“ odnosno prikaz cijelog tijelao, prsa, trbuha i zdjelice na jednom radiogramu se ne preporučuju (17).

### **5.2.2. Filtracija snopa**

Spektar rendgenskih zraka uključuje fotone različitih energija. Fotoni niskih energija potpuno se apsorbiraju u tijelu pacijenta i tako ne pridonose stvaranju slike, ali nepotrebno povećavaju dozu zračenja pacijenta. Zato su na prozoru rendgenske cijevi postavljeni filtri od aluminijske i bakrene koji služe za zaštitu bolesnika od „mekih“ rendgenskih zraka koje ne sudjeluju u stvaranju rendgenske slike (1). Većina rendgenskih cijevi koristi filter debljine najmanje 2 mm aluminijske.

Za snimanje pedijatrijskih pacijenata treba koristiti dodatne filtre od 1 mm aluminija i od 0,1 do 0,2 mm bakra. Odgovarajuća dodatna filtracija omogućuje upotrebu višeg napona rendgenske cijevi u kombinaciji s kratkim vremenom ekspozicije što pridonosi smanjenju doze zračenja pedijatrijskih pacijenata (17).

### **5.2.3. Fokus-film udaljenost**

Budući da snop rendgenskih zraka divergira od žarišta rendgenske cijevi prema objektu snimanja, rendgenska sjena objekta je uvijek veća od njegove stvarne veličine. Kako bi smanjili uvećanje snimanog objekta potrebno je što više približiti snimani dio tijela receptoru slike i povećati udaljenost rendgenske cijevi od filma. Također, zbog divergencije, rendgenski snop gubi gustoću na većoj udaljenosti što zahtijeva povećanje ekspozicijskih parametara (mAs) za isti učinak – dvostruko povećanje udaljenosti između žarišta i receptora zahtijeva četverostruko povećanje ekspozicijskih parametara. U konvencionalnoj radiografiji dogovorena je standardna udaljenost rendgenske cijevi od filma koja iznosi 115 cm i koja se primjenjuje i u pedijatrijskoj radiografiji (18).

### **5.2.4. Vrijeme ekspozicije**

Pri snimanju pedijatrijskih pacijenata, vrijeme ekspozicije mora biti najkraće moguće jer djeca obično ne surađuju i teško ih je umiriti. Na taj način se može poboljšati kvaliteta slike i minimizirati potreba za ponavljanjem snimanja. Kratka vremena ekspozicije ovise o jačini rendgenske cijevi i generatora (17).

### **5.2.5. Automatska kontrola ekspozicije**

Uređaj za automatsku kontrolu ekspozicije (AEC, eng. *Automatic exposure control*) je uređaj za određivanje dužine vremena izlaganja rendgenskim zrakama koji, ovisno o debljini i gustoći snimanog dijela tijela, automatski prekida ekspoziciju kada se postigne optimalno zacrnenje na filmu (1). U usporedbi s odraslima, varijacije u veličini i tjelesnim proporcijama su velike kod pedijatrijskih pacijenata i mogu varirati od manje od 1 kg kod nedonoščadi do 70 kg i više kod adolescenata. AEC može biti koristan u radiografiji pedijatrijskih bolesnika, ali radiološki tehnolozi moraju biti svjesni potrebe

za optimizacijom AEC uređaja različitim kliničkim potrebama. Također bi trebali biti dobro upoznati s radiološkom opremom koja se koristi u pedijatrijskoj radiografiji, tako i s AEC uređajima koji često imaju relativno velike i fiksne ionizacijske komore čija veličina, oblik i položaj nisu prikladni za mnoge varijacije u veličini pedijatrijskih pacijenata. Danas postoje i posebno dizajnirani, dječji AEC-ovi koji imaju mali, mobilni detektor. Njegov položaj odabire se u odnosu na najvažniju regiju interesa, ali pozicioniranje može biti teško jer čak i najmanji pokreti pacijenta tijekom snimanja mogu utjecati na kvalitetu slike (16,17).

#### **5.2.6. Napon rendgenske cijevi**

Prodornost rendgenskog zračenja regulirana je naponom rendgenske cijevi koji se izražava u kilovoltima (kV). Veći napon povećava prodornost rendgenskog zračenja, samo se mala količina zračenja apsorbira u tijelu pacijenta što reducira kožnu dozu i apsorbiranu dozu, a potrebna količina zračenja doseže radiološki film te sudjeluje u stvaranju slike (2,11).

Kod radiografije pedijatrijskih pacijenata, količina kV mora biti optimalna u odnosu na dob djeteta te veličinu tijela i proporcije. Potrebna količina kV kod radiografije djece je niža u odnosu na odrasle pacijente, npr. pri radiografiji pluća male djece koristi se „meka tehnika“ gdje potrebna količina kV ne treba biti viša od 65 kV dok se kod adolescenata s torakalnim promjerom većim od 15 cm koristi „tvrda tehnika“ od oko 125 kV kao kod odraslih (2).

