

Varijabilnost doze zračenja tijekom DSA periferne angiografije - usporedba dvaju proizvođača iste generacije fluoroskopa

Veršić, Lucija

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:195401>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-14**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Lucija Veršić

VARIJABILNOST DOZE ZRAČENJA TIJEKOM DSA PERIFERNE
ANGIOGRAFIJE – USPOREDBA DVAJU PROIZVOĐAČA ISTE
GENERACIJE FLUOROSKOPA

Završni rad

Rijeka, 2024.

UNIVERSITY OF RIJEKA

FACULTY OF HEALTH STUDIES
UNDERGRADUATE PROFESSIONAL STUDY OF RADIOLOGICAL TECHNOLOGY

Lucija Veršić

RADIATION DOSE VARIABILITY DURING DSA PERIPHERAL
ANGIOGRAPHY – COMPARISON OF TWO MANUFACTURERS OF THE
SAME GENERATION OF FLUOROSCOPES

Bachelor's thesis

Rijeka, 2024.

Mentor rada: dr.sc. Lovro Tkalčić, dr. med.

Završni rad obranjen je dana _____ u/na _____
_____ pred povjerenstvom u

sastavu:

1. prof.dr.sc. Damir Miletić, dr.med.
2. Maja Karić, bacc.radiol.techn., univ.mag.admin.sanit.
3. dr.sc. Lovro Tkalčić, dr.med.

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. FLUOROSKOPIJA.....	2
3. DIGITALNA SUPTRAKCIJSKA ANGIOGRAFIJA	3
3.1. Povijest	3
3.2. Indikacije	4
3.3. Postupak	4
3.4. Sustav za DSA.....	5
3.4.1. Generator i rendgenska cijev.....	5
3.4.2. Elektronička pojačala	6
3.4.3. Analogno-digitalni i digitalno-analogni pretvarač	6
3.4.4. Slikovni procesor.....	7
3.5. DSA tehnika	8
3.6. Automatska štrcaljka	10
3.7. Komplikacije	12
4. PERIFERNA ARTERIJSKA BOLEST	13
5. DOZIMETRIJSKE VELIČINE I MJERNE JEDINICE	14
5.1. Doze zračenja	14
5.2. Učinci zračenja	15
5.3. Osjetljivost stanica	15
5.4. Somatski i genetski utjecaj	15
5.5. Preporučene granične doze	17
6. ZAŠTITA OD IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA.....	18
6.1. Štitnici i dozimetri u zaštiti.....	19
7. CILJ I HIPOTEZA	21
8. ISPITANICI (MATERIJALI) I METODE.....	22
9. REZULTATI.....	23
10. RASPRAVA.....	27
11. ZAKLJUČAK	28
LITERATURA:.....	29
PRILOZI: popis ilustracija	33
ŽIVOTOPIS.....	34

Izvešće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

Opći podatci o studentu:

Sastavnica	
Studij	Preddiplomski stručni studij radiološke tehnologije
Vrsta studentskog rada	Istraživački
Ime i prezime studenta	Lucija Veršić
JMBAG	0351013543

Podatci o radu studenta:

Naslov rada	
Ime i prezime mentora	Predavač dr.sc. Lovro Tkalčić dr.med.
Datum predaje rada	
Identifikacijski br. podneska	2411680182
Datum provjere rada	2.7.2024.
Ime datoteke	zavr_ni_FINALNO-_LV.docx
Veličina datoteke	1.81 m
Broj znakova	52245
Broj riječi	8403
Broj stranica	42

Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	
	13

Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	2.7.2024
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

2.7.2024.

Potpis mentora

POPIS KRATICA

DSA- digitalna suptrakcijska angiografija

ITM- indeks tjelesne mase

PAB- periferna arterijska bolest

SNR- „*signal to noise ratio*“ odnos signal-šum

SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je istražiti razlike u varijabilnosti doze zračenja između dva proizvođača iste generacije fluoroskopa. Retrospektivnom analizom podataka u razdoblju od 1.7.2023. godine do 10.1.2024. godine (proizvođač B) i u razdoblju od 1.1.2023. do 1.7.2023. (proizvođač A) prikupljeni su podaci 28 pacijenata podvrgnutih DSA perifernoj angiografiji Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju Kliničkog bolničkog centra Rijeka.

Dobiveni rezultati su pokazali statistički značajnu razliku u varijabilnosti doze zračenja između proizvođača A (srednja vrijednost = 57.18, standardna devijacija = 55.918) i proizvođača B (srednja vrijednost = 24.226, standardna devijacija = 24.398). T-test je pokazao t-vrijednost od 2.509 i p-vrijednost od 0.0186, što ukazuje na odbacivanje nulte hipoteze i potvrđuje statističku značajnost razlika. Istraživanje o varijabilnosti doze zračenja između proizvođača iste generacije fluoroskopa tijekom DSA periferne angiografije je od ključne važnosti radi optimizacije protokola zračenja i sigurnosti pacijenata te osoblja sale.

Ključne riječi: apsorbirana doza, DSA periferna angiografija, ionizirajuće zračenje

ABSTRACT

Aim of this study was to investigate differences in radiation dose variability between two manufacturers of the same generation of fluoroscopes. Through retrospective data analysis from July 1st, 2023, to January 10th, 2024 (manufacturer B) and from January 1st, 2023, to July 1st, 2023 (manufacturer A), data from 28 patients undergoing DSA peripheral angiography at Clinical Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Clinical Hospital Center Rijeka

The obtained results showed statistically significant differences in radiation dose variability between manufacturer A (mean = 57.18, standard deviation = 55.918) and manufacturer B (mean = 24.226, standard deviation = 24.398). T-test yielded a t-value of 2.509 and a p-value of 0.0186, indicating rejection of the null hypothesis and confirming the statistical significance of the differences. Investigating radiation dose variability between manufacturers of the same generation of fluoroscopes during DSA peripheral angiography is crucial for optimizing radiation protocols and ensuring the safety of patients and operating room staff.

Keywords: absorbed dose, DSA peripheral angiography, ionizing radiation

1. UVOD

Zračenje je dio prirodnog okruženja u kojem živimo, a koje na različite načine utječe na život pojedinca. Tek u drugoj polovici 19.-og stoljeća otkriveno je ionizirajuće zračenje koje se obilno primjenjuje u medicini. Ionizirajuće zračenje opisuje pojam prijenosa energije kroz prostor u obliku subatomske čestice i elektromagnetskih valova koji imaju sposobnost ionizirati materiju (1). Pri sudaru ionizirajućeg zračenja s tvari, zračenje može predati dio energije ili svu energiju tvari što za posljedicu ima i promjenu ili nestanak zračenja dok predana energija mijenja svojstva i stanja ozračene tvari. Nažalost posljedice međudjelovanja zračenja i tvari mogu biti i štetne za čovjeka i okoliš. Ovisno o sastavnicama zračenja razlikujemo dvije skupine: elektromagnetsko (fotonsko) zračenje i čestično (korpuskularno) zračenje. U čestično zračenje spadaju alfa, beta, protonska i neutronska zračenja dok u fotonsko zračenje spadaju gama zračenje i rendgensko zračenje. Izvori ionizirajućeg zračenja mogu se dijeliti na prirodne i umjetne ili na trajne i povremene, a ovisno o vrsti čestice koje odašilju, čestičnom ili energijskom toku, obliku snopa itd. Izvori zračenja, kako prirodni tako i umjetni, prisutni su širom oko nas. Prirodni izvori obuhvaćaju svemirsko zračenje, zračenje iz zemljine kore te radon u hrani i vodi za piće. Umjetni izvori, s druge strane, proizlaze iz uređaja koji emitiraju zračenje. To uključuje medicinsko ozračivanje rendgenskim uređajima za dijagnostiku ili terapiju pacijenata, radionuklide koji se pojavljuju u okolišu uslijed nuklearnih istraživanja ili ispitivanja oružja, kao i radioaktivne tvari koje se koriste u industriji. Dodatno, tu su i rendgenski uređaji u zračnim lukama, graničnim prijelazima, carini te u proizvodnji papira, plastike i lima. U ovom radu fokus je na umjetnom izvoru zračenja odnosno rendgenskom zračenju proizvedenom na anodi rendgenske cijevi uređaja za DSA. Kao najveći problem korištenja ionizirajućeg zračenja predstavlja se zaštita čovjekove radne i životne okoline (2,3).

2. FLUOROSKOPIJA

Fluoroskopija je tehnika koja omogućuje prikaz tijela bolesnika pomoću x-zraka u stvarnom vremenu, korisna za vođenje raznih dijagnostičkih i intervencijskih postupaka. Brzina prikaza pokreta u fluoroskopiji doseže 25-30 slika u sekundi, što je usporedivo s konvencionalnim televizijskim ili video prijenosom slika. Iako fluoroskopija pruža brze i dinamične informacije, doze zračenja su relativno visoke, a vrijeme izloženosti može biti produljeno, ovisno o složenosti postupka te vještini i iskustvu operatera koji izvodi postupak (4).

Ključna razlika između konvencionalne i digitalne fluoroskopije leži u samom sustavu slikanja - konvencionalna koristi pojačivač slike i videokameru, dok digitalna koristi digitalni slikovni lanac. Ostali dijelovi opreme obično su slični u obje tehnike (5).

Digitalne metode snimanja rendgenskih slika obuhvaćaju tehnike gdje slika nije formirana direktnim djelovanjem rendgenskih zraka na rendgenski film ili ekran. Umjesto toga, koristi se digitalizacija analognih dijagnostičkih informacija. Fluoroskopsko snimanje uključuje uporabu kompleksne slikovne opreme, uključujući sofisticirane sustave automatske kontrole izloženosti i opremu dizajniranu za snimanje pojedinačne ili više slika. Mnogi postupci fluoroskopskog snimanja su složeni, a oprema se koristi i u dijagnostičke i terapijske (intervencijske) svrhe.

