

Ozračenje bolesnika tijekom pedijatrijskih elektrofizioloških zahvata na srcu

Krmek, Nikola

Doctoral thesis / Disertacija

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:896404>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-05**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET**

Nikola Krmek

**Ozračenje bolesnika tijekom
pedijatrijskih elektrofizioloških
zahvata na srcu**

DISERTACIJA



Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Nikola Krmek

**Ozračenje bolesnika tijekom
pedijatrijskih elektrofizioloških
zahvata na srcu**

DISERTACIJA

Zagreb, 2024.

Disertacija je izrađena u Klinici za bolesti srca i krvnih žila Kliničkog bolničkog centra Sestre milosrdnice u Zagrebu.

Voditelji rada: doc. dr. sc. Vjekoslav Radeljić, dr. med.

doc. dr. sc. Ivana Kralik, dipl. ing. fizike

Posveta

Ovaj rad posvećujem supruzi Martini i našoj djeci Franu i Dori, zbog kojih se isplati živjeti i raditi. Bez vaše podrške i ljubavi ovaj rad ne bi imao smisla. Hvala vam.

Zahvaljujem mentorima bez čije potpore, strpljenja i upornosti ovaj rad ne bi bio dovršen.

Posebna zahvala dr. Laszlu Kornyeiu koji mi je omogućio pristup podacima potrebnim za ovaj rad.

Hvala mojim roditeljima i sestri čija me podrška čini boljim čovjekom te mi daje snage i onda kad je teško.

SADRŽAJ

1. UVOD I PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	1
1.1. Obrada pacijenata sa sumnjom na poremećaj ritma.....	1
1.2. Poremećaji ritma koji se mogu liječiti elektrofiziološkim postupkom	2
1.2.1. Supraventrikularne aritmije	2
1.2.1.1. Supraventrikularne ekstrasistole i atrijska tahikardija	2
1.2.1.2. Undulacija atrijska	3
1.2.1.3. Atrijska fibrilacija	3
1.2.1.4. Wolff Parkinson White sindrom	4
1.2.1.5. Atrioventrikularna nodalna kružna tahikardija	5
1.2.1.6. Junkcijska ektopična tahikardija	6
1.2.1.7. Permanentna junkcijska recipročna tahikardija	6
1.2.2. Ventrikularne aritmije.....	7
1.2.2.1. Ventrikularne ekstrasistole.....	7
1.2.2.2. Akcelerirani idioventrikularni ritam	8
1.2.2.3. Fascikularna ventrikularna tahikardija.....	9
1.2.2.4. Ventrikularna tahikardija iz izlaznog trakta.....	10
1.2.3. Postoperacijske aritmije.....	10
1.3. Elektrofiziološki postupci na srcu	11
1.4. Rendgensko zračenje.....	15
1.5. Sustavi za 3D mapiranje srčane anatomije i aritmija	19
1.5.1. Ensite NavX sustav tvrtke Abbott	20
1.5.2. Carto sustav tvrtke Johnson&Johnson.....	21
2. HIPOTEZA	23
3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	24
3.1. Opći cilj	24
3.2. Specifični ciljevi.....	24
4. ISPITANICI, METODOLOGIJA I PLAN ISTRAŽIVANJA.....	25
5. REZULTATI.....	27
5.1. Opći podaci o ispitanjoj populaciji.....	27
5.1.1. Skupina ispitanika kod kojih je korišteno rendgensko zračenje.....	33
5.2. Učestalost korištenja rendgenskog zračenja kod elektrofizioloških postupaka	40
5.3. Doze rendgenskog zračenja.....	45

5.3.1. DAP	45
5.3.1.1. DAP i tjelesna masa	45
5.3.1.2. DAP i indikacije za elektrofiziološki postupak	47
5.3.1.3. DAP i aritmološki supstrat.....	49
5.3.1.4. DAP i razlog korištenja rendgenskog zračenja.....	51
5.3.1.5. Tipične vrijednosti DAP-a	53
5.3.1.6. Tipične vrijednosti DAP _{TM} -a	54
5.3.2. Efektivna doza	55
5.3.2.1. Efektivna doza i tjelesna masa	55
5.3.2.2. Efektivna doza i indikacije za elektrofiziološki postupak	57
5.3.2.3. Efektivna doza i aritmološki supstrat.....	59
5.3.2.4. Efektivna doza i razlog korištenja rendgenskog zračenja.....	61
5.3.3. Doza organa.....	63
5.3.3.1. Doza organa i tjelesna masa.....	63
5.3.3.2. Doza organa i indikacije za elektrofiziološki postupak	67
5.3.3.3. Doza organa i aritmološki supstrat	72
5.3.3.4. Doza organa i razlog korištenja rendgenskog zračenja.....	77
6. RASPRAVA	81
6.1. Ograničenja provedenog istraživanja	89
7. ZAKLJUČAK	91
8. SAŽETAK	92
9. SUMMARY	94
10. LITERATURA	95
11. ŽIVOTOPIS.....	113

POPIS OZNAKA I KRATICA

3D SM	trodimenzionalni sustav mapiranja
AP	akcesorni put
AT	atrijska tahikardija
AV	atrioventrikularni
AVNRT	atrioventrikularna nodalna kružna tahikardija
DAP	umnožak doze i površine (od engleski „dose-area product“)
EF	elektrofiziološki postupak
EKG	elektrokardiogram
Lat	lateralni
ICE	ultrazvuk unutar srca od engleski „intracardiac echocardiography“
N	apsolutni broj
Ped	pedijatrijski
TM	tjelesna masa
WPW	Wolff Parkinson White
SM	sustav mapiranja
SVT	supraventrikularna tahikardija
VES	ventrikularne ekstrasistole
VT	ventrikularna tahikardija

1. UVOD I PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Srčane aritmije u dječjoj dobi predstavljaju izazov u dijagnosticiranju kao i u liječenju. Klinički se dijele na hemodinamski stabilne i hemodinamski nestabilne. Kod hemodinamski nestabilnih simptomi se javljaju brzo i lakše su prepoznatljivi, poput lošeg općeg stanja, bljedila, sinkope, izbjegnute srčane smrti... Kod ovih aritmija liječenje zahtjeva brzu reakciju. Kod hemodinamski stabilnih aritmija, koje su puno češće u dječjoj dobi, anamneza i sam izgled djeteta, pogotovo kod dojenčadi, ne moraju odmah upućivati na aritmiju. Tako da djeca ponekad ostavljaju dojam da imaju sepsu ili loše napreduju na težini, a zapravo im je osnovni problem srčana aritmija.

Ono što je pozitivno, aritmije se u dječjoj dobi najčešće mogu dobro kontrolirati i izliječiti, ali ipak nose svoje rizike koji nisu zanemarivi. Clausen i sur prikazuju da od djece primljene kroz hitni prijem zbog aritmije njih 3 % je umrlo u bolnici (1). Gilljam i sur (2) prikazuju seriju 109 dojenčadi sa supraventrikularnom tahikardijom (SVT) od kojih je pet umrlo zbog srčanog zatajenja. Zato je važno aritmije dobro poznavati i diferencijalno dijagnostički razmišljati o njima kod pregledavanja pacijenata.

1.1. Obrada pacijenata sa sumnjom na poremećaj ritma

Anamnestički podaci koji se dobivaju od roditelja, odnosno skrbnika te od djeteta ovise o dobi djeteta (3). Kod dojenčeta radi se o epizodama bljedila ili znojenja, nenapredovanje na tjelesnoj težini. Kod nešto veće djece osjećaj straha, prekordijalne boli, bljedoća, pojačano znojenje, nemir, dispneja (3). Kod adolescenata se već kao i kod odraslih dobiva podatak o palpitacijama, eventualno vrtoglavici, bolima u prsištu (3). U svim uzrastima može se javiti sinkopa pa i uz konvulzivne elemente. Konvulzije su u ovakvim prilikama posljedica ishemije mozga uslijed slabe hemodinamske opskrbe mozga.

Uz anamnezu i klinički pregled u obradi djeteta kod kojeg postoji sumnja na aritmiju zlatni standard je elektrokardiogram (EKG). Ponekad, zbog kraćeg trajanja aritmije nije ga moguće učiniti kod simptoma pa se onda radi 24h/48h EKG po holteru. Kod puno rjeđeg javljanja aritmije koja je simptomatska ponekad postoji indikacija za ugradnju implantabilnog „looprecordera“. Također, aritmije koje se javljaju u naporu često se mogu dijagnosticirati testom opterećenja – ergometrijom (4). Ponekad, unatoč i jako širokoj obradi, EKG se u aritmiji ne uspije snimiti. Uz jasnu anamnezu naglog nastanka i prestanka simptoma („on/off“ fenomen) i izmjerenu visoku srčanu frekvenciju u više navrata, može se indicirati i

dijagnostički elektrofiziološki postupak koji se u slučaju izazivanja tahikardije izravno nastavlja u terapijski postupak, odnosno učini se ablacija.

1.2. Poremećaji ritma koji se mogu liječiti elektrofiziološkim postupkom

Poremećaji ritma ili aritmije koje je moguće elektrofiziološki zbrinjavati prema mehanizmu nastanka dijeli se na supraventrikularne i ventrikularne te će biti pobliže opisane. Postoperacijske aritmije mogu biti i supraventrikularne i ventrikularne, ali će zbog svojih posebnosti biti opisane u zasebnom dijelu.

1.2.1. Supraventrikularne aritmije

Supraventrikularne aritmije obuhvaćaju supraventrikularne ekstrasistole, atrijsku tahikardiju (AT) u užem smislu, atrijsku undulaciju, atrijsku fibrilaciju, atrioventrikularnu kružnu tahikardiju, atrioventrikularnu nodalnu kružnu tahikardiju, junkcijsku ektopičnu tahikardiju i permanentnu junkcijsku recipročnu tahikardiju.

1.2.1.1. Supraventrikularne ekstrasistole i atrijska tahikardija

Supraventrikularne ekstrasistole predstavljaju preuranjenu depolarizaciju atrija. Uglavnom su benigne, asimptomatske i prolaze spontano (5,6). Moguće ih je liječiti elektrofiziološki ako su izrazito simptomatske ili svojom učestalošću, posebno uz neku prirodenu srčanu grešku, dovode do dilatativne kardiomiopatije, odnosno sniženja ejekcijske frakcije miokarda. Ukoliko se javljaju u nizu s povišenom frekvencijom za dob radi se o AT-u. Kod AT-a (7–9), način stvaranja i širenja podražaja može biti također fokalni, ali može se raditi i o kruženju oko struktura u srcu. Kod fokalnih AT-ova točan mehanizam nastanka preuranjenog podražaja se ne zna, a najvjerojatnije se radi o više mogućih uzroka kao što su miokardijalna fibroza (10), povećana količina vakuola s lipofuscinom u stanicama (11), proliferacija mezenhimalnih stanica (12), infiltracija mononuklearnim stanicama s povećanjem vezivnog tkiva (13). Fokalni obrazac širenja osim abnormalnog automatizma može biti i posljedica kruženja na mikroskopskoj razini. Drugi oblik širenja tahikardije kroz atrij je kružni („macroreentry“). Kružni AT-ovi češće se javljaju kod djece koja su operirana gdje ožiljci na miokardu omogućavaju nastanak tahikardije (14–17).