#### **5.2.7. Rešetke**

Rešetke su uređaji za smanjenje raspršenog zračenja, a postavljaju se između snimanog dijela tijela i filma. Građene su od olovnih lamela između kojih se nalazi radiotransparentni materijal, najčešće karbonska vlakna. Njihova konstrukcija mora biti takva da apsorbiraju što je moguće više raspršenog zračenja, a što manje zraka primarnog dijagnostičkog snopa nužnih za stvaranje slike. Razlikujemo dvije vrste rešetki: Potter-Buckyjevu i Lisholmovu rešetku. Potter-Buckyjeva rešetka nalazi se u radiografskom stolu ili stativu i ona je pomična za vrijeme snimanja. Za razliku od nje,

Lisholmova rešetka je fiksna, ne pomiče se tijekom snimanja, a nalazi se u radiografskim kazetama (14).

Smanjujući utjecaj raspršenog zračenja, rešetke povećavaju kontrast radiološke slike, ali povećavaju i dozu zračenja. Zato se kod dojenčadi i male djece ne preporuča uporaba rešetki zbog relativno male količine raspršenog zračenja. Rešetke se upotrebljavaju tek kod starije djece i adolescenata, uglavnom ne prije navršene osme godine. Posebno je važno obratiti pozornost na točno usklađivanje rešetke, pacijenta, središnje rendgenske zrake i udaljenost fokus-rešetka, naročito kod pedijatrijskih pacijenata (17).

## 6. KOMPJUTORIZIRANA TOMOGRAFIJA

Kompjutorizirana tomografija, CT (eng. *Computed tomography*) je prva radiološka digitalna metoda koja predstavlja računalnu rekonstrukciju poprečnog tomografskog sloja dobivenu mnogostrukim mjerenjem apsorpcijskih vrijednosti rendgenskih zraka. Otkriće CT-a smatra se najvećim napretkom u radiologiji nakon otkrića rendgenskih zraka, a za to su zaslužni inženjer Godfrey Newbol Hounsfield i matematičar Allen Cormack koji su za ovo otkriće dobili i Nobelovu nagradu za fiziologiju ili medicinu 1979. godine (14).

Princip rada temelji se na slabljenju (atenuaciji) rendgenskih zraka prolaskom kroz snimani dio tijela što se izražava koeficijentom apsorpcije ili CT brojem koji je u čast izumitelja CT-a nazvan Hounsfieldovom jedinicom (eng. *Hounsfield unit*). Koeficijent apsorpcije ovisi o atomskom broju i gustoći snimanog dijela tijela – veći atomski broj i veća gustoća tkiva znači veći koeficijent apsorpcije i obrnuto. Raspon mjerljivih stupnjeva atenuacije je od -1000 do +3000 jedinica. Voda je referentna vrijednost i iznosi 0 HU. Tkiva veće gustoće od vode imaju pozitivni, a tkiva manje gustoće negativni CT broj. Tako je atenuacijski broj za zrak -1000, mast -100, parenhimatozne organe 40-80 i kost 1000 HU (14).

Prolazom kroz snimani dio tijela, atenuirano zračenje pada na detektore koji ga pretvaraju u električne signale proporcionalne atenuaciji snimanog objekta. Složenim matematičkim algoritmima uz pomoć računala, rekonstruira se slika objekta u obliku matrice sastavljene od piksela na način da se svakom koeficijentu atenuacije pridoda određena nijansa sive skale u pikselu (14).

Glavni dijelovi CT uređaja su: kućište (eng. *gantry*), stola za bolesnika, visokofrekventni generator, upravljački stol s računalom (operatorsko mjesto), radna stanica s računalom (evaluacijska konzola) za obradu podataka i uređaj za pohranu slika. U kućištu CT uređaja nalaze se rendgenska cijev i detektori koji simultano kruže oko snimanog dijela tijela pacijenta. Rendgenska cijev se po principu rada ne razlikuje od one klasičnog rendgenskog uređaja, ali mora zadovoljiti određene posebne uvjete, prvenstveno veliko toplinsko opterećenje uzrokovano dugačkim ekspozicijama, visoki napon i struju cijevi itd. što zahtijeva i poseban sustav hlađenja. Detektori su razmješteni linearno, u obliku luka (detektorska „banana“) i služe za prihvatanje



atenuiranog rendgenskog zračenja i njegovo pretvaranje u električni signal koji nakon digitalizacije služi za stvaranje slike. U sredini kućišta je otvor promjera 50-70 cm u koji se smješta stol s pacijentom za vrijeme snimanja. Upravljačko računalo i radna stanica smješteni su u posebnoj prostoriji. Upravljačko računalo sadrži softver s protokolima za snimanje, kao i mogućnost promjene parametara snimanja i protokola, a radna stanica se upotrebljava za naknadu rekonstrukciju i obradu slika (14).