Doze zračenja fluoroskopske opreme, posebno u terapijske svrhe mogu biti visoke, što rezultira stohastičnim i determinističkim učincima. Uporaba fluoroskopskog slikovnog sustava pri višim kilovoltima i strujama cijevi nego što je potrebno može rezultirati visokim dozama zračenja za pacijenta (i osoblje) posebice kod pretelih pacijenata, dugih perioda fluoroskopije zbog složenih pregleda ili operatera s ograničenim iskustvom ili vještinama fluoroskopije. Stoga je optimizacija bitna kako bi se osiguralo da kvaliteta slike pruža adekvatne informacije za postupak, dok se doza zračenja za pacijenta održava na prihvatljivoj razini (4,5,6).

3. DIGITALNA SUPTRAKCIJSKA ANGIOGRAFIJA

Angiografija je radiološka metoda prikaza lumena krvnih žila (7). Rutinskoj primjeni angiografije pridonijelo je uvođenje DSA u procesu usavršavanja rendgenske aparature. Specijalni uvjeti za izvođenje temelje se na brzom serijskom snimanju koje prikazuje hemodinamiku i pokrete što zahtijeva specijalne generatore, rendgenske cijevi, elektronsko pojačalo, kateterizacijski stol i automatski štrcaljku. Prvi uređaji za angiografiju koristili su analogni radiografski film kao receptor slike što je dovodilo do problema sa očitanjem, naknadnom obradom i postavljanjem dijagnoze. U novije vrijeme koristi se metoda digitalne suptrakcijske angiografije (8).

Digitalna suptrakcijska angiografija (DSA) je fluoroskopska tehnika koja se intenzivno koristi u dijagnostičkoj intervencijskoj radiologiji za vizualizaciju krvnih žila (9,10). Strukture poput kostiju eliminiraju se ("oduzimaju") digitalno sa slike, čime se omogućuje točan prikaz krvnih žila (10,11).

3.1. Povijest

Prve eksperimentalne radove za digitalizaciju rendgenske slike izvodio je Mayers 1963.g. no tek se 20-ak godina nakon njegovih istraživanja pokušavaju uklopiti kompjuterizirana tomografija i konvencionalna slikovna metoda. Istraživači na sveučilištu Winsconsin i sveučilištu Arizona su proučavali digitalno prosvjetljavanje na principu prikupljanja slike iz pojačala, zatim alegoričkog pojačanja te digitalizacije i same obrade na monitoru. Naziv digitalna suptrakcijska angiografija prvi je koristio Meaney, 1980.g.. Razvoj DSA traje i danas (10,12).

3.2. Indikacije

Brojne su indikacije za angiografiju, a njihov broj raste od kada je intervencijska radiologija pokazala svoju učinkovitost u zamjeni mnogih otvorenih vaskularnih postupaka. Primjeri su endovaskularni popravak aneurizmi, balon angioplastika, stentiranje, endovaskularna embolizacija i trombektomija. DSA se najčešće koristi za dijagnozu arteriovenskih malformacija, traženje uzroka krvarenja ili tumora na bazi lubanje te kada se očekuje potreba za intervencijom. Prije angiografskog pregleda bitno je objasniti svrhu pretrage i upozoriti na moguće komplikacije. Rizične skupine obuhvaćaju starije osobe s aterosklerotskim arterijama, hipertoničare, bolesnike s bubrežnom insuficijencijom, dehidrirane osobe te osobe s izraženom preosjetljivošću na kontrastna sredstva (10,11).

3.3. Postupak

Procjena pacijenta bi trebala obuhvatiti, ali nije ograničena na: prisutnost aterosklerotske bolesti (na primjer, prethodni infarkt miokarda), dijabetes, bubrežnu funkciju, lijekove, alergije i prethodno izlaganje jodiranim kontrastnim sredstvima, povijest kirurških zahvata, osobito vaskularnih, te pregled svih relevantnih vaskularnih slikovnih studija, kao što su prije proceduralni CT angiogrami. Kontinuirano se prate broj otkucaja srca pacijenta i saturacija kisikom, dok se krvni tlak povremeno mjeri putem samonapuhavajuće manžete. Svi postupci moraju se izvoditi u strogim aseptičnim uvjetima, uključujući odjeću, tehniku i pripremu. Ovisno o postupku i stanju pacijenta, može biti potrebna svjesna sedacija ili čak opća anestezija od strane anesteziologa. Pacijent se može postaviti tako da mu je glava na bilo kojem kraju kreveta kako bi se olakšao vaskularni pristup i manevriranje intervencijskom radiologu (10,13).

3.4. Sustav za DSA

Dva su osnovna sustava DSA: integrirani i priključni sustav. Rendgenski uređaj i uređaj za dobivanje slike čine integrirani sustav dok priključni sustav digitalizira televizijski signal sa sustava za prosvjetljavanje. Priključni sustav je uglavnom napušten zbog komplicirane sinkronizacije, a da bi se dobila zadovoljavajuća slika spaja se više digitaliziranih slika. Integrirani sustav kao i sustavi s ravnim detektorom se koriste u većini bolnica jer proizvode slike velikih dijagnostičkih vrijednosti. Dijelovi sustava za DSA su: generator, elektronsko pojačalo i kamera, analogno-digitalni i digitalno-analogni pretvarač slike, slikovni procesor, računalo i uređaj za prikaz slike (14,15).

3.4.1. Generator i rendgenska cijev

Generatori koji se koriste za DSA su višefrekventni generatori snage 80-100 kW sa mogućnošću pulsne dijaskopije i različitih programa krivulje dijaskopije. Također imaju mogućnosti biranja između zadržavanja vrijednosti kilovolta, linearnog povećanja kilovolta i miliampera, povećavanja vrijednosti miliampera, ili pak odabir određenih električnih vrijednosti prema želji korisnika. Kako bi velik broj ekspozicija visokog inteziteta u kratkom vremenu bio moguć potrebne su jače i izdržljivije rendgenske cijevi sa velikom protočnošću i velikim toplinskim kapacitetom što se postiže povećanjem anode koja rotira na ležištu (brzine rotacije od 9 000 do 15 000 okretaja u minuti). Anode imaju i tri fokusa sa najmanjim promjerom od 0.3 mm kako bi se bitno smanjila doza zračenja osoblja koje izvodi pretragu (16,17).

3.4.2. Elektronička pojačala

Elektronsko pojačalo pretvara rendgenske zrake u svjetlost, smanjujući intenzitet zračenja i omogućujući pregled u osvijetljenim prostorijama. Postoje tri vrste: klasično, digitalno i ravni detektor. Elektronička pojačala s cezijevim jodidom ključna su u DSA tehnologiji jer apsorbiraju rendgenske fotone i stvaraju svjetlost proporcionalnu broju fotona. Kvalitetno pojačalo mora podnijeti milijardu ekspozicija bez gubitka rezolucije. Konvencionalna pojačala gube rezoluciju pri visokim protocima zbog potiskivanja elektrona, no novija s cezijevim jodidom rješavaju taj problem (17).

Ograničavajući faktor je veličina polja pojačala, pri čemu veća pojačala omogućuju prikaz većih područja, ali smanjuju prostornu rezoluciju. Televizijska kamera pretvara svjetlost u elektronički video signal, gdje je ključan omjer signal-šum (SNR). Progresivno skeniranje videozapisa nakon kratkih pulsnih ekspozicija smanjuje artefakte pokreta. Kod biplanarnih DSA aparata, izmjena pulsa između dvije cijevi sprječava rasipanje.

Novije kamere s olovnim oksidom postigle su SNR od 1000:1, unaprjeđujući dinamički raspon i smanjujući zaostajanje. CCD kamere i digitalni ravni detektori omogućavaju konverziju svjetlosti u napon bez gubitka kvalitete slike, smanjujući dozu zračenja i šum. Prednost ravnodetektorskih sistema je direktna pretvorba slike iz analogne u digitalnu unutar detektora, bez dodatnih slikovnih procesora (14,16,17).

3.4.3. Analogno-digitalni i digitalno-analogni pretvarač

Analogno-digitalni pretvarač, koji transformira analognu sliku sa sekundarnog zaslona u digitalni format, predstavlja visokobrzinski konverter s rezolucijom jednog piksela od 10-16 bita. Pri rezoluciji od 14 bita, omogućuje 16,384 različite vrijednosti nijansi sive skale za svaki piksel. Brzina obrade je sinkronizirana s generatorom. Na matrici od 512x512 piksela, analogno-digitalni pretvarači digitaliziraju između 15 i 30 slika u sekundi, dok na matrici od 1024x1024 piksela postižu brzinu digitalizacije od 25-50 slika u sekundi. Da bi digitalna slika bila prikazana na monitoru, koristi se digitalno-analogni konverter s rezolucijom od 8 bita (danas i 16 bita), koji ponovno pretvara digitalnu sliku u analognu (16,18).



Slika 1 Prikaz DSA uređaja u angiografskoj sali (Izvor: Privatna arhiva KBC Rijeka, 2024.)

3.4.4. Slikovni procesor

Digitalni procesor slike ima ključnu ulogu u suptrakciji i pojačavanju rendgenskih slika. Njegove osnovne funkcije uključuju digitalizaciju televizijskih slika (poznatih kao "frame"), pohranu digitalnih slika, njihovo prikazivanje na zaslonu i filmu te procjenu dobivene slike. Matriks procesora slike sastoji se od pravokutnih elemenata slike ili piksela, a njegova veličina određena je brojem piksela na svakoj strani slike. Veće matrice omogućuju bolju geometrijsku rezoluciju i detaljniji prikaz manjih detalja (14).