1.2.1.2. Undulacija atrijska

Undulacija atrijska u užem smislu je oblik kružne tahikardije u desnom atriju oko trikuspidne valvule, tipično u smjeru suprotnom kazaljki na satu, a može i u smjeru kazaljke na satu (18). U EKG-u se bilježi frekvencija atrijska veća od 240/min (19) te se uzorak p valova često naziva „pilom“. Valovi su u inferiornim standardnim odvodima i V1 okrenuti prema gore, dok u V6 prema dolje (20,20). S obzirom na dekrementirajuća svojstva atrioventrikularnog (AV) čvora, frekvencija ventrikla je najčešće niža od atrijske, što pomaže u sprječavanju nastanka dilatativne kardiomiopatije inducirane aritmijom. Kod djece se najčešće javlja kod strukturno bolesnog srca, nakon infekcija ili operacija. Kod strukturno zdravog srca, područje usporenog provođenja signala u atriju nalazi se u kavotrikuspidnom istmusu, dakle u posteriornom području trikuspidne valvule prema donjoj veni kavi te je tada ova regija ciljna za elektrofiziološku ablaciju ove aritmije (21–23). Kod strukturno bolesnog srca, a posebno nakon operacije, zona usporenog provođenja može biti i drugdje, često uz ožiljak.

1.2.1.3. Atrijska fibrilacija

Atrijska fibrilacija predstavlja neorganiziranu električnu aktivaciju atrijska koja dovodi do neučinkovite kontrakcije (24–26). U EKG-u su odsutni jasni P valovi, R-R intervali su nepravilni te je atrijska aktivnost nepravilna (24). Jako je rijetka kod djece te točna incidencija nije poznata (27–29) za razliku od odraslih gdje je učestalost 2 % za one < 65 godina i 9 % za one ≥ 65 godina (24,30). Najčešće se javlja u kombinaciji s osnovnom srčanom bolešću, nakon operacije prirođene srčane bolesti ili kod hipertireoze (31,32). Početak atrijske fibrilacije u djece sa strukturno normalnim srcem, u nedostatku drugih poznatih predisponirajućih čimbenika, obično je sekundaran zbog zlouporabe alkohola, stimulativnih lijekova ili drugih supstanci te promjena u autonomnom tonusu i tjelesnoj aktivnosti (33). Posebna skupina je obiteljska atrijska fibrilacija koja se prenosi genetski te se povezuje s genima SCN5A, CACNA1A, KCNQ1, ISL1 (34–37). Kod nje se češće javljaju i drugi poremećaji ritma te dilatativna kardiomiopatija (38). Kod djece atrijska fibrilacija nosi najveći rizik ukoliko je povezana s akcesornim putem (AP) – Wolff Parkinson White (WPW) sindromom.

1.2.1.4. Wolff Parkinson White sindrom

WPW sindrom čini preekscitacija u EKG-u i SVT. Uzrokovan je električni aktivnim stanicama, odnosno AP-om, koje premošćuju fibrozno tkivo između atrijske i ventrikularne stanicama, odnosno AV čvora (39,40). EKG značajka ovog sindroma je preekscitacija, odnosno delta val, koji povezuje P val i QRS kompleks bez izoelektrične linije kako je uobičajeno u vrijeme pauze koju stvara AV čvor. Akrosni put preuranjeno aktivira dio miokarda, a kako se provođenje impulsa dalje kroz mišić odvija sporije nego kroz provodni sustav, ostatak miokarda se i dalje aktivira kroz AV čvor. Ovo za posljedicu ima dissinkroniju miokarda koja može dovesti i do stvaranja dilatativne kardiomiopatije (41).

Kod WPW sindroma u SVT-u sudjeluju i atrijske i ventrikularne stanice te ju nazivamo atrioventrikularna kružna tahikardija. Kada impuls prema ventriklu ide preko AV čvora, a vraća se AP-om, tahikardiju zovemo ortodromnom, a QRS je u EKG-u uzak. Kod antidromne tahikardije impuls prema ventriklu ide kroz AP, a vraća se nodusom zbog čega je QRS impuls proširen.

Osim SVT-a, AP može dovesti i do ventrikularne fibrilacije ili iznenadne srčane smrti (42) prenoseći stimulse atrijske fibrilacije na ventrikul.

Prema literaturi, atrijska fibrilacija se pojavljuje u 10 do 30 % osoba s WPW sindromom (43,44). Općenito nastaje unutar atrijske ili plućnih vena, smatra se, neovisno o pomoćnom putu, koji funkcionira kao drugi put za provođenje atrijskih impulsa do ventrikula. Međutim, učestalost pojave intermitentne atrijske fibrilacije u bolesnika s WPW sindromom je za sada neobjašnjena s obzirom na nisku prevalenciju koegzistentne strukturalne bolesti srca u tih bolesnika. Ovo opažanje, kao i smanjena učestalost atrijske fibrilacije nakon uspješne eliminacije AP-a, sugeriraju da sam AP može igrati ulogu u inicijaciji atrijske fibrilacije (45). Točna mogućnost nastanka ventrikularne fibrilacije još uvijek nije točno određena. Munger i sur. (46) prikazali su kohortu od 113 pacijenata s WPW sindromom od kojih su dva doživjela iznenadnu srčanu smrt. Santinelli i sur. (47) prikazali su 184 asimptomatska pacijenta s preekscitacijom od kojih je tijekom praćenja troje doživjelo srčani arrest te još troje sinkopu (potencijalno izbjegnuta srčana smrt?). 159 djece s asimptomatskom preekscitacijom prikazali su Kruchina i sur. (48) te su zabilježili dvoje djece s povijesti reanimirane kliničke smrti. Timmermans i sur. (49) prikazali su 690 pacijenata od kojih su 15 imali izbjegnuta srčanu smrt u vanbolničkim uvjetima. I drugi radovi (50–52) pokazali su mogućnost nastanka ventrikularne fibrilacije i kao prvog simptoma, dakle bez prethodne pojave SVT-a. Iz ovih podataka se vidi zašto je liječenje WPW sindroma važno, i

to ne samo kao liječenje simptoma tahikardije, nego zbog smanjenja mogućnosti nastanka iznenadne srčane smrti.

1.2.1.5. Atrioventrikularna nodalna kružna tahikardija

Atrioventrikularna nodalna kružna tahikardija (AVNRT) je, kako joj ime kaže, kružna tahikardija čiji su obvezatni dio atrij i AV čvor. Ventrikli nisu obvezatan dio kruga te se često viđa ovu tahikardiju s različitom razinom AV bloka. Također, u slučaju bloka grane ventrikularnog provodnog sustava ovisnog o srčanoj frekvenciji, nema razlike u dužini ciklusa tahikardije s ili bez bloka, bez obzira o kojoj se grani radilo. Postoje radovi koji postavljaju pitanje i o potrebi atrija za kruženje tahikardije, odnosno da se kod nekih pacijenata cijeli krug odigrava samo u AV čvoru (53,54).

Kod ove tahikardije, uz standardne simptome kako je ranije navedeno, pacijenti se često žale na jako „nabijanje“ u vratu. Ono je posljedica istovremene aktivacije atrija i ventrikla i nemogućnosti krvi da ide u ventrikl zbog čega se vraća u venski sustav pa i prema vratu.

Nastaje kod ljudi koji imaju dvojni morfologiju pristupnih puteva AV čvoru, odnosno spori i brzi put (55). Treba imati na umu da svi ljudi koji imaju ovakvu morfologiju ne moraju imati i tahikardiju (56,57). Tahikardija se javlja kod specifičnog odnosa brzina provođenja kroz ova dva puta. Još uvijek nije sasvim poznato radi li se samo o funkcionalnoj razlici ili postoje i odvojene anatomske karakteristike ova dva puta što postaje sve vjerojatnije (58).

Kod tipične atrioventrikularne nodalne kružne tahikardije ulazni krak je spori put, a potom se nakon nodusa podražaj širi istovremeno prema atriju kroz brzi put te prema ventriklu kroz His, ako on u tome trenutku nije refraktoran. Nakon aktivacije atrija dolazi do ponovne aktivacije sporog puta čime je krug zatvoren. U EKG-u se najčešće vidi tahikardija uskog QRS kompleksa bez jasno vidljivog p vala. Kod atipične, ulazni krak je brzi put te se nakon nodusa impuls širi kroz His u ventrikl, a aktivacija atrija kasni kroz spori put, tako da u ovom slučaju nije istovremena aktivacija atrija i ventrikla, a u EKG-u se bilježi „long RP“ tahikardija. Kod ovakve prezentacije diferencijalno dijagnostički u obzir dolazi AT te permanentna junkcijska recipročna tahikardija. Mogući su drugi rjeđi oblici ove tahikardije kao što je sporo-spora te s putovima koji se šire prema lijevom atriju (59,60). Kod istoga pacijenta ponekad se bilježi više oblika ove tahikardije.

1.2.1.6. Junkcijska ektopična tahikardija

Junkcijska ektopična tahikardija je fokalna tahikardija koja nastaje u AV čvoru, odnosno njegovim izdancima („ekstenzijama“) sa širenjem u ventrikle frekvencije 150-240/min (61) s ili bez retrokondukcije u atrij (62). Najčešće se javlja postoperativno (63,64) ili kao nuspojava na lijekove kao što su beta agonisti. Negativno utječe na uspjeh operacije te povećava smrtnost (65,66). Rizični čimbenici njezine pojave nakon operacije su produženo vrijeme ekstrakorporalne cirkulacije, produženo vrijeme aortnog stezanja, elektrolitni poremećaji, hemodinamska nestabilnost, heterotaksijski sindrom, korištenje više od tri inotropa (63,66).

Osim sekundarno, ova tahikardija može biti i primarni poremećaj na strukturno zdravom srcu te se tada naziva kongenitalna junkcijska ektopična tahikardija (67). Javlja se najčešće u dojenačkoj dobi do šest mjeseci starosti (68,69), ali ponekad i intrauterino kad dovodi do fetalnog hidropsa. Može biti uzrok srčanom zatajenju pa i povećanom mortalitetu (62,70–72) i zato ju je potrebno liječiti, a ekspektativan stav nije prihvatljiv.

Ova tahikardija je često multirezistentna na lijekove s kojima se teško kontrolira (61,70,73) pa je ponekad jedino moguće liječenje elektrofiziološka ablacija (74).

Budući je fokus ove tahikardije u AV čvoru, samo po sebi je razumljivo da je ablacija visoko rizična za nastanak kompletnog atrioventrikularnog bloka (74). Napredak u liječenju je donijela fokalna krioablacija koja omogućuje reverzibilnu razinu smrzavanja tkiva – kriomapiiranje prije ablacije, što omogućuje provjeru eventualnog oštećenja AV čvora prije isporučivanja ablacijskih temperatura. Ova metoda primijenjena je uspješno i kod djece mase <15 kg (75).

1.2.1.7. Permanentna junkcijska recipročna tahikardija

Permanentna junkcijska recipročna tahikardija je atrioventrikularna kružna tahikardija kod koje uz AV čvor postoji i dodatni put s dekrementalnim svojstvima poput AV čvora, a za razliku od AP-a kod WPW sindroma koji nema to svojstvo (76). Kroz ovaj AP provođenje je isključivo retrogradno (77), odnosno moguća je jedino ortodromna tahikardija najčešće uskog QRS kompleksa.

Ime same tahikardije je zavaravajuće jer se ne radi o tahikardiji koja je porijeklom iz provodnog sustava kao što je to slučaj kod junkcijske ektopične tahikardije.

Zbog usporenog retrogradnog provođenja kroz ove AP-ove, p val u EKG-u dolazi kasnije u odnosu na QRS pa se radi o „long RP“ tahikardiji, gdje diferencijalno dijagnostički dolazi u obzir AT i atipična atrioventrikularna nodalna kružna tahikardija.

Često se javlja intrauterino te ju tada ultrazvučno karakterizira dugi VA interval (77,78). Srčana frekvencija je obično 100 - 180/min, fetalno i > 200/min (77). Kod nižih frekvencija prvi prezentirajući simptom može biti srčano zatajenje (79,80) budući nema osjećaja palpitacija. Zbog incesantnosti, prirodni tijek bolesti dovodi do dilatativne kardiomiopatije, ali ipak je zabilježeno do 20 % pacijenata kod kojih dolazi do spontanog nestanka AP-a (81–84).