## **6.1. Pedijatrijski CT protokoli**

Kompjutorizirana tomografija je vrijedna radiološka slikovna metoda koja se svake godine sve više upotrebljava u radiološkoj dijagnostici (26). Veliki nedostatak CT-a je ionizirajuće zračenje i rizik od nuspojava uzrokovanih zračenjem, naročito kod pedijatrijskih pacijenata (19). Opravdanost kliničke indikacije najvažniji je način smanjenja doze zračenja. Veliki broj pedijatrijskih CT pregleda može se zamijeniti drugim slikovnim modalitetima sa znatno nižim dozama zračenja (konvencionalna radiografija) ili metodama bez ionizirajućeg zračenja (magnetska rezonancija ili ultrazvuk) koje mogu pružiti slične dijagnostičke informacije za određene kliničke indikacije (20).

Kada je CT pregled indiciran, veliki problem je što se kod snimanja djece koriste CT protokoli za odrasle što rezultira znatno većim dozama zračenja. Pedijatrijski CT protokoli moraju biti prilagođeni težini i veličini djeteta i moraju se strukturirati tako da se doza zračenja prilagodi kliničkim indikacijama i regiji interesa (21). Za optimizaciju CT protokola potrebno je imati osnovno razumijevanje CT parametara skeniranja i njihovih učinaka na kvalitetu prikaza i dozu zračenja (20).

### **6.1.1. Napon i struja rendgenske cijevi**

Kod pedijatrijskih pacijenata preporuča se smanjiti napon (kV) i struju (mA) cijevi koliko je razumno moguće. Za većinu pedijatrijskih pacijenata, dovoljan je napon od 80 do 100 kV, posebno kod djece tjelesne težine do 45 kg. Kod adolescenata je obično dovoljan napon cijevi od 100 kV za prsni koš i 120 kV za abdomen (19). Manji napon cijevi povećava kontrastnu rezoluciju, ali i povećava šum na slici. Ipak, zbog bolje

kontrastne rezolucije, veća količina šuma se može tolerirati. Prekomjerno snižavanje napona može uzrokovati artefakte koji negativno utječu na kvalitetu prikaza (19,22).

Smanjenjem struje cijevi (mA) proporcionalno se smanjuje doza zračenja, ali se povećava šum. Ta veća količina šuma se može tolerirati sve dok su slike zadovoljavajuće dijagnostičke kvalitete (19).

### **6.1.2. Rotacija cijevi**

Većina modernih CT skenera primjenjuje rotaciju cijevi od 0,3 do 0,5 s što rezultira kraćim vremenima skeniranja. Kraće vrijeme pregleda korisno je kod djece zbog pomicanja djeteta tijekom snimanja i respiracijskih artefakata, a također smanjuje se i potreba za sedacijom ili anestezijom (19).

### **6.1.3. Debljina sloja**

Debljina sloja određena je širinom snopa rendgenskih zraka. Deblji sloj znači bolju kontrastnu rezoluciju, lošiju prostornu rezoluciju i manju dozu zračenja. Kada se koriste tanki slojevi potrebna je veća doza zračenja kako bi se postigla željena razina kvalitete slike. Zato se preporuča koristiti tanke slojeve samo kada je to potrebno, te kod pedijatrijskih pacijenata prednost dati kvaliteti slike koja je dovoljna za dijagnozu, umjesto održavanja optimalne kvalitete s niskom količinom šuma. Debljina sloja određuje se ovisno o indikaciji, veličini djeteta odnosno veličini promatranog objekta, npr. kod male djece debljina sloja je obično 2-3 mm, kod starije djece 4-5 mm, a za angiografije ponekad čak i 1-2 mm (22).

### **6.1.4. Field of view (FOV)**

FOV (eng. *Field of view*) ili polje pregleda je područje skeniranja iz kojeg će se dobivati podaci. Prilikom odabira FOV-a, treba odabrati najmanji mogući FOV koji će potpuno obuhvatiti regiju interesa te izbjegavati nepotrebno dugačke raspone skeniranja jer naknadnim uvećavanjem samo onog dijela koji je od dijagnostičkog interesa, smanjujemo rezoluciju prikaza (23).

Razlikujemo polje skeniranja (SFOV, eng. *scanned field of view*) i polje prikaza na ekranu (DFOV, eng. *displayed field of view*). DFOV ne može biti veći već samo manji ili jednak SFOV-u (23). Za djecu treba koristiti što je moguće manji SFOV zbog njihove manje veličine. Manji SFOV, odnosno DFOV, znači manju veličinu piksela i bolju prostornu rezoluciju (22).