Za digitalnu suptrakciju koriste se temporalna, energetska i hibridna suptrakcija. Temporalna suptrakcija koristi masku slike koja se oduzima od kasnije snimljene kontrastne slike, ali je

osjetljiva na artefakte. Energetska suptrakcija koristi slike snimljene pri različitim energijama rendgenskih zraka, smanjujući osjetljivost na pokret, ali može uključivati kosti i krvne žile. Hibridna suptrakcija kombinira slike visokih i niskih kilovolti prije i nakon kontrasta, poništava meko tkivo i fokusira se na krvne žile, ali smanjuje omjer signal-šum (SNR).

Digitalne slike mogu se pohraniti na digitalnom disku ili u analognom obliku na analognom disku. Pohrana na digitalnom disku omogućuje brz pristup i minimalan gubitak informacija.

Nakon pohrane, slike prolaze kroz aplikativni softver za obradu slike. Ovaj softver omogućuje manipulaciju slikama, uključujući funkcije poput uvećavanja slike, naglašavanja rubova krvnih žila te izradu rekonstrukcija (14,15).

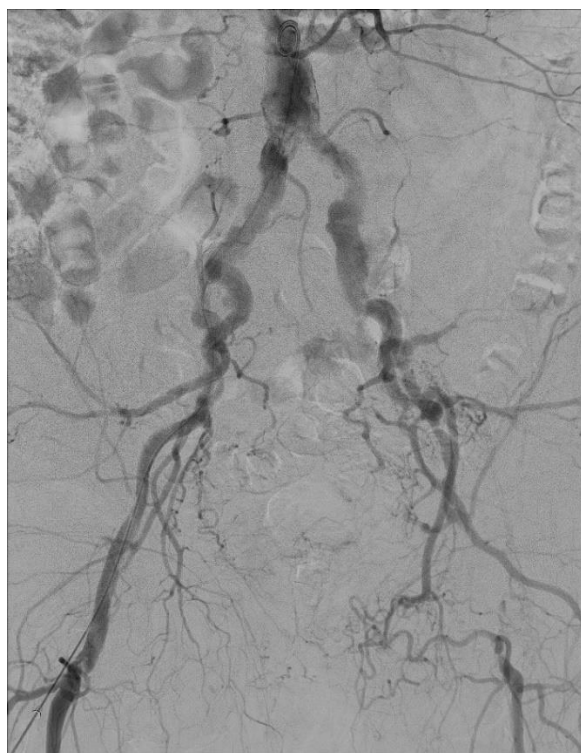
3.5. DSA tehnika

Digitalna suptrakcijska angiografija (DSA) koristi se za snimanje lumena krvnih žila bez ometajućih sjena preklapajućih tkiva, omogućujući jasan prikaz krvnih žila s nižom dozom kontrastnog sredstva. Prije ubrizgavanja kontrasta snima se "maska" anatomije, a za vrijeme ubrizgavanja kontrasta snimaju se slike krvnih žila. Te kontrastne slike se oduzimaju od slika maske kako bi se prikazale samo krvne žile, izbjegavajući prikaz okolnog tkiva. Bitno je spriječiti bilo kakvo pomicanje opreme ili pacijenta između dvije slike. Konačna slika može se pratiti u stvarnom vremenu. Kako bi se riješili artefakti koji se mogu stvoriti tijekom snimanja, može se koristiti ručno pomicanje piksela, osim u slučaju fokalnih pokreta, poput pokreta crijeva (15).

Tijekom postupka, pacijent leži na angiografskom stolu, primjenjuje se lokalna anestezija na mjestu uboda, dok je u nekim slučajevima moguća i opća anestezija. Za pristup krvnoj žili koristi se Seldingerova tehnika, a često se koristi ultrazvuk za vizualizaciju žile tijekom punkcije. Uobičajeno se koristi ravna igla kalibra 18 i vodička žica promjera 0,035", na koju se navlače dijagnostički i terapijski kateteri. Također, moguća je primjena mikro-uvodnika (vodička žica promjera 0,018"), što smanjuje traumu pri ulasku i omogućuje izvlačenje bez masivnog krvarenja. Nakon završetka postupka, primjenjuje se hemostaza na mjestu uboda. Pacijenta treba imobilizirati 4-6 sati i držati u ležećem položaju, uz česta promatranja kako bi se otkrili hematomi na mjestu uboda, koji su najčešća komplikacija (13,19).



Slika 2 Prikaz zajedničkih ilijačnih arterija bez suptrakcije (Izvor: program ISSA KBC Rijeka, 2024.)



Slika 3 Prikaz zajedničkih ilijačnih arterija nakon suptrakcije (Izvor: program ISSA KBC Rijeka, 2024.)

3.6. Automatska štrcaljka

Najjače razrjeđenje kontrastnog sredstva događa se kada se kontrast injicira u krvnu žilu. Razrjeđenje ovisi o brzini krvnog protoka kroz žilu te brzini i količini injiciranog kontrasta, što znači da svaka žila ima svoje zahtjeve za količinu i brzinu aplikacije kontrastnog sredstva. Na primjer, za DSA prikaz unutrašnje karotidne arterije potrebno je injicirati 4-5 kubika kontrastnog sredstva, dok je za kvalitetan prikaz luka aorte potrebno 25-35 kubika. Brzina injiciranja kontrastnog sredstva je obrnuto proporcionalna njegovoj viskoznosti. Promjer angiografskog katetera također utječe na brzinu protoka kontrastnog sredstva. Povećanjem lumena katetera, na račun debljine stijenke, povećava se brzina protoka kontrasta kroz kateter, što znači da se brzina injiciranja može povećati upotrebom novih generacija kratkih katetera s tankom stijenkom. Postranični otvori na kateteru imaju sličan učinak (20,21).

Tlak pod kojim se kontrast injicira također igra važnu ulogu u brzini injiciranja. Povećanje tlaka povećava brzinu injiciranja; međutim, tlak ima svoj maksimum jer svaki kateter ima "tlak rupture", što je ograničavajući faktor. Za dobivanje kvalitetne DSA slike žile, važno je poštivati sve ove čimbenike, a to se najbolje postiže upotrebom automatskih štrcaljki.

Automatske štrcaljke su opremljene programatorom tlaka koji omogućuje odabir vrijednosti unutar raspona od 75 do 1,200 PSI-a, prilagođenih vrsti katetera. Ove vrijednosti se tijekom injekcije održavaju konstantnima kako bi se spriječilo pucanje katetera uslijed porasta tlaka.

Važno je i precizno odrediti vrijeme početka injiciranja kontrastnog sredstva za optimalan prikaz krvnih žila. Automatske štrcaljke omogućuju programiranje početka uštrcavanja kontrasta s odgodom od 0 do 300 sekundi od prve ekspozicije ili, u slučaju prikaza krvnih žila u kasnijoj fazi, kao što je to kod prikaza portalnog krvotoka, početak uštrcavanja 0 do 300 sekundi prije prve ekspozicije. Brzina uštrcavanja kontrastnog sredstva također je ključni faktor za kvalitetu DSA slike. Automatske štrcaljke omogućuju kontrolu brzine uštrcavanja unutar raspona od 0.1 do 40 mililitara u sekundi, uz regulaciju volumena kontrastnog sredstva koje se primjenjuje (14). Pri selektivnim i superselektivnim angiografijama, gdje se kateter nalazi na samom ulazu u arteriju, nagli porast tlaka tijekom injekcije kontrasta može uzrokovati izbacivanje katetera iz krvne žile ili oštećenja na krvnoj žili. Automatske štrcaljke rješavaju ovaj problem postupnim povećanjem tlaka od 0 do željene vrijednosti kroz 0 do 10 sekundi. Nove kompjutorizirane automatske štrcaljke omogućuju programiranje jedne do četiri vremenske faze za primjenu kontrastnog sredstva te memoriranje do 45 različitih protokola

primjene. DSA predstavlja temelj u svim angiografskim prostorijama i nezamjenjiv je za modernu vaskularnu dijagnostiku i intervencijsku radiologiju (20,21,22).



Slika 4 Prikaz automatske štrcaljke (Izvor: Privatna arhiva KBC Rijeka, 2024.)

3.7. Komplikacije

Metode koje uključuju ionizirajuće zračenje mogu za komplikacije imati posljedice izloženosti štetnom zračenju ili posljedice primjene kontrasta. Također zbog invazivnosti pretrage moguće su i komplikacije zbog punkcije ili kateterizacije krvne žile, primjene kontrastnog sredstva ili kod anestezije. Na samom mjestu punkcije mogući su hematomi ili pseudoaneurizme dok kateterizacijom unutar lumena krvne žile može doći do diskecije, okluzije ili distalne embolizacije što može izazvati nekoliko simptomatskih komplikacija poput ishemijskog moždanog udara, pseudoaneurizme ili hematoma (10,23).

Što se tiče neuroloških komplikacija, najčešći uzrok je tromboembolija koja može nastati manipulacijom vodicama i kateterom (24). Tromb može nastati i unutar katetera tijekom manipulacije vodičem, kada se vodič povlači u kateter, omogućavajući stagnaciju krvi unutar tog "mrtvog" prostora. Nadalje, kateteri ili vodilice mogu oštetiti endotel aterosklerotskog plaka ili izazvati disekciju intime, što može rezultirati cerebralnim infarktom. Radi smanjenja neočekivanih neuroloških komplikacija, neki liječnici preferiraju propisivanje antitrombocitnih lijekova nekoliko dana prije DSA. S druge strane, pacijenti s malignim bolestima imali su veću vjerojatnost za razvoj neuroloških komplikacija u usporedbi s onima bez raka (25). Pretpostavlja se da rak izaziva hiperkoagulabilno stanje ili da cirkulirajuće čestice raka uzrokuju infarkt. Rak je vodeći uzrok smrti diljem svijeta. Veza između raka i trombotskih bolesti, uključujući moždani udar, poznata je kao Trousseauov sindrom. Nije bilo neuroloških komplikacija kod pacijenata koji su redovito uzimali antihipertenzivnu terapiju, što naglašava mogućnost smanjenja rizika od infarkta kod hipertenzivnih bolesnika uzimanjem odgovarajuće terapije (10,25).