Tahikardija je rezistentna na lijekove i zahtijeva primjenu više antiaritmika (85). U današnje vrijeme elektrofiziološka ablacija je izbor u liječenju ovih pacijenata jer omogućuje sigurno i trajno izlječenje (86). Herranz i sur. (77) su prikazali seriju od 16 pacijenata od kojih je 15 moralo biti podvrgnuto elektrofiziološkoj ablaciji nakon neuspjeha medikamentozne terapije, od čega devet (60 %) u neonatalnom razdoblju i šest tijekom kasnijeg djetinjstva. Kod svih je elektrofiziološka ablacija bila uspješna (77).

1.2.2. Ventrikularne aritmije

U ventrikularne aritmije koje se u pedijatrijskoj dobi liječe i elektrofiziološkom ablacijom ubrajaju se ventrikularne ekstrasistole (VES), akcelerirani idioventrikularni ritam, fascikularna ventrikularna tahikardija (VT), VT iz izlaznog trakta.

Druge ventrikularne aritmije se također mogu elektrofiziološki zbrinjavati i u dječjoj dobi, ali su izuzetno rijetke te postoje na razini prikaza nekoliko slučajeva u literaturi. Na primjer, VT kod ishemijske kardiomiopatije koja je u odrasloj dobi česta nakon infarkta miokarda, u dječjoj se izuzetno rijetko susreće, a i tada najčešće postoperativno.

1.2.2.1. Ventrikularne ekstrasistole

Ventrikularne ekstrasistole su preuranjeni udarci porijeklom iz ventrikularnog miokarda ispod razine Hisa. U slučaju postojanja retrokondukcije kroz AV čvor, iza njih može slijediti atrijalna aktivacija, ali mogu biti i potpuno disocirani od atrijske stimulacije.

Mogu se pojaviti kod strukturno zdravog srca te ih se tada naziva idiopatskim, a najčešće dolaze iz izlaznog trakta. Kad se javljaju uz prirođenu ili stečenu srčanu bolest ekstrasistole su loš predikativan čimbenik (87).

Aktivacija ventrikla u ekstrasistoli ne ide kroz normalan provodni sustav, nego dovodi do dissinkronog gibanja srca i sniženja ejekcijske frakcije. Ovakva aktivacija miokarda može dovesti do srčane patnje te u slučaju hemodinamski značajnog broja VES-a i do dilatativne kardiomiopatije (88–91). Baman i sur. (92) su prikazali 174 pacijenta s VES-om te se 24 % opterećenje pokazalo kao najbolja granica između onih koji su razvili kardiomiopatiju prema onima koji nisu. Najniže opterećenje kod kojeg je zabilježena kardiomiopatija bilo je 10 % (92).

U obradi pacijenata s VES-om radi se u dva smjera. Jedan je traženje potencijalnih predisponirajućih faktora ili bolesti miokarda, a drugi određivanje udjela ekstrasistola u odnosu na normalan ritam te postojanje eventualnih drugih poremećaja ritma.

Ventrikularne ekstrasistole kod zdravog srca su najčešće benigne (87) i mogu spontano nestati. Ako su monomorfne, nisu u hemodinamski značajnom broju, ne postaju učestalije u naporu i asimptomatske su, ne zahtijevaju liječenje te se tada preporučuju samo redovite kontrole. Kod simptomatskih ekstrasistola, posebno ako su dovele do dilatativne kardiomiopatije, potrebno je liječenje. Moguće je medikamentozno (93,94) te elektrofiziološkom ablacijom (90,95–97) koja u novije vrijeme zauzima sve važnije mjesto.

1.2.2.2. Akcelerirani idioventrikularni ritam

Akcelerirani idioventrikularni ritam je niz od najmanje tri VES-a koji su monomorfni (98). Smatra se tipično benignom aritmijom koja se može vidjeti kod odraslih kao i kod djece. Kod odraslih je definirana graničnom vrijednošću srčane frekvencije od 50 - 120/min, no kod djece, budući da normalna frekvencija ovisi o dobi, definirana je postotkom normalne frekvencije sinusnog ritma (unutar 10 - 15 %) (99).

U pedijatrijskoj populaciji obično se primjećuje u bolesnika s prirođenim srčanim greškama i relativno je rijetka bez podležecih srčanih bolesti. Budući je uglavnom asimptomatska, često je slučajan nalaz na rutinskom EKG-u (100). Većina pacijenata ima benigni, samoograničavajući tijek ovog stanja.

Ipak, obavljeni pregled literature Wang i sur. (101) ukazao je na potrebu razdvajanja djece u skupine prema dobi na novorođenčad i stariju djecu te prema dnevnom udjelu AIVR-a na sporadičnu i učestalu, zbog razlika u kliničkom slijedu bolesti i prognozi bolesti.

Preporuke za liječenje ove aritmije u djece su skromne te se ne spominju pacijenti s visokim udjelom idiopatskog ventrikularnog ritma. Naglasak je stavljen na individualno

promatranje bolesnika i mogućnosti liječenja. Ako je potrebno liječenje, ono se može provesti medikamentozno, najčešće beta-blokatorima (102). Ipak, peroralna terapija je često neuspješna pa se u današnje vrijeme, posebno kod razvoja dilatativne kardiomiopatije i pada ejeckijske frakcije, ponekad radi elektrofiziološka ablacija (101).

1.2.2.3. Fascikularna ventrikularna tahikardija

Fascikularni VT je karakteriziran frekvencijom $> 130/\text{min}$ u EKG-u širokih QRS kompleksa koji tipično imaju izgled bloka desne grane sa superiornom osi (103). To je lijevi posteriorni fascikularni VT koji čini 90 % ovih tahikardija. Postoje još lijevi anteriorni kod kojeg se bilježi slika bloka desne grane i desna os (104,105), te najrjeđa, gornja septalna koja ima uzak QRS i normalnu ili desnu os (103,106). Prvi su ga opisali Belhassen i sur. (107) pa se ponekad naziva i Belhassenova tahikardija.

Ovo je kružna tahikardija koja jedan dio kruga ima u normalnom provodnom sustavu, fasciklima ili Purkinje nitima, a drugi u mišićnom tkivu, ili je anterogradni i retrogradni krak u Purkinji nitima s mišićnim mostom između njih (108–112).

Tahikardija je najčešće hemodinamski stabilna te ne dovodi do iznenadne srčane smrti (105,113). Od simptoma najčešće su palpitacije. Zbog svoje incesantnosti, može smanjiti kvalitetu života, ali i dovesti do smanjenja ejeckijske frakcije miokarda (113,114). Zabilježeni su slučajevi njenog javljanja već u novorođenačkoj dobi (114) kada su prvi simptomi u smislu srčanoga zatajenja.

U prekidanju ove aritmije najučinkovitiji je verapamil te se ova aritmija zato često i naziva verapamil osjetljivi VT (104–106). Ipak, i na njega je često dugoročno neosjetljiva (113), a i kontraindiciran je u dojenačkoj dobi (115). U slučaju potrebe, postoje opisani slučajevi davanja ovog lijeka i u ovoj dobi, koji su prošli bez nuspojava (114,116), ali je potrebno polagana primjena, a ne davanje bolusa.

Elektrofiziološka ablacija je u današnje vrijeme sigurna i učinkovita metoda i u liječenju ove aritmije (104,113,117). Velázquez-Rodríguez i sur. (113) su prikazali 100 % uspjeh u liječenju ove aritmije ablacijom, ali većinom se dugoročni uspjeh kreće 70 - 90 % (108,112,118–124).

1.2.2.4. Ventrikularna tahikardija iz izlaznog trakta

Ventrikularna tahikardija iz izlaznog trakta je većinom fokalna aritmija, najčešće iz izlaznog trakta desnog ventrikla (125,126), zatim lijevog ventrikla te potom aortomitralnog kontinuiteta. Javlja se zajedno s monomorfni izoliranim VES. U pojavnosti ove aritmije kod odraslih postoje razlike prema dobi i spolu (125), koje nisu dokazane kod djece.

Uobičajeno se javlja kod strukturno zdravog srca (127). Tahikardija iz ovog područja se smatra benignom (128), ali uz povećan udio u ukupnom broju srčanih udara mogu dovesti do dilatativne kardiomiopatije i srčanog zatajenja (129). Vrlo često su simptomatske (127) zbog čega ih je nekad potrebno liječiti i bez obzira na količinu, odnosno hemodinamsku značajnost. Različiti stresori mogu uzrokovati povećanje učestalosti tahikardije što sugerira katekolaminergičnu pozadinu (127).

Medikamentozno se ne može izliječiti ovu aritmiju, već se lijekovima može smanjiti opterećenje srca do spontane rezolucije. U slučaju indikacije, uspješno liječenje ove aritmije elektrofiziološki je opisano u više radova (127,130–133), ali ponekad je potrebna i epikardna ablacija, posebno s lijeve strane (130) što nosi veći rizik postupka.

1.2.3. Postoperacijske aritmije

Poseban problem su i postoperacijske aritmije (63,134) koje su s obzirom na uspješnost kardiokirurških operacija, sve više zastupljene (135,136).

Prema Hayrullah i sur 43,5 % operirane djece postoperativno razvija neku aritmiju, od čega su supraventrikularne ekstrasistole najčešće (137). Iako se mogu javiti sve vrste aritmija, dugoročno su najčešće kružne aritmije oko područja ožiljka. Neposredno nakon operacije javljaju se fokalne iz bilo kojeg dijela srca. Posebno je bitna postoperativna junkcijska ektopična tahikardija, koja je rezistentna na lijekove, a može i hemodinamski ugrožavati pacijenta (138).

Postoji velik broj različitih prirođenih srčanih grešaka i niti jedna greška nije potpuno ista kod dva različita djeteta tako da se ni kirurški ne liječi potpuno isto, mada su principi isti. Zbog tih posebnosti ove patologije, elektrofiziološko liječenje postoperativnih aritmija je zahtjevno i specifično za svako dijete. Izazovi u anatomiji su drukčiji nego kod strukturno zdravog srca pa je pristup različit, a provjera tijekom katetera, angiografija struktura i mapiranje se rade češće radi sigurnosti. Udio ovih pacijenata u ukupnom broju

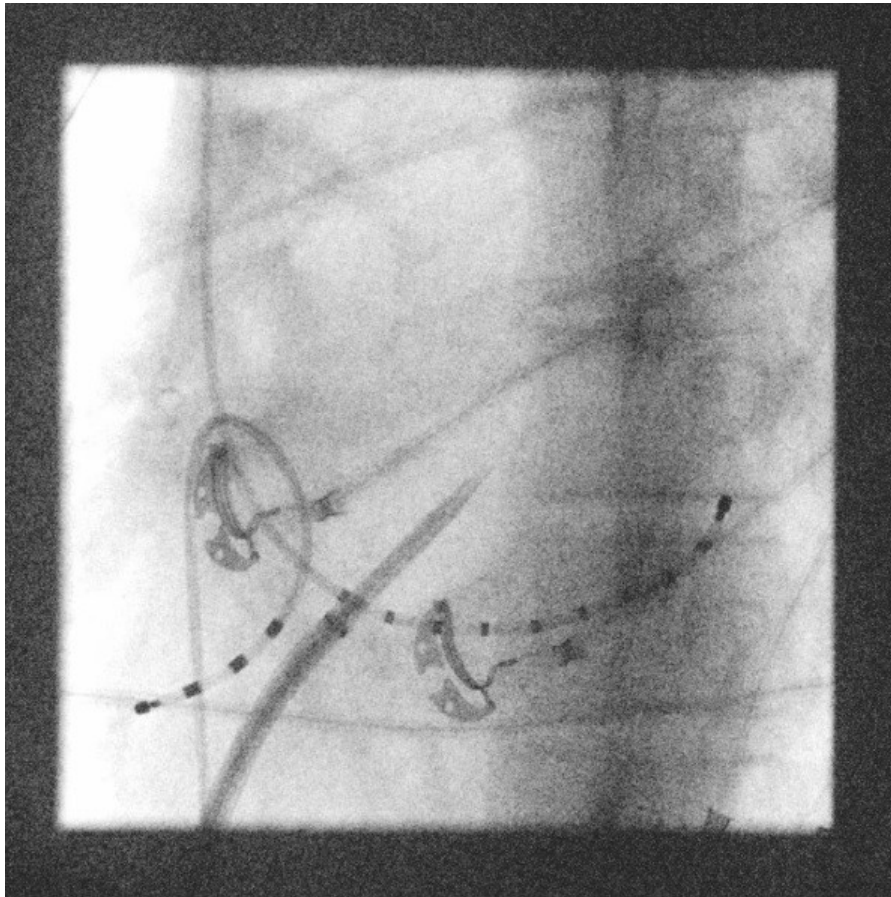
elektrofizioloških postupaka u pedijatriji je nizak, a posebnosti koje donose značajno odstupaju od ostalih postupaka (139).