#### **6.1.5. Automatska kontrola ekspozicije**

Kod pedijatrijskih pacijenata preporuča se upotreba automatske kontrole ekspozicije (AEC, eng. *Automatic exposure control*). AEC mijenjanjem struje cijevi (mA modulacijom), kompenzira atenuaciju snopa zračenja u različitim dijelovima tijela pacijenta kako bi se održala konstantna kvaliteta slike tijekom čitavog skeniranja. AEC softver predviđa atenuaciju snopa prije ili za vrijeme skeniranja (22).

#### **6.1.6. Pitch**

Odnos između pomaka stola prilikom rotacije cijevi za 360° i širine kolimiranog snopa naziva se pitch. Veći pitch znači manju dozu zračenja za pacijenta, veći pregledani volumen za isto vrijeme pregleda, odnosno veću dužinu skeniranog dijela tijela (eng. *scan coverage*), ali smanjuje se prostorna rezolucija i kvaliteta prikaza. Kod pedijatrijskih pacijenata upotrebljava se pitch manji ili jednak 1, ali može se koristiti i veći pitch kako bi pregledali veći volumen tijela uz kraće vrijeme skeniranja i tako eliminirali potencijalne artefakte pomicanja (22).

#### **6.1.7. Bowtie filteri**

CT uređaj obično sadrži jedan ili više bowtie filtera koji utječe na kvalitetu slike i dozu zračenja. Ti filteri zadržavaju visoki intenzitet zračenja u najdebljim slojevima tijela kao i u dijelovima s visokom atenuacijom zračenja, a snižavaju dozu zračenja na površini tijela pacijenta. Za pravilnu funkciju filtera važan je precizan namještaj pacijenta u izocentru. (22).

## 7. MAGNETSKA REZONANCIJA

Magnetska rezonancija je slikovna metoda kojom se dobivaju tomografski presjeci ljudskog tijela u sve tri ravnine: transverzalnoj, koronarnoj i sagitalnoj. Nastajanje slike kod MR-a temelji se na principu interakcije radiovalova i određenih atomskih jezgara u ljudskom tijelu smještenom u jakom magnetskom polju. Svaka jezgra koja sadrži neparni broj protona ili neutrona posjeduje svoj vlastiti magnetski moment i magnetsko polje koje može poslužiti kao izvor signala. Najčešće korištena jezgra u oslikavanju ljudskog tijela je jezgra atoma vodika zbog velike zastupljenosti u tijelu te zbog toga što posjeduje veliki magnetski spin (24).

Svaki MR uređaj sastoji se od nekoliko osnovnih dijelova: magneta, gradijentne zavojnice i pojačala, radiofrekventne zavojnice i pojačala te računalnog i elektroničnog sustava (24). Magnet je dominantni dio uređaja za magnetsku rezonanciju koji osigurava odgovarajuću jačinu, uniformnost i stabilnost magnetskog polja (14).

Temeljni principi magnetske rezonancije su da se pacijent smjesti u kućište magneta, a potom se tijelo pacijenta, odnosno jezgre vodika magnetiziraju. Zatim se magnetizirano tijelo izloži djelovanju radiovalova čija frekvencija odgovara jačini magnetskog polja. Kada se prekine emitiranje radiovalova, tijelo pacijenta emitira višak energije u obliku signala iz kojeg se, uz pomoć računala, rekonstruira slika (14).

Gradijentne zavojnice smještene su u kućištu magneta linearno u tri glavne osovine (x, y i z). One određuju smjer snimanja kod magnetske rezonancije i važne su za određivanje pojedinog sloja u snimanom volumenu. Jedan su od najbitnijih elemenata uređaja za magnetsku rezonanciju i odgovorne su za kvalitetu prikaza (14).

Radiofrekventne zavojnice odašilju radiofrekventni puls te primaju radiofrekventni signal iz snimanog dijela tijela. One se oblikuju prema dijelu tijela koji se snima i veličinom variraju od velikih za cijelo tijelo do malih površinskih zavojnica (za glavu, koljeno, abdomen itd.) čime se postiže bolji prijem malih količina signala (14).

Magnetska rezonancija je sigurna, bezopasna i neinvazivna metoda oslikavanja koja ne koristi štetno ionizirajuće zračenje te je zbog toga pogodna za korištenje u pedijatriji. Glavni nedostaci su visoka cijena i relativno dugo trajanje pregleda te potreba za mirovanjem pacijenta tijekom snimanja što predstavlja izraziti izazov kod pedijatrijskih

pacijenata. Apsolutna kontraindikacije za pregled su metalni implantati i metalna strana tijela u organizmu (24).