4. PERIFERNA ARTERIJSKA BOLEST

Periferna arterijska bolest (PAB) donjih ekstremiteta je ozbiljna bolest povezana s visokim rizikom od kardiovaskularnog morbiditeta i mortaliteta. Glavni faktori rizika za PAB su povišen kolesterol, krvni tlak, potom dijabetes, kronična bolest bubrega i pušenje. Prisustvo tri ili više ovih faktora povećava rizik od PAB-a deset puta (26). Veći dio terapije za PAB preklapa se s liječenjem bolesti koronarnih arterija i prevencije moždanog udara. U posljednjih nekoliko desetljeća, veća pozornost posvećena je liječenju PAB-a i razvoju novih terapija koje mogu smanjiti rizik od srčanih događaja i posljedica ishemije ekstremiteta kod ovih pacijenata. Nizak HDL kolesterol također je povezan s povećanim rizikom od smrti kod PAB-a (26,27).

Intermitentne klaudikacije su poznati simptom periferne arterijske bolesti (PAB), a opisuju se kao umor, nelagoda, grčevi ili bol u mišićima donjih ekstremiteta uzrokovani nedostatkom dotoka krvi, koji se redovito javlja tijekom fizičke aktivnosti poput hodanja i nestaje unutar nekoliko minuta odmora. U općoj populaciji, samo oko 10% osoba s dijagnosticiranom PAB-om prezentira se klasičnim simptomima intermitentne klaudikacije. Otprilike 40% tih osoba uopće ne osjeća simptome, dok 50% osjeća različite simptome koji se razlikuju od klasičnih klaudikacija, kao što je bol pri naporu koja ne sprječava hodanje, ne utječe na listove ili ne prolazi unutar 10 minuta odmora (28). Tipičan klinički nalaz u pacijenta je smanjenje mišićne mase i nepalpabilan puls, kod nekih i promjene boje kože. U najtežim oblicima periferne arterijske bolesti, dolazi do kritične ishemije, koja može rezultirati gubitkom integriteta tkiva. U uznapredovalim slučajevima bolesti, mogu se primijetiti promjene boje kože, kao što su blijedost ili crvenilo, što je posljedica poremećene regulacije cirkulacije u manjim krvnim žilama kože (27,28).

U kombinaciji s anamnezom i fizikalnim pregledom, neinvazivni testovi pomažu u odabiru terapijskih postupaka ili usmjeravaju na dodatne dijagnostičke pretrage po potrebi. Bez obzira radi li se o probiru vaskularnih bolesti ili o pacijentima sa simptomima PAB-a, prvi neinvazivni test obično je određivanje ankle-brachial indeksa. Liječenje PAB-a obuhvaća promjene u načinu života - kao što je prestanak pušenja i vođenje nadziranog režima vježbanja te korištenje lijekova za sekundarnu prevenciju.

DSA se primjenjuje kod intervencijskih zahvata na perifernim arterijama i za procjenu distalnih arterija kod kritične ishemije ekstremiteta. Prije revaskularizacijskih zahvata na krvnim žilama, preporučuje se, osim doplerskog pregleda, provesti minimalno invazivnu metodu poput CT-a ili MR-a (13,26,27,29).

5. DOZIMETRIJSKE VELIČINE I MJERNE JEDINICE

Pri prolasku kroz tvari ionizirajuće zračenje predaje energiju ozračenoj tvari te se mijenjaju njihova svojstva i svojstva zračenja. Doze zračenja koje je primilo neko tijelo, njezine posljedice i obrađivanje podataka mjeri dozimetrija. Dozimetrijske veličine polaze od energije koju je zračenje predalo tvari, a opisuju djelovanje ionizirajućeg zračenja (30).

5.1. Doze zračenja

Mjeru zračenja predane energije nekoj tvari nazivamo doza zračenja. Postoji nekoliko vrsta zračenja. Apsorbirana doza (D) je omjer predane energije i mase ozračenog tijela. Stara jedinica apsorbirane doza bila je Rad, a sad se koristi Joule po kilogramu nazvan Grey (31). Osim o energiji učinak zračenja ovisi i o vrsti zračenja, ozračenoj tvari, načinu i ritmu ozračivanja, o tome je li ozračen dio tijela ili i okolina tijela, gdje se nalazi izvor zračenja, o poziciji radioaktivne tvari, itd. Na tijelo može djelovati i raspršeno zračenje. Na ista tkiva jednaka apsorbirana doza različitih vrsta i energijskih područja zračenja može ostaviti različite učinke. Za pravi pokazatelj učinka određenog zračenja apsorbirana doza se množi sa faktorima modifikacije. Prvi faktor koji se upotrebljavao bio je faktor relativnog biološkog učinka s kojim su se uspoređivali biološki učinak zračenja različitih vrsta i energija sa učinkom nekog referentnog zračenja. Za to referentno zračenje je odabrano rendgensko zračenje od 200 kV. Drugi korišteni faktor bio je faktor magnifikacije N i faktor kvalitete Q određene vrste zračenja te se tako korigirana doza naziva dozni ekvivalent. Dozni ekvivalent se opisuje kao umnožak apsorbirane doze i faktora kvalitete kojim je ozračeno neko tkivo. Za mjernu jedinicu koristi se Džul po kilogramu nazvat Sievert. Sljedeća preporuka za mjerenje biološkog učinka bio je težinski faktor zračenja, a tako dobivena veličina nazivala se ekvivalentnom dozom. Ekvivalentna doza se opisuje umnoškom težinskog faktora zračenja i apsorbirane doze, a mjerna jedinica je Sivert. Efektivna doza zbroj je umnožaka ekvivalentnih doza u pojedinim tkivima pomnožen s težinskim faktorom ozračivanja tkiva (32). Težinski faktor ozračivanja označuje posljedice stohastičkih učinaka do kojih dolazi u pojedinim tkivima prema ukupnoj štetnosti od stohastičkih učinaka pri jednoliko ozračenom cijelom tijelu (30).

5.2. Učinci zračenja

Ionizirajuće zračenje prolazom kroz stanice ionizira atome što utječe na životne funkcije stanice i dovodi do utjecaja na živa tkiva, organe i organizme. Djelovanje zračenja može biti izravno na atome koji izgrađuju molekulu žive tvari ili posredno djelovanje na atome okolnog sredstva (uglavnom voda). Kod upravljanog i nadziranog ozračenja postižu se korisni učinci dok je ostalo djelovanje štetno za tkiva, organe i organizme. Živa stanica se djelovanjem ionizirajućeg zračenja razara na dva načina: izravnim pogotkom čestice ili fotona i razaranjem nekog biološkog cilja ili posredno narušavanjem sastava stanice. Živa tkiva su većinski građena od molekula vode koje djelovanjem ozračenja i razbijanjem molekule dovode do štetnih proizvoda kao što su vodikov ion, hidroksidni anion, vodikov peroksid i vodik koji pak razaraju organske molekule (2,25,33).

5.3. Osjetljivost stanica

Različite vrste stanica nisu jednako osjetljive na isto zračenje što dovodi do razlika u posljedicama na određena tkiva, organe ili organizme. Pod manje osjetljiva tkiva spadaju starija tkiva i organi koji su građeni od dobro diferenciranih stanica dok stanice odnosno tkiva i organi koji se često obnavljaju imaju veću osjetljivost (unutarnji organi, koštana srž, jajnici, sjemene stanice, očne leće, a osobito zametak). Da bi se izmjerila reakcija stanica, tkiva, organa i organizama na ionizirajuće zračenje, koristi se ekvivalentna doza. Ova doza predstavlja srednju točku u kojoj se opaža specifičan učinak kod polovice promatranih pojedinaca. Služi kao statistička mjera utjecaja zračenja (30,34).

5.4. Somatski i genetski utjecaj

Dvije su različite manifestacije utjecaja ionizirajućeg zračenja: somatski i genetski učinci. Somatski učinci rezultiraju različitim posljedicama za pojedinca izloženog zračenju. Neposredno nakon izlaganja, pojedinci mogu doživjeti promjene u svojoj krvnoj slici, poput smanjenja broja crvenih i bijelih krvnih stanica, kao i oštećenja kože. Leukemija, rak pluća,

dojke i štitnjače, kao i smanjena plodnost i skraćeni životni vijek, među potencijalnim su dugoročnim posljedicama. Na utjecaj visokih razina ionizirajućeg zračenja na ljude utječe ne samo doza, već i trajanje i učestalost izloženosti (2,35). Korištenje izvora ionizirajućeg zračenja je prihvatljivo kada se uvjerimo da će korist koju pruža biti veća od moguće štete koju bi izloženost zračenju mogla izazvati pojedincima ili društvu (36).

U slučajevima ponovljenog izlaganja, tijelo ima sposobnost oporaviti se između relativno malih i rijetkih doza. Nadalje, genetski učinci zračenja mogu imati značajne implikacije na potomstvo pojedinaca koji su bili izloženi. Utjecaj mutacije gena na fetuse je područje koje nije opsežno proučavano u području ljudskih istraživanja. Korištenje ionizirajućeg zračenja, bilo namjerno ili nenamjerno, predstavlja određenu razinu opasnosti sličnu drugim ljudskim nastojanjima. Kako bi se opisala potencijalna katastrofa, uvodi se pojam štete od zračenja, kojom se kvantificira vjerojatnost štete za pojedince, skupine ili cjelokupno stanovništvo.