1.3. Elektrofiziološki postupci na srcu

Elektrofiziologija se u zadnja tri desetljeća nametnula kao važna dijagnostička i terapijska metoda, često i prvi izbor u liječenju aritmija. Prve elektrofiziološke studije su zabilježene u 60tim godinama prošlog stoljeća (140,141). Kod ove metode upotrebom kateterskih elektroda ulazi se u srce kroz centralne vene ili arterije kako bi se odredio točan aritmološki supstrat te često i prekinulo njegovu aktivnost ablacijom.

Postupak se radi u posebno opremljenoj elektrofiziološkoj sali. S obzirom na pristup centralnim venama i arterijama, cijeli postupak se mora obavljati u aseptičnim uvjetima.

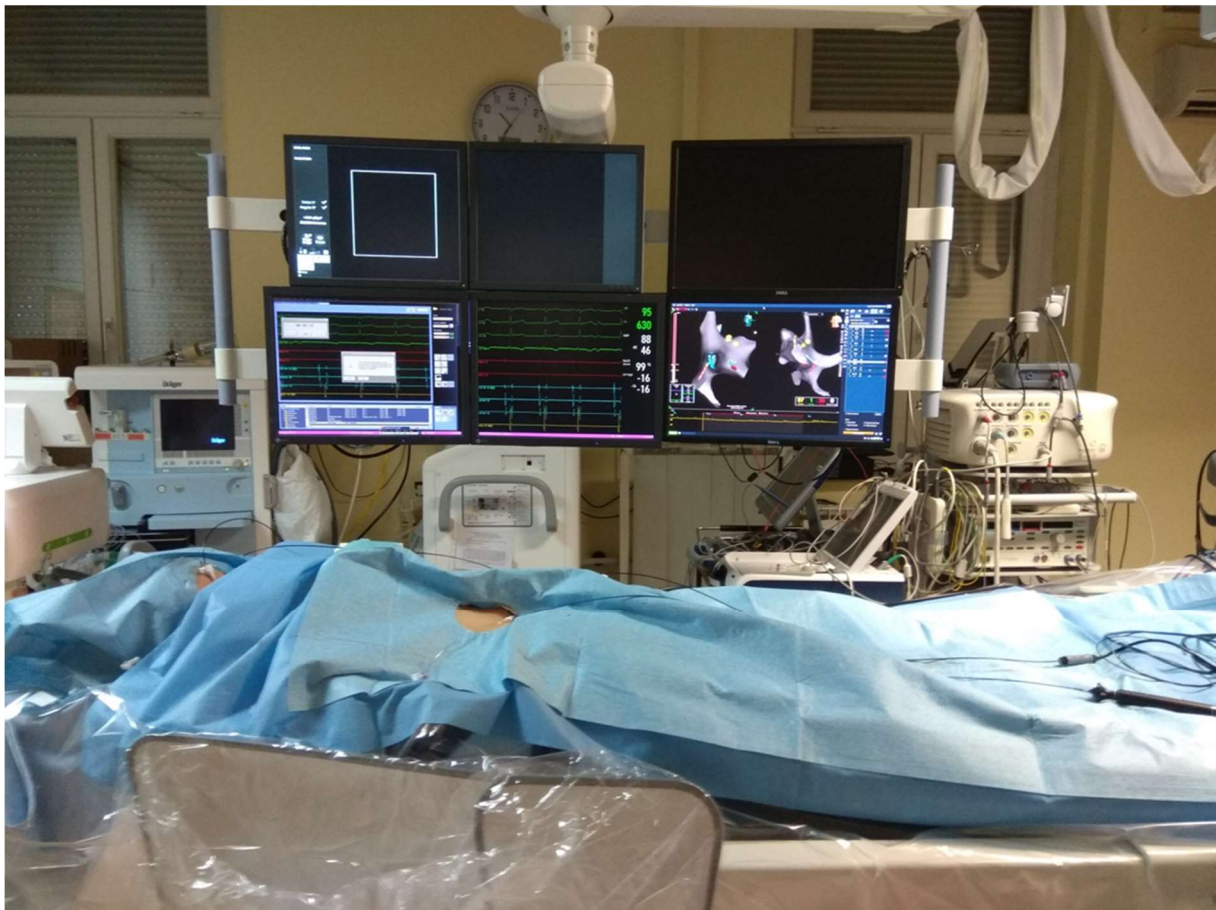
U krvne žile ulazi se metodom po Seldingeru, odnosno prvo se radi punkcija iglom preko koje se plasira žica u krvnu žilu. Preko žice se stavlja uvodnica zajedno s dilatorom koji se potom vadi van. Svaka uvodnica se mora aspirirati i proprati kako bi se odstranili eventualni mjehurići zraka i spriječila zračna embolija. Klasično se postavljaju ukupno četiri uvodnice, u femoralnu i jugularnu venu. Ponekad, kod retrogradnog pristupa u lijevu klijetku punktira se i femoralna arterija. U posljednje vrijeme retrogradni pristup je većinom zamijenjen transseptalnim pristupom lijevoj strani srca (slika 1) jer se tada izbjegava manipulacija preko aortalne valvule koja se time može oštetiti (142).



Slika 1. Primjer transseptalne punkcije sa prikazom katetera pomoću rendgenskog zračenja

Kroz uvodnice se plasiraju elektrode u područje desnog ventrikla, koronarnog sinusa, Hisa i gornjeg desnog atrija. Kod djece, kako bi se izbjeglo stavljanje jedne uvodnice zbog veličine krvnih žila, za His i gornji desni atrij stavlja se jedan kateter kojem se zatim mijenja pozicija ovisno o očekivanoj patologiji te fazi elektrofiziološke studije. Umjesto te elektrode se nakon studije plasira ablacijski kateter. Po potrebi, u srce se može postaviti i sonda ultrazvučnog uređaja (ICE - intracardiac echocardiography) koji omogućuje gledanje struktura i provjeru smjera i položaja katetera iz blizine u stvarnom vremenu. Negativnost ove metode je, uz cijenu i debljina sonde koja se kreće od 9 - 11 french što, za posebno manju djecu, podiže mogućnost nastanka vaskularne ozljede.

Elektrofiziološka sala za vrijeme pedijatrijskog postupka prikazana je na slici 2, gdje se vidi sterilno pokriveno dijete s uvodnicama jugularno i femoralno, uz monitoring vitalnih funkcija i elektrofiziološke sustave za mapiranje. Rendgenski uređaj nije standardno u upotrebi, nego ga se dovodi po potrebi. U slučaju nekih elektrofizioloških postupaka koji se provode korištenjem 3D navigacijskog sustava moguće je izbjeći korištenje rendgenskog zračenja (143–145).



Slika 2. Prikaz elektrofiziološke sale za vrijeme postupka kod djeteta

Elektrofiziološka studija počinje inkrementalnom stimulacijom ventrikla i određivanjem Wenckebacha retrogradno, AV čvora, AP-a ili ventrikla. Potom slijedi programirana stimulacija ventrikla i određivanje efektivnog refraktornog perioda retrogradno. Nakon toga se radi inkrementalna stimulacija pretklijetki i određivanje Wenckebacha anterogradno te programiranom stimulacijom određivanje anterogradnog efektivnog refraktornog perioda.

Ukoliko se za vrijeme studije uspije izazvati aritmija, onda se nju posebno analizira. Promatra se sekvenca aktivacije intrakardijalnih elektroda te se izvode elektrofiziološki manevri poput „entrainment“, His refraktorne VES i tako dalje.

Jednom kad je dokazan mehanizam aritmije, u srce se plasira ablacijski kateter.

Ablacija se može raditi radiofrekventnom energijom (RF), odnosno zagrijavanjem ili krioablacijom odnosno zamrzavanjem (146). Druge metode ablacije npr. laserska, su značajno manje zastupljene ili su tek u fazi ispitivanja (147). Koja god metoda se koristila cilj ablacije je, u osnovi, stvaranje manjeg ožiljka, koji je vezivno tkivo te nema elektrofiziološku aktivnost.

Prednost radiofrekventne ablacije je kraće vrijeme nastanka lezije, dublja lezija te manji broj recidiva (148), dok su nedostaci šire područje lezije, mogućnost termalne ozljede okolnih struktura - na primjer AV čvora ili koronarnih arterija, mogućnost stvaranja mjehurića zraka, „pop“, kao posljedica lokalnog vrenja krvi i potom razaranja okolnih struktura (147,149,150).

Najvažnija prednost krioablacije je kriompiranje gdje se temperatura katetera i zatim tkiva spušta na oko -30°C , na kojoj prestaje električna aktivnost tkiva, ali ne nastaju trajna oštećenja. Ta mogućnost koristi se kod ablacije AP-ova u blizini normalnog provodnog sustava. Ukoliko se na toj temperaturi primijeti prestanak aktivnosti AV čvora, kriompiranje se prekida, a funkcija tkiva se vraća na normalnu. Ako dođe do nestanka preekscitacije kao znak zamrzavanja AP-a, uz uredan PR interval kao dokaz uredne funkcije AV čvora, nastavlja se sa krioablacijom. Tada se temperatura spušta na oko -70°C što dovodi do trajnog oštećenja AP-a uz očuvanu funkciju AV čvora. Druga velika prednost je što se zamrzavanjem ovi kateteri fiksiraju uz tkivo pa nema mogućnosti pomicanja katetera u tijeku ablacije, kao što je moguće kod radiofrekventnih ablacijskih katetera. Zbog toga je područje ozljede tkiva manje i oštrije ograničeno.

Nakon ablacije slijedi period čekanja kako bi se vidjelo hoće li neposredno nakon ablacije doći do recidiva, a dok su svi kateteri još na mjestu te je jednostavno ponoviti ablaciju. Ovo vrijeme se razlikuje između elektrofizioloških centara, a obično je između 10 i 30 minuta.

Ukoliko nakon završetka čekanja aritmološki supstrat i dalje ne pokazuje aktivnost, odstranjuju se kateteri i uvodnice te se učini kompresijska hemostaza. Dijete se potom smješta na odjel uz praćenje vitalnih funkcija. Otpust doma slijedi prvi ili drugi dan od postupka.

Ovakvim načinom liječenja postiže se trajno izlječenje aritmije što je najveća prednost ove metode u odnosu na jedinu drugu opciju, a to je medikamentozno liječenje. Ne postoji lijek koji može definitivno zbrinuti neku aritmiju, već se njegov učinak vidi jedino dok ga osoba redovito uzima. Budući je potrebno dugogodišnje uzimanje lijekova koji imaju svoje nezanemarive nuspojave, jasno je zašto se elektrofiziologija, unatoč svojim komplikacijama i rizicima, sve više i više koristi.