## **7.1. Magnetska rezonancija pedijatrijskih pacijenata**

### **7.1.1. Anatomske i fiziološke posebnosti pedijatrijskih pacijenata**

Relativno manje anatomske strukture kod djece predstavljaju izazov u smislu raspoloživog signala kao i ograničene rezolucije skenera. Te anatomske strukture koje su manje kod djece nego kod odraslih (unutarnje uho, kranijalni živci, brahijalni pleksus, bilijarno stablo, periferni zglobovi i krvne žile) zahtijevaju visoku rezoluciju i visoki omjer signala i šuma (SNR, eng. *Signal to noise ratio*), što je osobito važno kada se radi o kongenitalnim anomalijama i malformacijama kao i razvojnim promjenama. Bolji prikaz može se postići visokom jakosti magnetskog polja, tanjim slojevima i poboljšanjem prostorne rezolucije (25,26).

Djeca imaju znatno više vrijednosti brzine srčanih otkucaja i pulsa, protoka krvi te stope disanja, npr. normalna srčana frekvencija može biti iznad 140 otkucaja u minuti, a broj udisaja oko 40 u minuti. Djeca obično teže zadržavaju dah zbog čega se stvaraju artefakti pomicanja kod srčanih, torakalnih i abdominalnih snimanja. Povećane brzine protoka u krvnim žilama i protok likvora (cerebrospinalne tekućine) također dovode do nastajanja artefakata što stvara poteškoće kod snimanja kralježnice ili krvnih žila prilikom angiografije. Kako bi umanjili mogućnost nastajanja artefakata uzrokovanih voljnim ili nevoljnim pomicanjem struktura oslikavanog dijela tijela kod djece je potrebno koristiti što kraće vrijeme akvizicije i primijeniti pulsne sekvence za korekciju pomicanja (26).

### **7.1.2. Sedacija**

Sedacija označava depresiju pacijentove svijesti o okolini i smanjenje njegovog odgovora na vanjsku stimulaciju primjenom različitih sedativnih lijekova, uglavnom u svrhu olakšavanja medicinskog postupka (27).

Tijekom MR snimanja, dijete mora biti potpuno mirno kako bi se dobila kvalitetna slika nezamućena kretanjem. Da bi se to postiglo, neophodna je sedacija naročito kod djece mlađe od 6 godina. Djeca starija od 6 godina obično mogu adekvatno obaviti pregled uz prisustvo roditelja. Za sedaciju djece najčešće se primjenjuje propofol. To je ultrakratko djelujući lipofilni sedativ, brzog početka djelovanja, a kratkog i predvidivog vijeka trajanja. Moguće nuspojave primjene su respiratorna depresija i hipoksija (28).

Indikacije za anesteziju i sedaciju su:

- Potreba za strogim mirovanjem – neka snimanja mogu trajati 20 minuta dok druga zahtijevaju više od jednog sata. Od male djece očekuje se da neće moći u dovoljnoj mjeri surađivati tijekom snimanja. Budući da i najmanje pomicanje pacijenta tijekom snimanja može značajno umanjiti kvalitetu konačne slike stvaranjem artefakata pomicanja, djeca mlađa od 6 godina moraju se sedirati prije snimanja MR-om (29).
- Anksioznost – mali skućeni prostor magnetskog tunela, buka koju proizvodi magnet, sobna temperatura dijagnostike i duljina snimanja jedni su od glavnih uzroka anksioznosti. Budući da anksioznost može biti uzrok odbijanja pregleda, kao moguće rješenje pokazala se sedacija (29).
- Klaustrofobija – predstavlja strah od zatvorenog ili uskog prostora. Kod osoba koje pate od takvog poremećaja nije moguće provesti pregled bez sedacije ili anestezije (29).

Ciljevi sedacije kod pedijatrijskih pacijenata su: briga za sigurnost i dobrobit djeteta, smanjenje negativnih psiholoških odgovora i fizičke nelagode te kontrola pokreta i umirivanje djeteta tijekom snimanja (29).

### **7.1.3. Tehnike snimanja, protokoli i sekvence**

Protokoli i sekvence koje se koriste kod pedijatrijskih pacijenata razlikuju se od onih koje se koriste kod odraslih pacijenata zbog dobi pacijenta, različite patologije i kliničkih indikacija. Djeca često ne mogu dovoljno dugo ostati mirna pa je iz tog razloga važno odrediti prioritete sekvence s najvišim dijagnostičkim doprinosima. Korištenje 3D sekvenci može pomoći u određivanju poremećaja te smanjenju

mogućnosti propuštanja određene patologije zbog djelomičnog volumena ili razmaka među slojevima (26).

Često je nužno modificirati protokol ili sekvencu kod pedijatrijskih bolesnika te postići ravnotežu između optimalne rezolucije prikaza i vremena skeniranja. Kod modificiranja sekvenci važno je odabrati pulsnu sekvencu koja se podudara s potrebnim FOV-om i zavojnicom koja se koristi. Manje učinjenih izmjena i modifikacija smanjuje mogućnost pogreške (26).