Učinci ionizirajućeg zračenja na žive organizme mogu se kategorizirati kao stohastički ili deterministički. Stohastički učinci, također poznati kao slučajni učinci, javljaju se na način gdje je odnos između primljene doze i utjecaja zračenja nepredvidiv. Posljedično, nemoguće je utvrditi prag za stohastičke učinke, što znači da ne postoje doze ispod kojih se ti učinci ne manifestiraju. Pretpostavlja se da vjerojatnost stohastičkih učinaka raste proporcionalno i linearno s dozom zračenja. Primjeri takvih učinaka uključuju genetske promjene i razvoj malignih tumora. Značajno je da ovi učinci uvijek nastupaju odgođeno, često su potrebne godine ili čak desetljeća da postanu vidljivi. Podaci o stohastičkim učincima uglavnom dolaze iz istraživanja preživjelih od bombe u Hirošimi, gdje je visoka razina izloženosti povezana s većim rizikom od raka (37). Za determinističke učinke postoji najmanji prag doze ispod koje se ne pojavljuju pa za njih postoji sigurnosna granica. Uglavnom se očituju kao nezloćudne ozljede kože, smanjenje broja stanica koštane srži, oštećenje spolnih stanica, zamućenje očne leće itd. Propisi o zaštiti od zračenja razvrstavaju učinke zračenja na pojedince ili skupine promatranih ljudi: puk u cijelosti, profesionalno osoblje koje radi s ionizirajućim zračenjem te pojedinci iz pučanstva kod kojih je ozračivanje jednoliko i reprezentativno (15,30).

5.5. Preporučene granične doze

Granične doze su utvrđene s ciljem da se izbjegnu deterministički efekti u tkivima i organima koji su obuhvaćeni definicijom efektivne doze (35). Prema Europskoj direktivi 2013/59/Euratom članci 9 i 11 koji se odnose na granične doze za profesionalnu izloženost i doze za osobe na obuci i studente navode: maksimalna dopuštena efektivna doza iznosi 20 mSv u jednoj godini (u posebnim situacijama 50 mSv ako prosječna godišnja doza tijekom bilo kojih 5 uzastopnih godina ne prelazi 20 mSv). Maksimalna dopuštena ekvivalentna doza za leću oka iznosi 20 mSv u jednoj godini ili 100 mSv u bilo kojih 5 uzastopnih godina, uz maksimalnu pojedinačnu dozu od 50 mSv u godini. Maksimalna dopuštena ekvivalentna doza za kožu i ekstremitete iznosi 500 mSv u godini (38).

Osobe na obuci i studenti (u dobi od 16–18 godina) imaju strože granične doze: efektivna doza od 6 mSv u godini te ekvivalentne doze od 15 mSv u godini za leću oka, kao i 150 mSv u godini za kožu i ekstremitete. Kada trudna zaposlenica obavijesti poslodavca, važno je osigurati minimalnu izloženost nerođenog djeteta zračenju, te da ta izloženost ostane ispod 1 mSv tijekom trudnoće. Kada dojilja obavijesti poslodavca, važno je da izbjegava poslove s rizikom od zračenja ili kontaminacije (38,39).

Za javnost je određena granična doza od 1 mSv godišnje odnosno prosjek 5 uzastopnih godina ne smije prelaziti 1 mSv po godini. Ekvivalentna doza za leću oka iznosi 15 mSv, a za kožu i ekstremitete 50 mSv godišnje (35).

6. ZAŠTITA OD IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA

Pri radu s izvorima zračenja, mora se osigurati zaštita ne samo za osoblje koje radi s njima, već i za okolinu i opću populaciju zbog štetnih utjecaja ionizirajućeg zračenja. Prvenstveno se brinemo o zaštiti ljudi, ali isto tako pazimo na sve što bi moglo pretrpjeti neželjene posljedice zbog zračenja. Primjerice, osim ljudi, ionizirajuće zračenje može naštetiti i drugim živim bićima te suvremenim elektroničkim poluvodičkim uređajima kao što su mjerni, komunikacijski ili upravljački uređaji, kao i fotografskom materijalu ili određenim kemikalijama (40). Osnovna načela zaštite od ionizirajućeg zračenja uključuju: opravdanost korištenja ionizirajućeg zračenja i određene vrste zračenja, osiguranje najbolje moguće zaštite od zračenja tijekom upotrebe, poštovanje propisanih granica ekvivalentne doze zračenja za pojedince. Zaštita od ionizirajućeg zračenja provodi se na dva načina: kao zaštita od izravnog zračenja koje dolazi iz lokaliziranih ili raspršenih izvora te kroz čišćenje predmeta ili prostora koji su kontaminirani radioaktivnim tvarima. Oba oblika zaštite uključuju niz postupaka prije, za vrijeme i nakon izloženosti zračenju. Osobe i osjetljivi uređaji štite se od izravnog zračenja kroz niz koraka koji smanjuju dozu zračenja ispod dopuštenih granica. Iako se ovi postupci mogu činiti raznolikima, svi se temelje na četiri osnovna načela zaštite: smanjenje intenziteta zračenja, povećanje udaljenosti od izvora, skraćivanje vremena izloženosti, korištenje štitnika koji blokiraju zračenje (35,42). Jakost zračenja ima veliki utjecaj na biološke učinke, stoga se preferiraju upotreba što slabijih zračenja, uz osiguranje potrebnih efekata. To znači da se koriste izvori s manjom jakosti i užu snopovi zračenja, te se zrači samo specifični dio tijela, predmeta ili uređaja (kao što su filmovi, pojačala slike, mjerni instrumenti itd.) onoliko koliko je potrebno. Primjenom osjetljivijih prijarnika moguće je značajno smanjiti izloženost zračenju tijela koje se zrači, osoblja koje rukuje zračenjem i okoline (40).

Udaljenost od izvora može se koristiti kao metoda za zaštitu kod raspršenih snopova zračenja. Intenzitet zračenja u takvim snopovima opada s povećanjem udaljenosti od izvora. Kod točkastih izvora, intenzitet zračenja opada kvadratno s udaljenošću, što znači da se pri udvostručenju udaljenosti intenzitet smanjuje četiri puta, dok se pri trostrukoj udaljenosti smanjuje devet puta, i tako dalje. Slično tome, smanjuje se i ukupna doza zračenja koja se prima. Kod plošnih izvora, opadanje intenziteta je sporije, ali za male izvore, osobito na većim udaljenostima, može se preliminarno smatrati točkastim (41,42).

Ozračenost je izravno proporcionalna trajanju izlaganja. Drugim riječima, što je kraće izlaganje, to je manja ozračenost. Stoga je smanjenje trajanja izlaganja, ili eksponiranja, važan čimbenik

za smanjenje ozračenosti u praksi. Primjenom postupaka koji zahtijevaju kraće izlaganje i stručnim rukovanjem, može se značajno smanjiti ozračenost. U medicinskoj i tehničkoj dijagnostici, ovo se postiže korištenjem osjetljivijih senzora (koji reagiraju na manje zračenje i kraće vrijeme), smanjenjem vremena provedenog u blizini radioaktivnih izvora, kraćim izlaganjem ionizirajućem zračenju te skraćivanjem radnog vremena prilikom rukovanja izvorima zračenja (40).

6.1. Štitnici i dozimetri u zaštiti

Štitnici ili apsorberi su tijela koja se postavljaju na put zračenju kako bi djelomično ili potpuno apsorbirala ili raspršila zračenje. Oni mogu apsorbirati čestično zračenje, dok druga elektromagnetska i neutronska zračenja apsorbiraju ili raspršuju na drugačiji način. Različite tvari apsorbiraju zračenje na različite načine, tako da se čestično zračenje apsorбира u štitniku čija je debljina tek neznatno veća od dometa čestica u toj tvari. Čestično zračenje, koje se sastoji od naelektriziranih čestica, obično se djelomično apsorбира, dok nešto sekundarnog zračenja nastaje samo pri visokim energijama i prolazi kroz štitnik. Stoga se pri odabiru štitnika za primjenu uvijek odabire debljina koja će oslabiti tok zračenja ispod dopuštenih granica doze. Ova debljina obično iznosi nekoliko poluapsorpcijskih debljina, što treba uzeti u obzir (40).

Međunarodno povjerenstvo za zaštitu od zračenja preporučuje održavanje izloženosti rendgenskim zrakama na minimalnoj razini, s preporučenim ograničenjem doze od <20 milisieverta (mSv) godišnje za osoblje koje radi u salama gdje su izloženi ionizirajućem zračenju. Tijekom koronarne angiografije i perkutane koronarne intervencije, osobni dozimetri koriste se za mjerenje izloženosti raspršenom zračenju, a zaštita ekvivalentna olovu od 0,5 mm (Pb) koristi se za smanjenje prenesenog zračenja za više od 90%. Procjena učinkovite doze za pacijenta zahtijeva uzimanje u obzir različitih faktora, uključujući površinu doze (DAP) koja se obično koristi za dokumentiranje izloženosti pacijenata (37,43).

Tipovi osobnih dozimetara i njihove karakteristike važni su u praksi kako bi se osiguralo određivanje operativnih parametara s prihvatljivom razinom točnosti unutar zadane doze zračenja (1,2).

Polje zračenja može varirati u kutovima upada i energijama, a često je teško precizno odrediti distribuciju energija i kuta na mjestu izlaganja radnika. U takvim situacijama, dozimetar se smatra prikladnim ako njegov odgovor ostaje unutar prihvatljivih granica za različite energije i

kuteve zračenja. Iako postoji mnogo standarda koji propisuju karakteristike dozimetara, nije neophodno da dozimetrijski sustav zadovoljava sve zahtjeve tih normativnih dokumenata.