Godišnje se u Hrvatskoj napravi > 2000 elektrofizioloških postupaka, a u Europi skoro 300000 (151). Kod djece se u Hrvatskoj napravi između 60 i 70 elektrofizioloških postupaka godišnje. Rezultati studija provedenih s ciljem procjene doprinosa medicinskog

ozračenja ozračenju stanovništva pokazuju značajan doprinos kardioloških intervencijskih postupaka (152–154) što ukazuje na to da ovi postupci više nisu uskospecifični i rijetki, već imaju javnozdravstveni utjecaj. Iz tog je razloga jako bitno pratiti komplikacije i rizike koje nam ti postupci donose.

1.4. Rendgensko zračenje

U elektrofiziologiji, kao i u ostalim invazivnim kardiološkim postupcima, zlatni standard prikaza položaja katetera u tijelu pacijenta je pomoću rendgenskog zračenja. Osim pacijenta, operater i ostali zdravstveni djelatnici u sali su također izloženi ionizirajućem zračenju (155).

Uporaba rendgenskog zračenja podrazumijeva rizik vezan uz pojavu determinističkih i/ili stohastičkih efekata kao posljedice izlaganja ionizirajućem zračenju te je iz tog razloga važno te postupke optimizirati pri čemu je nužno poznavati ozračenje pacijenta. Posebno je to važno u slučaju pedijatrijskih pacijenata obzirom da su djeca osjetljivija na ionizirajuće zračenje i da je njihov očekivani životni vijek duži u odnosu na odrasle pacijente.

Također, u medicini se osim rendgenskog zračenja koriste i drugi oblici ionizirajućeg zračenja (alfa, beta čestice...), kako u dijagnostici tako i u terapiji. Ovo se naglašava jer različite vrste zračenja imaju drukčiji utjecaj na ozračena tkiva pa i onda kad imaju istu energiju.

S obzirom na kompleksnost opisivanja ozračenosti pacijenta postoji više različitih dozimetrijskih veličina te načina procjene ozračenja.

Apsorbirana doza (D) je definirana kao omjer srednje energije koju ionizirajuće zračenje preda nekom tkivu ($d\bar{\epsilon}$) i mase tog tkiva (dm) (152,156–158).

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

Mjerna jedinica za apsorbiranu dozu je džul po kilogramu (J/kg) koja je za ovu namjenu dogovorno dobila ime Gray (Gy) (157,158).

Obzirom da različite vrste ionizirajućeg zračenja međudjeluju s ozračenim tkivima na različite načine, uvedena je ekvivalentna doza (H) koja se izračunava na sljedeći način (157,158):

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R},$$

gdje je $D_{T,R}$ srednja apsorbirana doza u određenom organu ili tkivu T kao posljedica izlaganja ionizirajućem zračenju tipa R, a w_R je težinski faktor koji je dan za ionizirajuće zračenje tipa R. Težinski faktor za rendgensko zračenje (fotoni) je 1 (157). Obzirom da su navedeni težinski faktori bezdimenzionalni, mjerna jedinica za ekvivalentnu dozu je također džul po kilogramu (J/kg) uz dogovorni naziv Sievert (Sv).

Tkiva i organi se razlikuju po svojoj osjetljivosti na ionizirajuće zračenje, ovisno o brzini dijeljenja stanica, diferenciranosti stanica te mogućnostima regeneracije.

Budući u praksi gotovo nikada ne dolazi do ozračenja samo jedne vrste tkiva, postojala je potreba za uvođenjem dozimetrijske veličine koja će to uzeti u obzir. Na primjer, u intervencijskim postupcima na srcu, osim srca ozračeni su i koža, kosti, mišići, pluća, timus, ponekad štitnjača, jetra, želudac itd. ovisno o tome koliko primarni rendgenski snop zahvaća tkiva vrata ili abdomena, kao i o tome koji organi ili tkiva, odnosno koliki dio pojedinog organa ili tkiva je izložen nastalom raspršenom zračenju. Ovo se može primijeniti i na druge postupke u medicini kod kojih nije ozračeno cijelo tijelo, nego samo neka tkiva.

Uzimajući u obzir ozračenost više tkiva moguće je računanje efektivne doze (ED) koja je dana za cijelo tijelo i računa se na sljedeći način (157,158):

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R} = \sum_T w_T H_T,$$

gdje je w_T težinski faktor za tkivo ili organ T, $D_{T,R}$ prosječna apsorbirana doza u organu ili tkivu T kao posljedica izlaganja ionizirajućem zračenju tipa R, w_R težinski faktor ionizirajućeg zračenja tipa R, a H_T ekvivalentna doza organa ili tkiva T (157). Mjerna jedinica za efektivnu dozu je također džul po kilogramu (J/kg), uz dogovorni naziv Sievert (Sv).

Procjena ozračenja pacijenta tijekom provedbe postupaka koji se provode uporabom rendgenskog zračenja može se provesti na nekoliko načina, primjerice mjerenjem u antropomorfnim fantomima. Jedan od nedostataka ovakvog načina procjene ozračenja pedijatrijskih pacijenata jest činjenica da bi za tu potrebu na raspolaganju trebali biti antropomorfnih fantomi koji predstavljaju različite uzraste pedijatrijskih pacijenata. Drugi

mogući način je procjenjivanje ozračenja pacijenta pomoću računalnih simulacija korištenjem računalnih antropomorfnih fantoma djece različitog uzrasta. Oba navedena načina nisu praktična u svakodnevnoj kliničkoj praksi obzirom da podrazumijevaju značajna financijska sredstva i suradnju nekoliko struka te da je pri svakoj promjeni pojedinog parametra ekspozicije potrebno ponoviti mjerenja, odnosno računalnu simulaciju. Stoga se u svakodnevnoj kliničkoj praksi koriste posebne dozimetrijske veličine kojima se opisuje ozračenje pacijenta, a koje su dane za različite modalitete (159). U slučaju dijaskopskih rendgenskih uređaja koji se koriste pri provedbi elektrofizioloških postupaka to je umnožak kerme i površine, odnosno umnožak doze i površine (dalje u tekstu: DAP, od engl. *dose-area product*) (159,160).

DAP se izražava u Gycm^2 (159,160), a mjeri se DAP-metrom koji je danas najčešće integrirani dio rendgenskog uređaja. Vrijednost DAP-a prikazuje se operateru na monitoru tijekom provedbe postupka, a navedena je i u doznom izvješću koje po završetku postupka generira rendgenski uređaj.

Tipična vrijednost pojedine dozimetrijske veličine pokazuje uobičajenu kliničku praksu, odnosno način na koji se pojedini postupak korištenjem pojedinog modaliteta provodi. U slučaju kada su dostupne dijagnostičke referentne razine, tipične vrijednosti se uspoređuju s njima i po potrebi se poduzimaju korektivne mjere u cilju optimizacije postupka. Tipične vrijednosti se u slučaju odraslih pacijenata računaju za tzv. standardnog pacijenta (70 ± 20 kg) (161,161), dok se u slučaju pedijatrijskih pacijenata preporuča računati ih za sljedeće grupe koje se temelje na masi pacijenta: 0-<5 kg, 5-<15 kg, 15-<30 kg, 30 -< 50 kg i 50–80 kg (162). Poznavanje vrijednosti pojedine dozimetrijske veličine omogućuje i procjenu doze pojedinog organa ili efektivne doze pomoću odgovarajućih konverzijskih faktora koji su dani u literaturi (159). Treba napomenuti da se efektivna doza u medicini koristi samo za potrebe usporedbi različitih postupaka, pojedinih modaliteta i postupaka u različitim zdravstvenim ustanovama i/ili državama, kao za i usporedbe različitih modaliteta za provedbu istog postupka (158).

U zadnjih nekoliko godina način rada u pedijatrijskoj elektrofiziologiji se značajno promijenio uvođenjem sustava za 3D mapiranje u svakodnevnu praksu, kod sve djece, bez obzira na očekivanu kompleksnost postupka.

Ipak, uz 3D sustav mapiranja, posebno kod rješavanja problema, i dalje se koristi rendgenski uređaj pa se mora promišljati kako se može smanjiti količina zračenja koja se koristi. Preporuka korištenja što manje količine zračenja sadržana je u rečenici: onoliko nisko

koliko je razumno moguće postići (ALARA – as low as reasonably achievable) koja se najčešće koristi u radovima iz ovog područja (152).

Kako bi se smanjilo ozračenje pacijenta, treba razmišljati o opravdanosti provedbe postupka koji podrazumijeva uporabu rendgenskog zračenja te o optimizaciji tog postupka (152). Opravdanost postupka je sadržana u stvarnoj indikaciji za postupak o čemu je pisano ranije u tekstu. Sve aritmije nisu podložne elektrofiziološkom liječenju. Promišljanje o opravdanosti elektrofiziološkog postupka ne smije tu završiti. Svako korištenje rendgenskog zračenja tijekom postupka mora biti jasno opravdano i informativno nadilaziti rizike koje donosi te je zato i potrebno posebnu pažnju posvetiti optimizaciji tog postupka.

Iako je u cilju smanjenja ozračenja pacijenta potrebno što je moguće više smanjiti vrijeme dijaskopije, još je potrebnije obratiti pozornost na odabir odgovarajućih vrijednosti pojedinih parametara snimanja. Primjerice, brzina snimanja („frame rate“) se ponekad može značajno smanjiti bez ikakvog utjecaja na kvalitetu pojedine slike, čime se ozračenje pacijenta može značajno smanjiti (163). U elektrofiziologiji je poziciju katetera moguće provjeravati i s jednom slikom u sekundi. Već i razgovor o razini ozračenja pacijenta s timom koji je sudjelovao u provedbi postupka na kraju svakog postupka može potaknuti osoblje na smanjenje doze zračenja koju je primio pacijent (152).

Važno je naglasiti da, iako su sustavi za 3D prikaz položaja katetera godinama u upotrebi, nema radova u kojima su dane tipične vrijednosti DAP-a te procijenjene doze organa i efektivne doze za pedijatrijske elektrofiziološke postupke za slučajeve kada se koristi rendgensko zračenje, za pojedine kategorije pacijenata temeljenih na masi. Pojedini radovi su pokazali da su vrijeme dijaskopije, kao i vrijednost pojedine dozimetrijske veličine značajno smanjeni nakon uvođenja 3D sustava za mapiranje, ali bez razlikovanja pacijenata prema masi, već eventualno prema dobi (164–175). Radova u kojima su dane procijenjene doze organa i efektivne doze za slučaj ovih postupaka nema.

Također je važno naglasiti da u slučaju elektrofizioloških postupaka manje dijete donosi više izazova tijekom rada. Sama punkcija krvnih žila je zahtjevnija, plasman katetera i mapiranje struktura koje su manje je izazovnije, a šansa za komplikacije je veća. Pitanje je i povjerenja operatera u točnost prikaza struktura 3D sustava za mapiranje kad je kod manjih struktura preciznost izuzetno važna. Zato bi se u slučaju elektrofizioloških postupaka kod manje djece moglo očekivati češće korištenje rendgenskog zračenja, kao i potreba za kvalitetnijim slikama te posljedično i veće ozračenje.

Budući podaci o ozračenju pedijatrijskih pacijenata kod ovih postupaka ne postoje, trenutno se može samo pretpostavljati da negativne posljedice uporabe ionizirajućeg zračenja tijekom provedbe tih postupaka ne nadilaze prednosti koje djetetu donosi izlječenje aritmije. Također, ne zna se, što se tiče ozračenja pacijenta, postoji li prednost za dijete ako se neka procedura odgađa u stariju dob. Ovim radom želimo doprinijeti da se ovo promijeni.