Prilikom snimanja djece, važan je odabir odgovarajuće radiofrekventne zavojnice. Potrebno je odabrati zavojnicu koja se blisko podudara s FOV-om i dijelom tijela koji se snima zbog dobivanja maksimalnog signala iz tijela pacijenta (26).

3D tehnike mogu se koristiti za prikaz svih dijelova tijela. Njihova upotreba omogućuje visoku rezoluciju prikaza, točna mjerenja veličine lezije i praćenje promjena u patološkim stanjima (26).

## 8. ULTRAZVUK

Ultrazvuk je zvučni val visoke frekvencije, približno 20 000 Hz, koja je iznad granice čujnosti ljudskog uha. Karakteristike ultrazvučnog vala su: valna duljina, frekvencija, brzina širenja i intenzitet. Frekvencija ultrazvučnog vala je proporcionalna s brzinom, a obrnuto proporcionalna s valnom duljinom, prodornošću i intenzitetom vala (14). Najpoznatija primjena ultrazvuka je u medicini (30).

Ultrazvučna dijagnostika ili „sonografija“ je izlaganje dijela tijela zvučnim valovima visoke frekvencije kako bi se dobile slike unutrašnjosti tijela (31). Princip korištenja je vrlo jednostavan: odašilje se ultrazvučni val koji se odbija od prepreke te se prema vremenu potrebnom da se val vrati određuje udaljenost i oblik promatrane strukture (30).

Ultrazvučni uređaj sastoji se od: sonde (pretvarača), pulsnog generatora, električnih sklopova te računala s tipkovnicom i zaslonom koji su integrirani u kućište s funkcijskim tipkama. Ultrazvučna sonda je najvažniji i najskuplji dio ultrazvučnog uređaja. Postavlja se na kožu pacijenta i pomiče po dijelu tijela koji se pregledava te se na ekranu prikazuje odgovarajuća slika. Prije postavljanja sonde, na kožu je potrebno nanijeti gel koji, budući da ultrazvučni snop ne prolazi kroz zrak, onemogućuje interpoziciju zraka između kože i sonde te na taj način ultrazvučni snop može prodrijeti u tijelo. Ultrazvučna sonda služi kao odašiljač i prijarnik ultrazvučnog vala, a ultrazvuk se stvara i otkriva na principu pijezelektričnog efekta. Na taj se način električna energija pretvara u ultrazvuk, a ultrazvuk ponovno u električni signal (14).

### 8.1. Ultrazvučna dijagnostika u pedijatriji

Ultrazvučna dijagnostika je metoda izbora u pedijatriji. Glavna prednost ultrazvuka je što ne koristi štetno ionizirajuće zračenje. Pregled je jednostavan, brz, bezbolan, neinvazivan i neškodljiv. Može se primijeniti kod djece svih uzrasta (32).

Ultrazvučni pregled djece obično se ne razlikuje mnogo od pregleda odraslih. Glavna razlika je u odabiru prikladne ultrazvučne sonde, budući da ultrazvučne sonde koje se koriste za pregled odraslih nisu prikladne za djecu. Pedijatrijske sonde imaju višu



frekvenciju od sonde koje se koriste kod odraslih. Takve sonde imaju bolju rezoluciju što je iznimno važno za kvalitetu prikaza. Izazovi za liječnika koji obavlja pregled djece slični su kao o kod drugih radioloških metoda. Uspostavljanje suradnje s djetetom, prijateljsko okruženje i dobre komunikacijske vještine uvelike olakšavaju izvođenje pregleda. Kod pedijatrijskih ultrazvučnih pregleda, opće pravilo je da se pregled izvodi u prisutnosti roditelja budući da to dodatno umiruje dijete te pomaže suradnji (25). Ultrazvukom je moguće pregledati mozak i kukove, što u kasnijoj dobi nije moguće zbog zatvaranja velike fontanele i okoštavanja kostiju kuka. Također, ultrazvuk je i metoda izbora u dijagnosticiranju akutnog apendicitisa kod djece (32).

Mogućnosti ultrazvučne dijagnostike su velike. Ona može biti dopunska ili definitivna dijagnostička metoda i u oba slučaja može ubrzati i pojeftiniti dijagnostički postupak. Uspješnost ove dijagnostičke metode u velikoj mjeri ovisi o liječniku koji obavlja pregled (32).

## 9. ZAKLJUČAK

- Djeca su osjetljivija na djelovanje zračenja od odraslih zato je potrebno prilagoditi radiološke pretrage individualno svakom djetetu, reducirati nepotrebne radiološke pretrage, smanjiti broj ponavljanih snimanja te provoditi sve dostupne mjere zaštite od zračenja.
- Metode izbora u pedijatrijskoj radiologiji su one metode koje ne koriste štetno ionizirajuće zračenje, a to su magnetska rezonancija i ultrazvuk.
- Najvažnija mjera zaštite kod konvencionalne radiografije i kompjutorizirane tomografije, odnosno metoda koje koriste ionizirajuće zračenje, je opravdanost kliničke indikacije. Ako je pregled indiciran, potrebno je prilagoditi tehniku snimanja i ekspozicijske parametre ovisno o dobi djeteta, odnosno veličini i težini svakog djeteta posebno.