Izbor osobnog dozimetra i dozimetrijskog sustava propisan je nacionalnim zakonodavstvom i ovisi o ponudi stručnih tehničkih usluga za provođenje osobnog dozimetrijskog nadzora.

U Republici Hrvatskoj, za rutinsku osobnu dozimetriju trenutno se koriste termoluminiscentni dozimetri (TLD), dok su prije nekoliko godina korišteni i filmski dozimetri. Izbor osobnog dozimetra za rutinsku osobnu dozimetriju ovisi ne samo o tipu zračenja, već i o informaciji koja se želi dobiti. Različiti tipovi dozimetara nude se za različite potrebe, uključujući i one koji daju informacije o energiji zračenja i prisutnosti drugih tipova zračenja, osim fotona (35).



Slika 5 Prikaz TLD dozimetra (Izvor: <https://www.linkedin.com/pulse/thermoluminescent-dosimeter-tld-abishek-arokiasamy-xvsjc>)

7. CILJ I HIPOTEZA

C1. Usporediti dozu zračenja izmjerenu prilikom izvođenja DSA periferne angiografije između dva uređaja iste generacije fluoroskopa (proizvođač A i B).

H1. Nema značajne razlike u varijabilnosti doze zračenja između dva proizvođača iste generacije fluoroskopa tijekom DSA periferne angiografije.

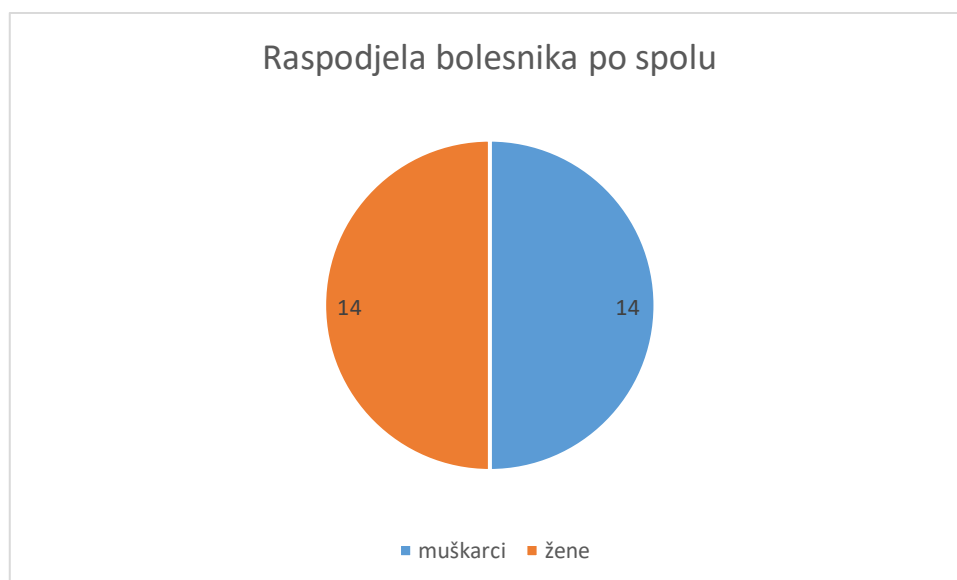
8. ISPITANICI (MATERIJALI) I METODE

Podatci za provedbu istraživanja su prikupljeni retrospektivno pretraživanjem i analizom bolničke baze podataka (ISSA) te arhive Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju Kliničkog bolničkog centra Rijeka za bolesnike koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji. Prikupljeni podatci se odnose na novu operacijsku salu (proizvođač B) u razdoblju od 1.7.2023. godine do 10.1.2024. godine koji će se usporediti sa podacima o pacijentima koji su bili podvrgnuti istom zahvatu učinjenom na uređaju drugog proizvođača (proizvođač A) u razdoblju od 1.1.2023. do 1.7.2023. godine. Istraživanje će se provesti na svim pacijentima koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji u navedenom razdoblju. Prikupljeni podatci uključuju trajanje zahvata, apsorbirane doze mjerene u mGy, dob i spol pacijenta, te indeks tjelesne mase (ITM) pacijenta.

9. REZULTATI

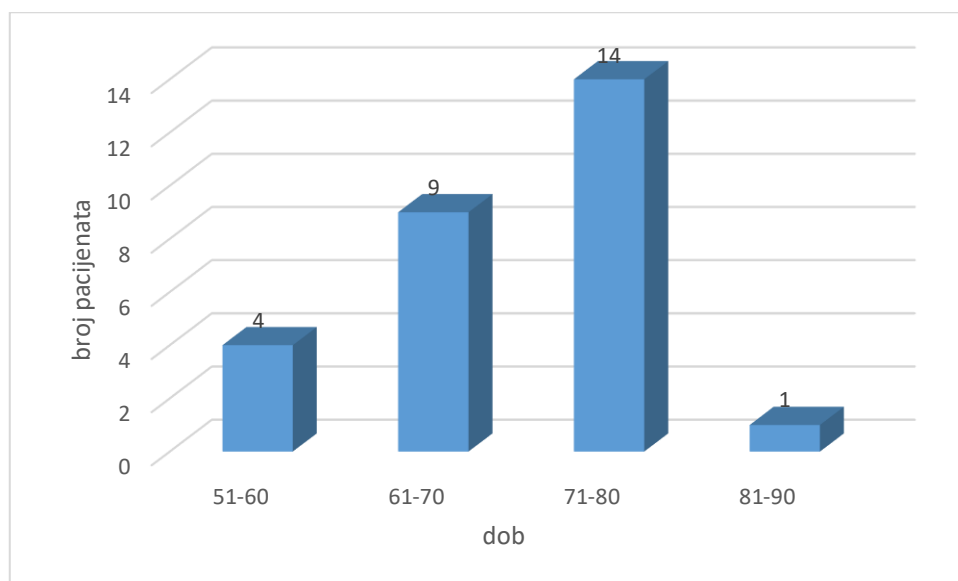
Od ukupnih 34 pacijenata koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji koristeći dva uređaja iste generacije fluoroskopa zahvat se na uređaju A izveo kod 18 pacijenata od čega isključujemo troje s obzirom da im se radila DSA periferna angiografija jedne noge, a na uređaju B DSA periferna angiografija obje noge se izvela kod 13 pacijenata, troje smo isključili iz istraživanja s obzirom da im se radila DSA jedne noge ili višestruke projekcije zdjelice, za što smatramo da značajno utječe na dozu. Zaključno istraživanje će se provesti na 28 pacijenata, 15 podvrgnuto zahvatu na uređaju A, 13 na uređaju B. Omjer muškaraca i žena je 14:14 odnosno 50% muškaraca i 50% žena. Graf 1 prikazuje raspodjelu bolesnika po spolu.

Graf 1 Raspodjela bolesnika koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji po spolu



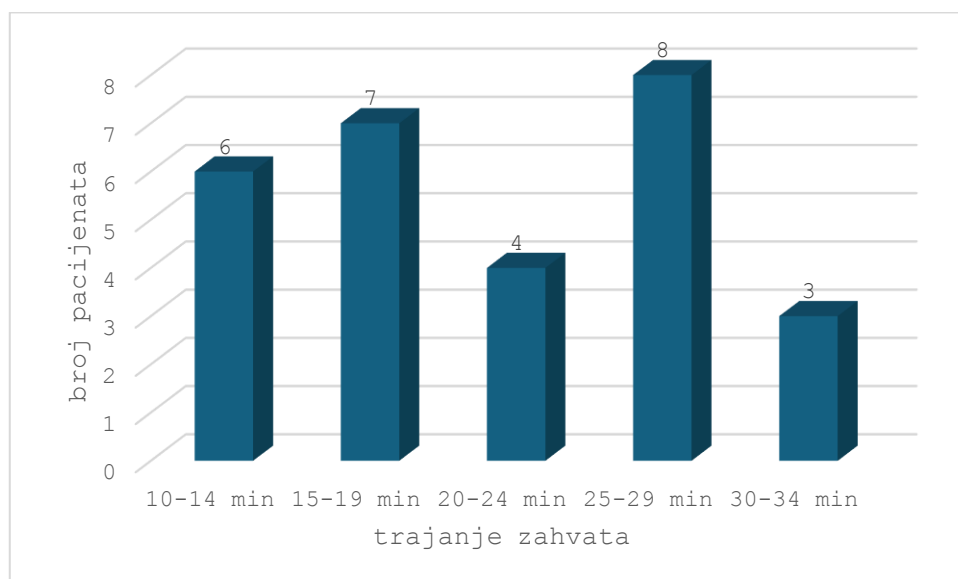
Graf 2 prikazuje raspodjelu bolesnika po dobnim skupinama. Prosječna dob ispitanika je 64,75 godina. Najmlađi pacijenti, njih četvero ili 14,28%, podvrgnuti zahvatu spadaju u dobnu skupinu od 51-60 godina. U dobnu skupinu od 61 do 70 godina spada devet bolesnika ili 32,14%, a dobnu skupinu od 71 do 80 godina čini 14 pacijenata odnosno 50%. Najstariji pacijent spada u dobnu skupinu od 81 do 90 godina odnosno 3,57%.