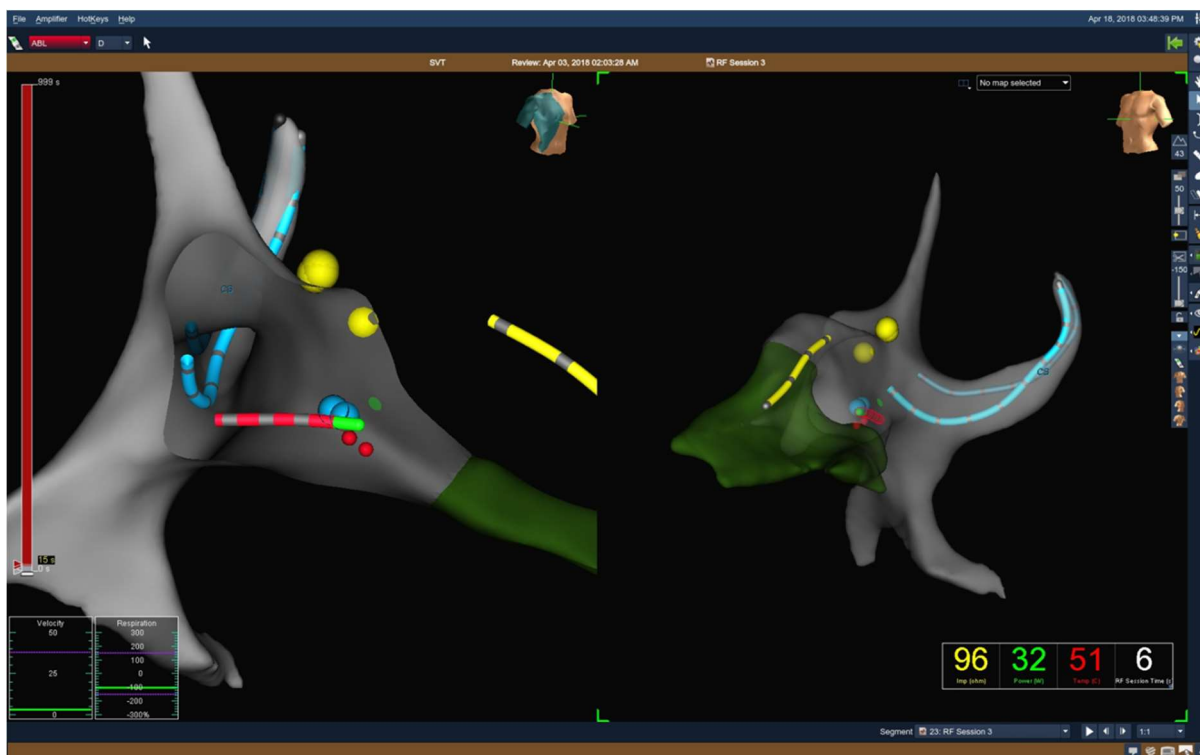
1.5. Sustavi za 3D mapiranje srčane anatomije i aritmija

U pedijatrijskoj elektrofiziologiji najveći iskorak u smanjenju količine ionizirajućeg zračenja je nastao uvođenjem 3D sustava za mapiranje. Ovi sustavi omogućuju prostorno smještanje katetera te stvaranje mape anatomije srca i električne aktivnosti. Intrakardijalni elektrogram se sprema te se vrijeme aktivacije može uspoređivati s nekom referentnom točkom. Omogućuje stvaranje aktivacijske mape koja pokazuje način širenja signala kroz srce. Tako se dolazi do zaključka o fokalnom obrascu širenja signala odnosno većem ili manjem kružnom kretanju tahikardije. Kod kružnih aritmija lakše se određuje gdje se nalazi istmus tahikardije koji će potom biti ciljno mjesto za ablaciju. Sustavi mogu prikazati i napon pojedinih regija miokarda iz čega je moguće donositi zaključke o zdravlju podležećeg miokarda. Kod djece ovo posebno dolazi do izražaja kod operiranih srčanih grešaka jer liječniku omogućuje „vidjeti“ gdje su postoperacijski ožiljci koji su vrlo često uzrok nastanka aritmije. Ablacijskim povezivanjem ožiljka s električki neutralnim strukturama u srcu moguće je izlječenje.

Treba imati na umu da, iako moćni, ovi sustavi i dalje nisu u mogućnosti dati definitivnu dijagnozu ili sami odrediti mjesto za ablaciju. I dalje operater odlučuje koji su signali prihvatljivi, kad počinje signal od interesa i na kojem kateteru, koji je prozor interesa. S ovim odlukama operater zapravo crta mapu koja će mu omogućiti izolaciju ispravnog mjesta za ablaciju.

Dva najzastupljenija 3D sustava za mapiranje su „Ensite NavX“ sustav tvrtke Abbott te „Carto“ sustav tvrtke Johnson&Johnson. Razlikuju se po načinu prikaza katetera te tehnologiji kojom to uspijevaju.

1.5.1. Ensite NavX sustav tvrtke Abbott

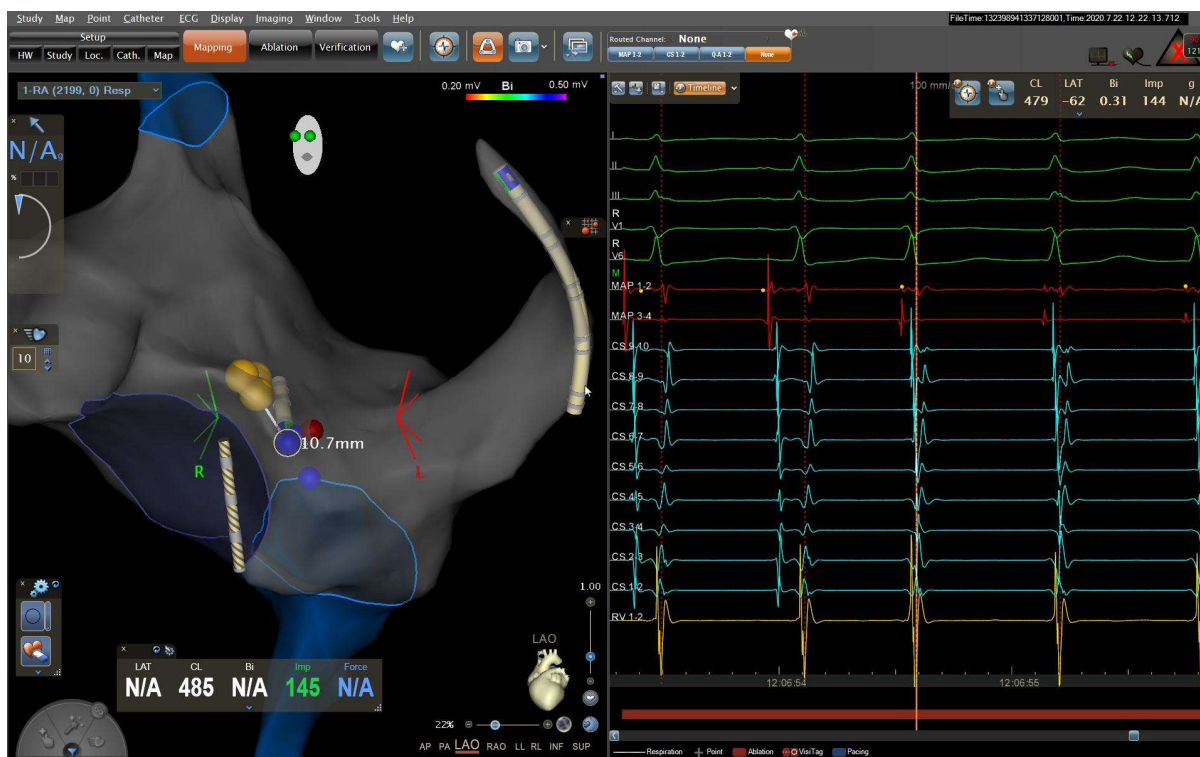


Slika 3. Prikaz anatomije srca i elektrofizioloških katetera pomoću NavX sustava tvrtke Abbott

Kod djece se najčešće koristi NavX sustav tvrtke Abbott koji omogućuje prikaz svih katetera (slika 3) uz pomoć tri para referentnih elektroda zalijepljenih na površinu kože u različitim ravninama. Električni signal isporučuje se naizmjenično kroz svaki par elektroda, stvarajući gradijent napona duž osi između njih. Koristeći zabilježene napone u elektrodi na vršku katetera, u usporedbi s gradijentom napona na sve tri osi, sustav izračunava 3D položaj katetera. Zadnja verzija ovog sustava koristi promjene impedancije umjesto napona. Zbog visoke frekvencije koju koristi (204 Hz), sustav može u stvarnom vremenu prikazivati 132 elektrode.

S obzirom da u kateteru nisu potrebni dodatni senzorski sustavi osim mjerenja napona, na ovaj sustav se mogu priključiti svi kateteri. Ovo posebno dolazi do izražaja kod djece jer je moguće koristiti manje katetere i dalje ih vidjeti na 3D sustavu bez korištenja rendgenskoga zračenja. Također, ovaj sustav prikazuje i fokalne krioablacijske katetere.

1.5.2. Carto sustav tvrtke Johnson&Johnson



Slika 4. Ablacija AVNRT-a prikazana Carto 3D sustavom za mapiranje tvrtke Johnson&Johnson

Drugi 3D sustav za mapiranje je Carto, tvrtke Johnson&Johnson (slika 4), koji koristi magnetsko polje za lokalizaciju katetera. Kod ovog sustava zavojnice se smještaju ispod pacijenta, one stvaraju magnetsko polje slabe snage na temelju kojeg kateter sa senzorom magnetskog polja može slati te podatke računalu, koje potom izračunava smještaj katetera u prostoru (176). Budući ovaj sustav ne može prikazivati sve katetere, kao na primjer 5F ablacijske katetere često korištene kod manje djece, on se znatno manje koristi u pedijatrijskim postupcima. Prednost ovog sustava je veća preciznost smještaja katetera u prostoru, tako da ga se češće koristi kod kompleksnijih aritmija, odnosno dužeg trajanja postupka kako bi se smanjili pomaci slike i distorzije koje mogu vremenom nastati kod sustava temeljenih na impedanciji.

Iako se ovi sustavi koriste već godinama, nema puno radova koji se bave ozračenjem pedijatrijskih pacijenata kao posljedice ovih postupaka koji se provode u današnje vrijeme. Pokazano je da je ozračenje pacijenata značajno smanjeno u odnosu na ranije postupke

tijekom kojih se koristilo isključivo rendgensko zračenje (143–145,164–170,172–175,177–180), ali ne postoje podaci o ozračenju pacijenta na temelju kojih bi se mogle određivati posljedice elektrofiziološkog postupka kod djece, posebno po dobi, indikaciji ili aritmološkom supstratu.

Ovi podaci nedostaju i kod određivanja smjernica u liječenju aritmija, ali i kod davanja informacija pacijentima, odnosno njihovim skrbnicima.

2. HIPOTEZA

Tipične vrijednosti umnoška doze i površine u slučaju pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka korištenjem 3D navigacijskog sustava veće su kod pacijenata niže tjelesne mase.

3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

3.1. Opći cilj

Ispitati ovisnost tipične vrijednosti DAP-a, doze pojedinih organa te efektivne doze o masi pacijenta za slučaj pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka koji se provode uz uporabu 3D navigacijskog sustava.