## 10. LITERATURA

1. Janković S, Mihanović F, Uvod u radiologiju. Split: Sveučilište u Splitu; 2014.
2. Alzen G, Benz-Bohm G, Radiation Protection in Pediatric Radiology. Köln: Dtsch Arztebl Int.; 2011.
3. Saraga-Babić M, Puljak L, Mardešić S, Kostić S, Sapunar D, Embriologija i histologija čovjeka. Split: Sveučilište u Splitu; 2014.
4. Björkman B, Children in the Radiology Department. Jönköping: School of Health Sciences, Jönköping University; 2014.
5. Hardy M, Boynes S, Paediatric Radiography. Bradford: Blackwell Science; 2003.
6. Wilmot D.M, Sharko G.A, Pediatric Imaging for the Technologist. Toronto: Springer-Verlag New York Inc.; 1987.
7. Lučanin D, Komunikacijske vještine u zdravstvu. Jastrebarsko: Naklada Slap; 2010.
8. Gauthier Cornuelle A, Gronfeld DH, Radiographic anatomy and positioning. Stamford; Appleton & Lange; 1998.
9. Hrabar D, Pravni status djeteta kao pacijenta. U: Ivanišević G, Prava djeteta kao pacijenta. Zagreb: Hrvatski liječnički zbor; 2002.
10. Turković K, Roksandić Vidlička S, Brozović J, Informirani pristanak djece u hrvatskom zakonodavstvu. U: Čović A, Radonić M, Bioetika i dijete. Zagreb: Pergamena; 2011.
11. Klanfar Z, Teorija i praksa radiološke tehnologije. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2013.
12. Klavs D, Pašagić D, Kotar N, Radiation protection in pediatric radiography – introducing some immobilization and protection equipment. Ljubljana: Paediatrics today; 2016.
13. <https://www.slideshare.net/JulieParsons2/pediatric-radiography>

14. Janković S, Mihanović F, Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini. Split: Sveučilište u Splitu; 2015.
15. [http://ozs.unist.hr/~fmihanov/nastava/UuR/S6\\_Radiografija\\_FM1.pdf](http://ozs.unist.hr/~fmihanov/nastava/UuR/S6_Radiografija_FM1.pdf)
16. International Atomic Energy Agency, Radiation Protection in Paediatric Radiology. Beč: International Atomic Energy Agency; 2012.
17. The International Commission on Radiological Protection, Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. Elsevier Ltd; 2013.
18. Miletić D, Skeletna radiografija. Rijeka: Glosa; 2008.
19. Nievelstein R, M. van Dam I, J. van der Molen A, Multidetector CT in children: current concepts and dose reduction strategies. Leiden: Springer; 2010.
20. Mahesh M, Hevezi J, Hevezi J, Singh S, Kalra KM, Thrall J, Pointers for Optimizing Radiation Dose in Pediatric CT protocols. American College of Radiology; 2012.
21. Singh S, Kalra KM, Moore AM, Shailam R, Liu B, Toth LT, et al. Dose Reduction and Compliance with Pediatric CT Protocols Adapted to Patient Size, Clinical Indication, and Number of Prior Studies. RSNA. 2009.
22. Merimaa K, Seuri R, et al. Guidelines for paediatric CT examinations. STUK, 2012.
23. <http://studylib.net/doc/5842579/30.ct-physics-module-g>
24. <http://hdimr.hr/hr/wp-content/uploads/2013/10/2000-br-2.pdf>
25. Erondur OF, Medical Imaging in Clinical Practice. InTech; 2013.
26. Cahoon G, Techniques in Pediatric MRI – Tips for Imaging Children. Melbourne: MAGNETOM Flash; 2011.
27. <http://emedicine.medscape.com/article/809993-overview>
28. Jevdijić J, Šurbatović M, Drakulić-Miletić S, Žunić F, Duboka sedacija dece midazolamom i propofolom tokom ambulantnog snimanja mozga magnetnom rezonancom. Vojnosanitetski pregled; 2011.

29. Wellis V, Pediatric Anaesthesia and Pain Management – Paractice Guidelines for the MRI and MRT. Stanford University Medical Center; 1998.

30. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>

31. <http://poliklinika-arcadia.hr/hr/radiologija/11-ultrazvuk/13-snimanje-ultrazvukom?showall=1>

32. Beneš-Mirić S, Primjena ultrazvučne dijagnostike u pedijatriji. Sarajevo: Jugoslavenska pedijatrija; 1990.

## 11. SAŽETAK

Budući da se u svijetu svake godine povećava broj izvođenih radioloških pretraga, važno je osvijestiti da je svako izlaganje zračenju štetno. To je posebno važno u slučaju pedijatrijskih pacijenata s obzirom da su djeca osjetljivija na djelovanje zračenja od odraslih. Pedijatrijski pacijenti su jedna od najzahtjevnijih skupina pacijenata i predstavljaju poseban izazov za radiološkog tehnologa budući da vrlo često ne surađuju i ne mogu ostati mirni tijekom snimanja. Zato je potrebno prije snimanja posvetiti trud i vrijeme pravilnom pozicioniranju i imobilizaciji jer se na taj način osigurava kvalitetan prikaz snimanog dijela tijela i smanjuje potreba ponavljanja snimanja i tako smanjuje doza zračenja. Jednostavni oblici imobilizacije uključuju upotrebu materijala i opreme koji se uobičajeno nalaze u radiološkim odjelima te neka posebna mehanička sredstva za imobilizaciju djece, a složeni postupci imobilizacije, u koje ubrajamo sedaciju i anesteziju, najčešće se primjenjuju kod snimanja kompjutoriziranom tomografijom i magnetskom rezonancijom. Kod metoda koje koriste ionizirajuće zračenje, jedna od najvažnijih mjera zaštite je opravdanost kliničke indikacije. Ako je pregled indiciran, potrebno je slijediti opće i posebne smjernice za radiografiju djece te prilagoditi tehniku snimanja i parametre ekspozicije dobi i težini svakog djeteta posebno. Prije svakog snimanja, važno je razmotriti mogućnost alternativnih slikovnih metoda koje ne koriste ionizirajuće zračenje. Upravo iz tog razloga, magnetska rezonancija i ultrazvuk su metode izbora u pedijatrijskoj radiografiji. Magnetska rezonancija prikazuje snimani dio tijela u sve tri ravnine, a glavni nedostatak je dugo trajanje pretrage i potreba za sedacijom djeteta. Ultrazvuk ima posebno mjesto u pedijatrijskoj dijagnostici gdje se koristi za pregled mozga i kukova, a ujedno je i metoda izbora za dijagnostiku akutnog apendicitisa u djece.

## 12. SUMMARY

As the number of performed radiological examinations increases every year, it is important to realize that any radiation exposure is harmful. This is especially important in pediatric patients since children are more vulnerable to radiation than adults. Pediatric patients are one of the most demanding groups of patients and pose a special challenge for radiologic technologist because they often do not cooperate and can not remain calm during the exposure. Therefore, it is necessary to devote the effort and time of proper positioning and immobilization before exposure, as it ensures a good quality of the recorded body part and reduces the need for repeated imaging and thus reduces the radiation dose. Simple forms of immobilization include the use of materials and equipment commonly found in radiological departments and some special mechanical devices for immobilization of children, and complex immobilization procedures with sedation and anesthesia are most commonly used in computerized tomography and magnetic resonance imaging. For methods that use ionizing radiation, one of the most important measures of protection is the justification of clinical indication. If a radiological examination is needed, it is necessary to follow the general and special guidelines for x-ray of children and to adjust the recording technique and parameters of exposure according to age and weight of each child in particular. Before each exposure, it is important to consider the possibility of using alternative imaging methods that do not have ionizing radiation. For this reason, magnetic resonance imaging and ultrasound are methods of choice in pediatric radiography. The magnetic resonance provide an image of the recorded part of the body in all three planes, and the main disadvantage is the long duration of the examination and the need for sedation of the child. Ultrasound has a special place in pediatric diagnostics where it is used for brain and hips examination, and is also a method of choice for the diagnosis of acute appendicitis in children.

## 13. ŽIVOTOPIS

### OPĆI PODATCI:

IME I PREZIME: Dora Sladaković

DATUM I MJESTO ROĐENJA: 03.12.1996., Split

ADRESA STANOVANJA: Vukovarska 110, 21 000 Split

TELEFON: 021/534-252

MOBITEL: 091 513 94 98

E-MAIL: [dora\\_sladakovic@hotmail.com](mailto:dora_sladakovic@hotmail.com)

### OBRAZOVANJE:

2002. – 2010. Osnovna škola „Gripe“, Split

2010. – 2014. Zdravstvena škola Split – Farmaceutski tehničar

2014. – 2017. Sveučilišni odjel zdravstvenih studija u Splitu – Radiološka tehnologija

### JEZICI:

Engleski jezik: aktivno; Talijanski jezik: pasivno

**RAČUNALNE VJEŠTINE:** izvrsno poznavanje i služenje Microsoft office paketom (Word, Excel, Power Point), izvrsno poznavanje i služenje internetom

**ORGANIZACIJSKA DOGAĐANJA:** sudjelovanje na radionici AgeEstimation Workshop u Splitu 2016