Graf 2 Raspodjela bolesnika koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji po dobnim skupinama



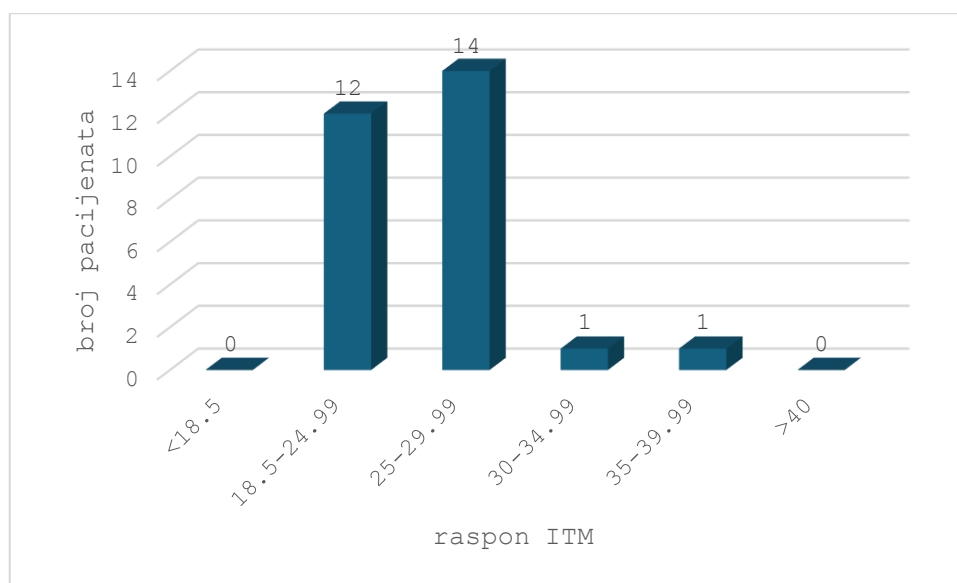
Graf 3 prikazuje trajanje zahvata u minutama, što se odnosi na vrijeme od punkcije do kraja zahvata. Najviše pacijenata, njih 8, provelo je u rasponu od 25-29 minuta na operacijskom stolu. Zatim njih sedam 15-19 minuta, dok je kod šest pacijenata zahvat trajao 10-14 minuta. Za raspone trajanja zahvata od 20 do 24 i 30 do 34 minuta, izložena su bila 4, odnosno 3 pacijenta.

Graf 3 Raspodjela bolesnika koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji po trajanju zahvata



Pacijenti se mogu podijeliti i u razrede prema ITM. Najviše pacijenata, njih 14, bilo je u razredu od 25 do 29.99 što odgovara prekomjernoj tjelesnoj težini. U razredu od 18.5-24.99, koji odgovara normalnoj tjelesnoj težini, bilo je 12 pacijenata. Jedan pacijent spada u razred 30-34.99 što označava pretilost tipa I te se u razredu pretilosti tipa II također nalazio jedan pacijent. Opisano prikazuje Graf 4.

Graf 4 Raspodjela pacijenata koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji u razrede prema ITM



S obzirom da je apsorbirana doza omjer predane energije i mase tijela, Tablica 1 prikazuje kako nema statistički značajne razlike među skupinama ($t=0,7906$, $p=0,218165$) što nam omogućuje daljnje istraživanje odnosno uspoređivanje apsorbiranih doza između dvije skupine.

Tablica 1 Statički prikaz dviju skupina prema ITM

ITM					
	Proizvođač	N	Prosjek	Standardna devijacija	Standardna pogreška
	A	15	25,4	3,553	0,916
	B	13	25,992	5,445	1,505

Tablica 2 Statistički prikaz dviju skupina prema apsorbiranoj dozi

DOZE U mGY

	Proizvođač	N	Prosjek	Standardna devijacija	Standardna pogreška
	A	15	57,18	55,918	14,442
	B	13	24,226	24,398	6,751

Usporedbom dviju skupina dobili smo rezultat: $t=2.509$, $p= 0.0186$.

Za razinu značajnosti od $p<0.05$ i 26 stupnjeva slobode, kritična vrijednost t-testa iznosi približno ± 2.056 . Budući da je apsolutna vrijednost t-vrijednosti (2.509) veća od kritične vrijednosti (2.056), to sugerira da postoji statistički značajna razlika između dvije skupine na razini značajnosti od $p<0.05$.

10. RASPRAVA

Od 34 pacijenta podvrgnutih DSA perifernoj angiografiji u istraživanje je bilo uključeno 28 pacijenata koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji obje noge; na uređaju A njih 15 te na uređaju B njih 13. Rezultati pokazuju kako je jednaka zastupljenost muškaraca i žena, a promatrajući ispitani uzorak u intervalu od 50-90 godina aritmetička sredina pacijenata podvrgnutih zahvatu je 64,75 godina. Prema rezultatima najviše zahvata je trajalo između 25 i 29 minuta. Statistički vrlo bitan podatak indeksa tjelesne mase pokazuje kako većina pacijenata spada u razred prekomjerne tjelesne težine (njih 14) ili razred normalne tjelesne težine (njih 12).

S obzirom da je cilj istraživanja bio usporediti dozu zračenja izmjerenu prilikom izvođenja DSA periferne angiografije između dva uređaja iste generacije fluoroskopa (proizvođač A i B) učinjeno je sljedeće: izračunat je t-test koji nije pokazao značajnu razliku u ITM navedene dvije grupe pacijenata ($t=0.7906$, $p=0,218165$). Zatim je izračunat t-test apsorbiranih doza za proizvođača A i proizvođača B. Prosječna doza pacijenata koji su bili izloženi utjecaju fluoroskopa proizvođača A iznosila je 57,18 mGy dok je kod pacijenata izloženih fluoroskopu proizvođača B iznosila 24,226 mGy. Nakon provedenog t-testa rezultati su pokazali da postoji statistički značajna razlika u varijabilnosti doze zračenja između dva proizvođača iste generacije fluoroskopa tijekom DSA periferne angiografije. Na razini značajnosti od $p<0.05$, odbacujemo nultu hipotezu.

Autor Trunz sa suradnicima u svojoj studiji daje sveobuhvatan pregled različitih aspekata performansi fluoroskopskih sustava, uključujući točnost prijavljenih doza, stvarnu kliničku dozu i kvalitetu slike uspoređujući iste generacije fluoroskopa proizvođača Siemens i Phillips (6). Istraživanjem su dokazali statistički značajne razlike u dozi zračenja (srednja doza Phillips uređaj niža za 45%) između sustava što se podudara s rezultatima našeg istraživanja. Važno je napomenuti da je istraživanje autora Trunza financirano od strane Philipsa, što predstavlja potencijalni sukob interesa. Kombinirajući rezultate obje studije, jasno je da izbor fluoroskopskog sustava može značajno utjecati na dozu zračenja pacijenta i kvalitetu kliničkih ishoda.

11. ZAKLJUČAK

Istraživanje o varijabilnosti doze zračenja između proizvođača iste generacije fluoroskopa tijekom DSA periferne angiografije je od ključne važnosti radi optimizacije protokola zračenja i sigurnosti pacijenata. Na temelju dobivenih rezultata, možemo zaključiti da postoji razlika u varijabilnosti doze zračenja između proizvođača iste generacije fluoroskopa tijekom DSA periferne angiografije. Ovaj zaključak podržava se rezultatima t-testa koji su pokazali statistički značajnu razliku između srednjih vrijednosti doze zračenja između dviju skupina: proizvođač A (srednja vrijednost = 57.18, standardna devijacija = 55.918) i proizvođač B (srednja vrijednost = 24.226, standardna devijacija = 24.398). P-vrijednost od 0.0186 ukazuje na to da je vjerojatnost da je ova razlika rezultat slučajnosti vrlo niska, što potvrđuje statističku značajnost. Važno je istaknuti moguća ograničenja naše studije, uključujući ograničenja uzorka, metodološke parametre i potencijalne zbunjujuće faktore, kao što su vanjski utjecaji ili varijable koje nismo kontrolirali, a koje bi mogle utjecati na rezultate. Buduća istraživanja mogla bi istražiti specifične faktore koji doprinose razlikama u varijabilnosti doze zračenja između proizvođača fluoroskopa, kao i provesti dodatne analize radi potvrde dobivenih rezultata i njihove primjenjivosti u kliničkoj praksi.

Naša studija pruža važan uvid u varijabilnost doze zračenja između proizvođača iste generacije fluoroskopa tijekom DSA periferne angiografije. Statistički značajne razlike potvrđuju važnost pažljivog praćenja i mogućih prilagodbi protokola zračenja radi poboljšanja sigurnosti pacijenata i osoblja sale.

LITERATURA:

1. Lugarić K. Primljene doze zračenja za izložene djelatnike u općoj bolnici. Sigurnost [Internet]. 2018;60(1):57-67. <https://doi.org/10.31306/s.60.1.6>
2. Barukčić D, Nola IA. Safety at work of nurses/technicians employed in ionizing radiation zone. Sigurnost [Internet]. 2021; 63(1). <https://doi.org/10.31306/s.63.1.4>
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. 5-20 str.
4. IAEA. Conventional and digital fluoroscopy dosimetry and medical physics. In: Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students. 2014
5. Janković S, Eterović D. Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike. Zagreb: Medicinska naklada; 2002. 15-63 str.
6. Lukas M, Trunz et al. "Investigation of Radiation Dose Estimates and Image Quality Between Commercially Available Interventional Fluoroscopy Systems for Fluoroscopically Guided Interventional Procedures," Acad. Radiol., Volume 28, Issue 11, 2021, Pages 1559-1569, <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.02.024>.
7. Omeh DJ, Shlofmitz E. Angiography. [Updated 2023 Aug 7]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557477/>
8. 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. 112-114 str.
9. Gyánó, Marcell et al. "Digital variance angiography allows about 70% decrease of DSA-related radiation exposure in lower limb X-ray angiography." Sci. Rep. vol. 11,1 21790. 8 Nov. 2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8575921/>
10. Glick Y, Elfeky M, Murphy A, et al. Digital subtraction angiography. Reference article, Radiopaedia.org <https://radiopaedia.org/articles/digital-subtraction-angiography>
11. Vajš K. Metode slikovnog prikaza vaskularne patologije [doktorska disertacija]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet; 2019. <https://repozitorij.mef.unizg.hr/islandora/object/mef%3A2438/datastream/PDF/view>
12. Janković S, Eterović D. Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike. Zagreb: Medicinska naklada; 2002. 179-180 str.