3.2. Specifični ciljevi

1. Utvrditi za koju skupinu pacijenata obzirom na masu je u slučaju provedbe pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka uz korištenje 3D navigacijskog sustava tipična vrijednost DAP-a te doze organa i efektivne doze najveća.
2. Utvrditi za koju najčešću indikaciju, odnosno ulaznu dijagnozu su tipične vrijednosti DAP-a, doze organa i efektivne doze najveće.
3. Utvrditi za slučaj kojeg supstrata su tipične vrijednosti DAP-a, doze organa i efektivne doze najveće.
4. Utvrditi koji je najčešći razlog korištenja rendgenskog zračenja tijekom provedbe pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka uz korištenje 3D navigacijskog sustava.
5. Utvrditi u slučaju kojeg razloga korištenja rendgenskog zračenja tijekom provedbe pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka uz korištenje 3D navigacijskog sustava su tipične vrijednosti DAP-a, doze organa i efektivne doze najveće.
6. Pokazati učestalost korištenja rendgenskog zračenja tijekom provedbe pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka uz korištenje 3D navigacijskog sustava, odnosno pokazati udio provedenih elektrofizioloških postupaka tijekom kojih se rendgensko zračenje nije koristilo.

4. ISPITANICI, METODOLOGIJA I PLAN ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno kao presječna studija. Ispitanici su osobe mlađe od 18 godina kod kojih je provedena pedijatrijska elektrofiziološka studija s ili bez ablacije u razdoblju od 1.1.2016. godine do 31.12.2021. godine u Gottsegen kardiovaskularnom centru, Budimpešta, Mađarska te od 1.1.2018. godine do 31.12.2021. godine u Kliničkom bolničkom centru Sestre milosrdnice, Zagreb. Uključena su djeca sa svim vrstama aritmija. Isključena su djeca s prirođenim srčanim grješkama s obzirom da ona predstavljaju puno manju skupinu koja ima svoje specifičnosti u pogledu potrebe za korištenjem rendgenskog zračenja (181,182).

Većina postupaka je učinjena u sedaciji s propofolom, osim u slučaju djece u Zagrebu starije od 12 godina, koja su rađena u lokalnoj anesteziji. Za 3D mapiranje korišten je Ensite sistem tvrtke Abbott te rjeđe Carto sustav tvrtke Johnson & Johnson. U Gottsegen kardiovaskularnom centru korišten je rendgenski uređaj General Electrics INNOVA 5, a u KBC-u Sestre milosrdnice koristio se rendgenski uređaj Siemens CIOS Alpha.

EF postupci provedeni su na način da su lijevostrani AP-ovi ciljani putem otvorenog foramen ovale ili transseptalnim pristupom s upotrebom dijaskopije za punkciju. Nisu rutinski korišteni drugi modaliteti snimanja. Tek kod nekoliko otežanih transseptalnih punkcija korišten je ultrazvuk unutar srca (ICE - intracardiac echocardiography) ili transezofagijski ultrazvuk. Punkcija vene ili arterije, uvođenje žica i plasiranje uvodnica radilo se bez sustavnog korištenja rendgenskog zračenja koji se koristilo samo u slučajevima otežane punkcije. Uobičajeno su se koristile kratke uvodnice, a duga uvodnica korištena je kod transseptalnih punkcija te kad je bilo potrebno za poboljšanje stabilnosti katetera.

Za svakog su pacijenta prikupljeni sljedeći podaci iz medicinske dokumentacije: demografske i kliničke informacije (dob u vrijeme provedbe elektrofiziološkog postupka, tjelesna masa, spol, prisutnost strukturne bolesti srca, indikacija za elektrofiziološki postupak), nalazi elektrofiziološkog postupka (supstrat aritmije), razlog za korištenje dijaskopije i vrijednost DAP-a.

Doze organa i efektivna doza se procijenila iz tipične vrijednosti DAP-a normalizirane po masi pacijenta pomoću konverzijskih faktora navedenih u radu Buytaert i sur. (183).

Vrijednost DAP-a prikazana je i po jedinici tjelesne mase (DAP_{TM}) i izračunata kao DAP podijeljen s tjelesnom masom.

Pacijenti su grupirani u sljedeće skupine prema tjelesnoj masi: 1. 15-<30 kg, 2. 30-<50 kg, 3. 50-<80 kg i 4. \geq 80 kg. Tipične vrijednosti su prikazane i pomoću krivulje po uzoru na nordijski model (184).

Razlozi za korištenje dijaskopije razvrstani su u sljedeće kategorije: 1. transseptalna punkcija, 2. pozicioniranje žice, uvodnice ili katetera, 3. mapiranje s kateterom, 4. angiografija (angio koronarnog sinusa, koronarografija...).

Indikacije za elektrofiziološki postupak razvrstane su u sljedeće grupe: palpitacije, zabilježena SVT, asimptomatska preekscitacija, WPW sindrom, VES/ventrikularna tahikardija (VT).

Supstrat aritmije utvrđen elektrofiziološkim postupkom te eventualno potvrđen ablacijom razvrstan je u sljedeće grupe: AP desno, AP lijevo, AVNRT, AT, ventrikularni supstrat.

Istraživanje je presječna studija koja ne zahtijeva izvođenje nikakvih dodatnih postupaka u odnosu na one koje su izvedene sukladno medicinskoj indikaciji. Svi podaci tijekom prikupljanja te potom i obrade su anonimizirani, a iz prikazanih podataka nije nikako moguće identificirati određenog pojedinca.

Podaci su prikazani tablično i grafički. Kolmogorov-Smirnovljevim testom se procijenila raspodjela kontinuiranih vrijednosti te su se shodno dobivenim rezultatima primijenili odgovarajući neparametrijski testovi. Razlike u kontinuiranim vrijednostima su analizirane Kruskal-Wallisovim testom s post-hoc testiranjem prema Dunnu. Razlike u kategorijskim vrijednostima su analizirane X^2 - testom te su se kod značajnih razlika napravile dodatne međusobne usporedbe prema Bonferroniju kako bi se ustanovilo na koje se skupine te razlike odnose. Sve p vrijednosti manje od 0,05 su smatrane statistički značajnima. U analizi se koristila programska podrška IBM SPSS for Windows, verzija 29.0.1.

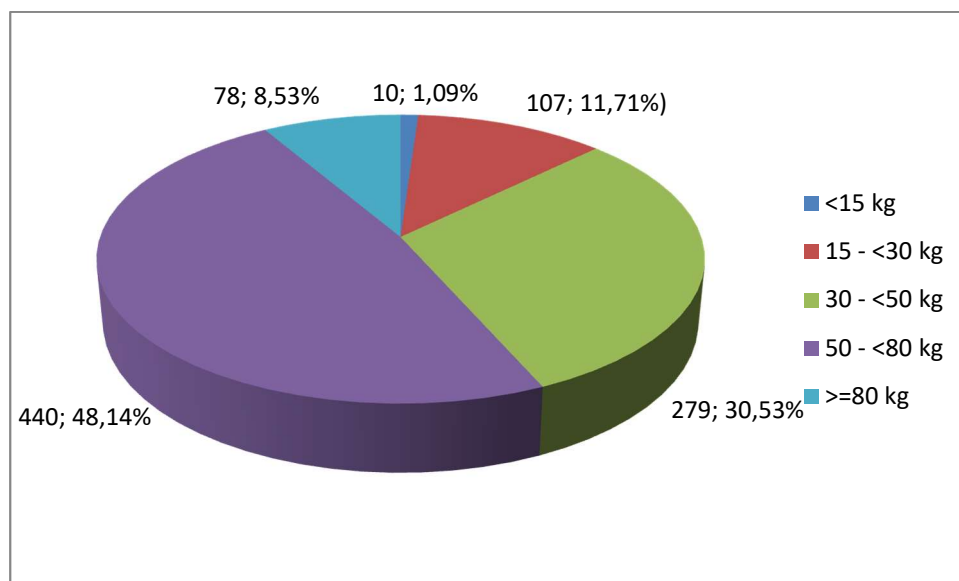
5. REZULTATI

5.1. Opći podaci o ispitanjoj populaciji

Istraživanje je obuhvatilo ukupno 914 djece kod kojih je provedena elektrofiziološka studija u ranije navedenom razdoblju. U Gottsegen kardiovaskularnom centru, Budimpešta, Mađarska učinjeno je 713, a u KBCu Sestre milosrdnice, Zagreb 201 postupak. Nisu uključena djeca s prirođenim srčanim greškama.

Istraživanje je obuhvatilo 509 (55,7 %) muške i 405 (44,3 %) ženske djece.

Prosječna tjelesna masa pacijenata bila je 53,2 kg (3,7 kg do 134 kg). U skupini 15- <30 kg bilo je 107 djece (11,71 %), u 30-<50 kg 279 djece (30,53 %), u 50-<80 kg 440 djece (48,14 %) te u ≥ 80 kg 78 djece (8,53 %) (slika 5). Manje od 15 kg imalo je 10 djece, tako da se ta skupina nije mogla uvrstiti u izračunavanje ozračenosti ispitanika zbog statističke neznačajnosti.



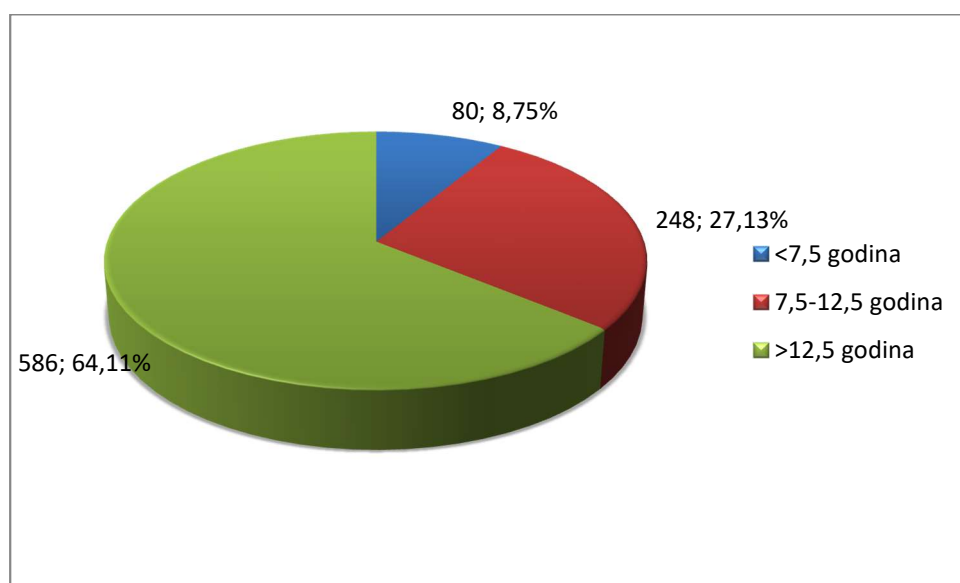
Slika 5. Raspodjela ispitanika prema tjelesnoj masi (broj ispitanika; udio od svih ispitanika %)

Prosječna dob ispitanika bila je 13,25 godina (1 mjesec do 18 godina). Medijan dobi ispitanika u različitim skupinama po tjelesnoj masi prikazan je u tablici 1 zajedno s minimalnim, maksimalnim vrijednostima te 25. i 75. centilom.