13. Posa A, Tanzilli A, Barbieri P, Steri L, Arbia F, Mazza G, Longo V, Iezzi R. Digital Subtraction Angiography (DSA) Technical and Diagnostic Aspects in the Study of Lower Limb Arteries. *Radiation*. 2022; 2(4):376-386 <https://www.mdpi.com/2673-592X/2/4/2>
14. Miličević A. Uloga digitalne subtrakcijske angiografije u kliničkoj praksi [Završni rad]. Split: Sveučilište u Splitu; 2016. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:176:727621>
15. Allisy-Roberts PJ, Williams J. *Farr's Physics for Medical Imaging*. Elsevier Health Sciences; 2007. 216 stranica. https://books.google.hr/books?vid=ISBN9780702028441&redir_esc=y
16. Bilić D. *Angio sala- uloga radiološkog tehnologa* [Završni rad]. Split: Sveučilište u Splitu; 2019. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:176:845229>
17. Janković S, Eterović D. *Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike*. Zagreb: Medicinska naklada; 2002. 181-192 str.
18. 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. 120-122 str.
19. Gao, Y., Song, Y., Yin, X. et al. Deep learning-based digital subtraction angiography image generation. *Int J CARS* 14, 1775–1784 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11548-019-02040-x>
20. Janković S, Eterović D. *Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike*. Zagreb: Medicinska naklada; 2002. 193-195 str.
21. Kaluski E, Moussa ID, Heuser RR, Kern MJ, Weisz G, Klapholz M, Gerula C. Automated contrast injectors for angiography: Devices, methodology, and safety. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2009 Sep 1;74(3):459-64. <https://doi.org/10.1002/ccd.22029>
22. Anne G, Gruberg L, Huber A, Nikolsky E, Grenadier E, Boulus M, Amikam S, Markiewicz W, Beyar R. Traditional versus automated injection contrast system in diagnostic and percutaneous coronary interventional procedures: comparison of the contrast volume delivered. *J Invasive Cardiol*. 2004 Jul;16(7):360-2. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15282428/>
23. Kuusik, Karl et al. "The Role of RIPC in Preventing Organ Damage, Inflammation, and Oxidative Stress during Lower Limb DSA: A Randomised Controlled Trial." *Oxid. Med. Cell. Longev.* vol. 2021 6043550. 8 Dec. 2021 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34925697/>

24. Nam HH, Jang DK, Cho BR. Complications and risk factors after digital subtraction angiography: 1-year single-center study. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*. 2022 Dec;24(4):335-340 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9829562/>
25. Desouky O, Ding N, Zhou G. Targeted and non-targeted effects of ionizing radiation. *J Radiat Res Appl Sci*. 2015;8(2):247-254. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850715000333>
26. Roth A, Oljača A, Kovačević M. Usporedba kirurškog i endovaskularnog liječenja aneurizmi poplitealnih arterija. *Medicina Fluminensis* [Internet]. 2017 [pristupljeno 28.04.2024.];53(2):191-197. <https://hrcak.srce.hr/clanak/265037>
27. Bevan, Graham H, and Khendi T White Solaru. "Evidence-Based Medical Management of Peripheral Artery Disease." *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology* vol. 40,3 (2020): 541-553. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31996023/>
28. Firnhaber, Jonathon M, and C S Powell. "Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Diagnosis and Treatment." *American family physician* vol. 99,6 (2019): 362-369. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30874413/>
29. Holder, Tara A et al. "Medical Management of Peripheral Artery Disease." *Cardiology clinics* vol. 39,4 (2021): 471-482. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34686260/>
30. Jakobović Z. *Fizika zračenja*. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2007. 167-178 str.
31. Jones J, Bell D, Murphy A, et al. Absorbed dose. Reference article, Radiopaedia.org (Accessed on 07 Jun 2024) <https://doi.org/10.53347/rID-5097>
32. David Brenner, Walter Huda, Effective dose: a useful concept in diagnostic radiology?, *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 128, Issue 4, March 2008, Pages 503–508, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncn056>
33. Land, Charles. "ionizing radiation". *Encyclopedia Britannica*, 14 May. 2024, <https://www.britannica.com/science/ionizing-radiation>.
34. Zakariya NI, Kahn MTE. Benefits and Biological Effects of Ionizing Radiation. *Sch. Acad. J. Biosci.* 2014;2(9):583-591. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59412591/Benefits_and_Biological_Effects_of_Ionizing_Radiation20190527-89897-1k8lr2p-libre.pdf?1558979655=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DReview_Article_Benefits_and_Biological_E.pdf&Expires=1713904746&Signature=TVfYJQwMTSIIKekGAmwjhid4i~GghTcetslWUrRnfdZTyUGSIoxgzPgi630Yfs6CZRWTdsNq9AHIwR7fwCQlx0aI8wnLDRNX5DtNrr6AXY~cP0nbtHpH~iUVUE~iDT6APkESww9XFucLw1iyyUpaxjrtqunCEHtjZw

[QgiIJuNcL4cwYguxtD--ug0jRXUbJVUa5i0TYcpFCkEiSvCmiffpx6i4mxd-NxrIcBXa7Bi2Zj05qDEw6h2Y90op6jrywcHVwCXwBpJ76qM6Ic6ssATEdyfFitWYiAZJfhpD~-pqTyNziZAw2pQ1fzr0ZbKceJe6YDSyqLY6P7xwR-8b0XQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36144773/)

35. Surić Mihić M, Prlić I, Šiško J, Meštrović T. Koncept osobne dozimetrije i osnovne fizikalne veličine u osobnoj dozimetriji. HDKBR INFO Magazin [Internet]. 2013 [pristupljeno 28.04.2024.];3(4):13-23. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/148773>
36. Roić G, Cvitković Roić A, Klanfar Z, Bastić M, Kalousek V. Slikovne dijagnostičke metode – zaštita od zračenja i racionalna upotreba u dječjoj dobi. Medicinski vjesnik [Internet]. 2011 [pristupljeno 28.04.2024.];43((1-4)):85-90. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/198039>
37. Davidsen C, Bolstad K, Nygaard E, Vikenes K, Rotevatn S, Tuseth V. Temporal Trends in X-Ray Exposure during Coronary Angiography and Percutaneous Coronary Intervention. J Interv Cardiol. 2020 Aug 31;2020:9602942. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7481933/>
38. European Society of Radiology (ESR). Summary of the European Directive 2013/59/Euratom: essentials for health professionals in radiology. Insights Imaging. 2015 Aug;6(4):411-7. 2015 May 27. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4519811/>
39. S.A. Rowantree, C. Currie. Orthopaedic surgeons' knowledge and practice of radiation safety when using fluoroscopy during procedures: A narrative review. Radiography. 2024; 30(1): 274-281. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S107881742300233X?via%3Dihub>
40. Jakobović Z. Fizika zračenja. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2007. 201-204 str.
41. Jain S. Radiation in medical practice & health effects of radiation: Rationale, risks, and rewards. J Family Med Prim Care. 2021 Apr;10(4):1520-1524. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8144773/>
42. Frane N, Bitterman A. Radiation Safety and Protection. [Updated 2023 May 22]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557499>
43. Choi HW, Lee HM, Lim CS. The Effects of a Thyroid Shield Made of a Tissue-Equivalent Material on the Reduction of the Thyroid Exposure Dose in Panoramic Radiography. J Korea Acad-Indus Coop Soc. 2012;13(5):2278-2284. <https://koreascience.kr/article/JAKO201218552490237.page>

PRILOZI: popis ilustracija

SLIKE

Slika 1 Prikaz DSA uređaja u angiografskoj sali (Izvor: Privatna arhiva KBC Rijeka, 2024.).....	7
Slika 2 Prikaz zajedničkih ilijačnih arterija bez suptrakcije (Izvor: program ISSA KBC Rijeka, 2024.)	9
Slika 3 Prikaz zajedničkih ilijačnih arterija nakon suptrakcije (Izvor: program ISSA KBC Rijeka, 2024.).....	9
Slika 4 Prikaz automatske štrcaljke (Izvor: Privatna arhiva KBC Rijeka, 2024.)	11
Slika 5 Prikaz TLD dozimetra (Izvor: https://www.linkedin.com/pulse/thermoluminescent-dosimeter-tld-abishek-arokiasamy-xvsjc).....	20

GRAFOVI

Graf 1 Raspodjela bolesnika koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji po spolu	23
Graf 2 Raspodjela bolesnika koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji po dobnim skupinama	24
Graf 3 Raspodjela bolesnika koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji po trajanju zahvata	24
Graf 4 Raspodjela pacijenata koji su bili podvrgnuti DSA perifernoj angiografiji u razrede prema ITM	25

TABLICE

Tablica 1 Statički prikaz dviju skupina prema ITM	25
Tablica 2 Statistički prikaz dviju skupina prema apsorbiranoj dozi	26

ŽIVOTOPIS

Rođena sam 7.9.2001. godine u Zadru. Pohađala sam Osnovnu školu Jurja Barakovića- Područna škola Radovin, nakon čega sam upisala Srednju medicinsku školu Ante Kuzmanića Zadar, smjer medicinska sestra/tehničar opće njege. Po završetku petogodišnjeg srednjoškolskog obrazovanja 2021.g. pristupila sam i položila državnu maturu te upisala Preddiplomski stručni studij Radiološke tehnologije na Fakultetu zdravstvenih studija, Sveučilišta u Rijeci.