Tablica 1. Prikaz dobi pacijenata u različitim skupinama po masi pacijenata

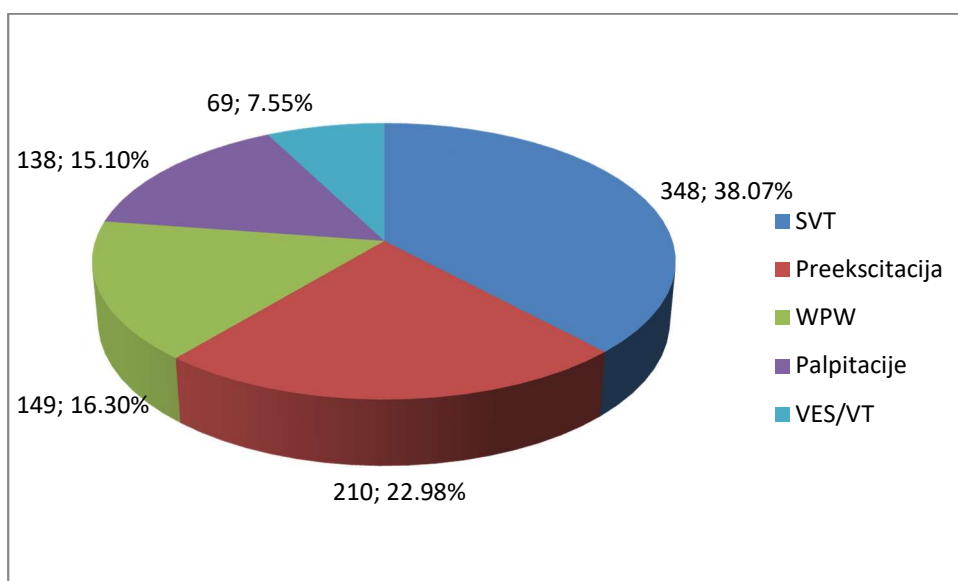
	Skupine prema tjelesnoj masi	N	Minimum	Maksimum	Centile		
					25.	50. (Medijan)	75.
Dob (godine)	15 - <30 kg	107	0	11	6,00	7,00	9,00
	30 - <50 kg	279	4	18	10,00	12,00	13,00
	50 - <80 kg	440	8	18	14,00	15,00	17,00
	>=80 kg	78	12	18	15,00	16,00	17,00

Mlađih od 7,5 godina bilo je 80 (8,75 %), u dobi između 7,5 i 12,5 godina 248 (27,13 %), a starijih od 12,5 godina 586 (64,11 %) (slika 6).



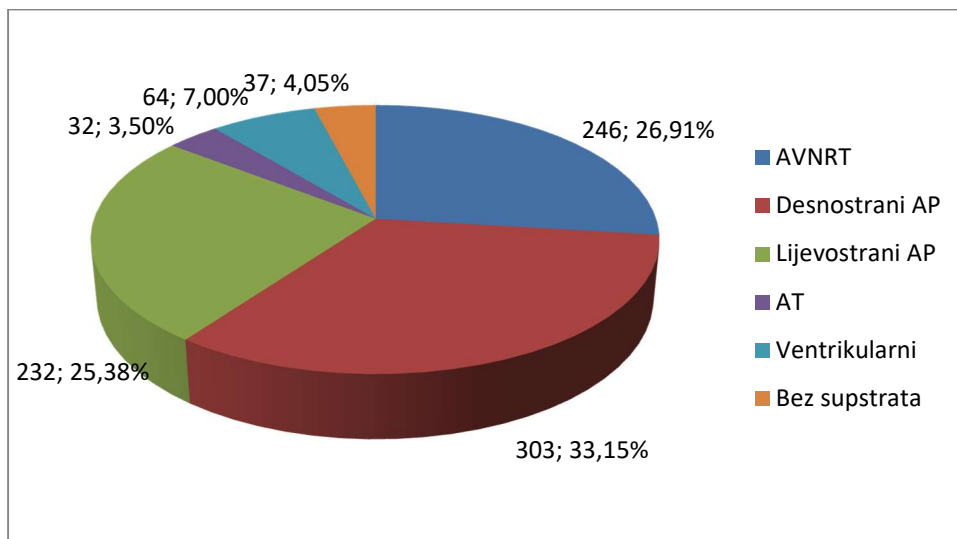
Slika 6. Raspodjela ispitanika prema dobi (apsolutni broj ispitanika; udio od svih ispitanika %)

Najčešća indikacija za postupak bila je SVT i to kod 348 (38,07 %) ispitanika, a potom prema učestalosti: preekscitacija 210 (22,98 %), WPW sindrom 149 (16,30 %), palpitanije 138 (15,10 %), VES/VT 69 (7,55 %) ispitanika (slika 7).



Slika 7. Zastupljenost indikacija za elektrofiziološke postupke (apsolutni broj; udio od ukupnog broja ispitanika %)

Najčešći aritmološki supstrat utvrđen elektrofiziološkim ispitivanjem bili su desnostrani AP-ovi i to kod 303 (33,15%) ispitanika (slika 8). Potom po učestalosti slijede: AVNRT 246 (26,91 %), lijevostrani AP-ovi 232 (25,38 %), ventrikularni supstrat 64 (7,00 %), AT s 32 (3,50 %) ispitanika (slika 8). Kod 37 (4,05 %) ispitanika tijekom elektrofiziološke studije nije se uspjela izazvati tahikardija niti utvrditi neki drugi patološki supstrat.



Slika 8. Prikaz zastupljenosti aritmoloških supstrata (apsolutni broj; udio od ukupnog broja %)

U tablicama 2 i 3 prikazane su raspodjele indikacija i aritmoloških supstrata (uključujući i one bez utvrđenog aritmološkog supstrata) u odnosu na grupe prema tjelesnoj masi.

Tablica 2. Prikaz broja aritmoloških supstrata u odnosu na grupe prema tjelesnoj masi

		Skupine prema tjelesnoj masi								p
		15 - <30 kg		30 - <50 kg		50 - <80 kg		≥80 kg		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Aritmološki supstrat	Bez supstrata	2	1,87 %	9	3,23 %	24	5,45 %	2	2,56 %	0,217
	AVNRT	27	25,23 %	73	26,16 %	130	29,55 %	15	19,23 %	
	Desnostrani AP	36	33,64 %	104	37,28 %	130	29,55 %	28	35,90 %	
	Lijevostrani AP	34	31,78 %	69	24,73 %	105	23,86 %	20	25,64 %	
	AT	3	2,80 %	5	1,79 %	20	4,55 %	4	5,13 %	
	Ventrikularni	5	4,67 %	19	6,81 %	31	7,05 %	9	11,54 %	

N apsolutni broj

Tablica 3. Prikaz broja indikacija u odnosu na grupe prema tjelesnoj masi

		Skupine prema tjelesnoj masi								p
		15 - <30 kg		30 - <50 kg		50 - <80 kg		≥80 kg		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
	SVT	60	56,07 %	92	32,97 %	158	35,91 %	30	38,46 %	
	Preekscitacija	19	17,76 %	79	28,32 %	98	22,27 %	13	16,67 %	
Indikacija	WPW	19	17,76 %	47	16,85 %	65	14,77 %	17	21,79 %	<0,001
	Palpitacije	4	3,74 %	40	14,34 %	85	19,32 %	9	11,54 %	
	VES/VT	5	4,67 %	21	7,53 %	34	7,73 %	9	11,54 %	

N apsolutni broj

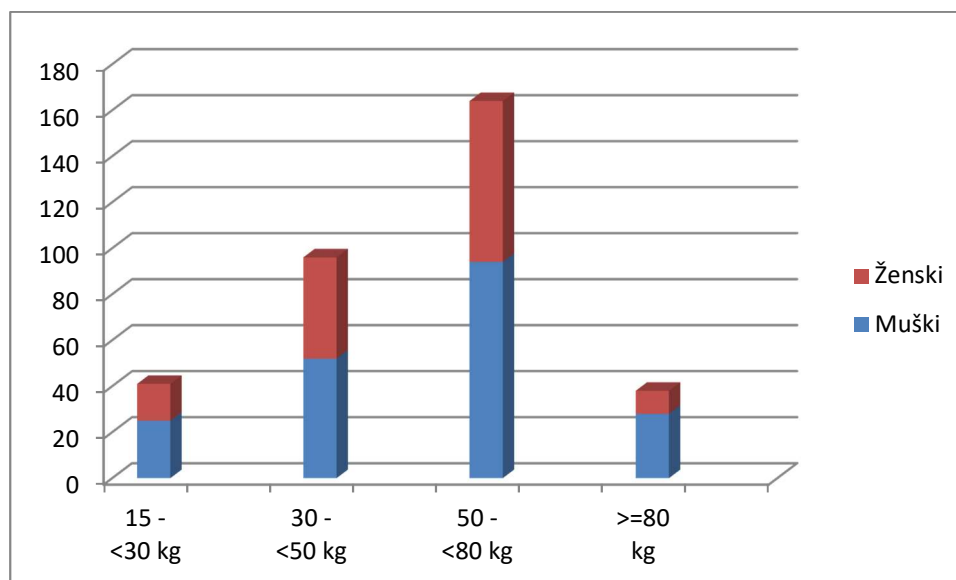
5.1.1. Skupina ispitanika kod kojih je korišteno rendgensko zračenje

Kod promatranja zasebno ispitanika koji su ozračeni, između skupina prema tjelesnoj masi nije bilo razlike u udjelu spola ($p = 0,208$) (tablica 4; slika 9).

Tablica 4. Raspodjela spola u skupinama prema tjelesnoj masi kod djece koja su ozračena

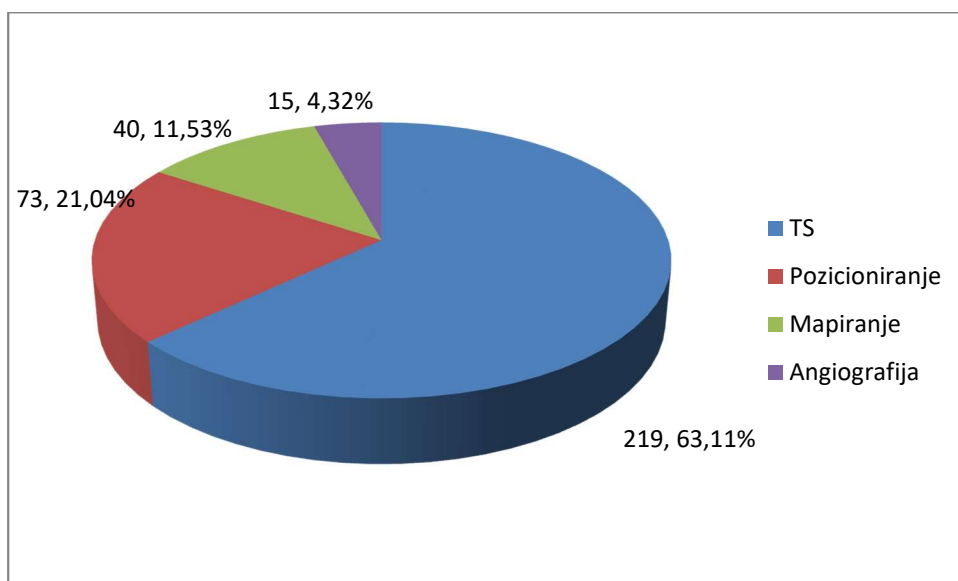
		Skupine prema tjelesnoj masi								p
		15 - <30 kg		30 - <50 kg		50 - <80 kg		>=80 kg		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Spol	Muški	25	60,98 %	52	54,17 %	94	57,32 %	28	73,68 %	0,208
	Ženski	16	39,02 %	44	45,83 %	70	42,68 %	10	26,32 %	

N broj ispitanika; % udio od ispitanika koji su zračeni



Slika 9. Raspodjela muškog i ženskog spola u skupinama prema tjelesnoj masi kod ispitanika koji su ozračeni

Razlozi za korištenje dijaskopije prikazani su na slici 10. Najčešći razlog je bio transeptalna punkcija (63,11 %), a prema učestalosti dalje slijede pozicioniranje žice, uvodnice ili katetera (21,04 %), mapiranje s kateterom (11,53 %) te najrjeđi razlog angiografija (koronarnog sinusa, koronarografija...) (4,32 %).



Slika 10. Prikaz učestalosti razloga za korištenje rendgenskog zračenja TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvodnice ili katetera

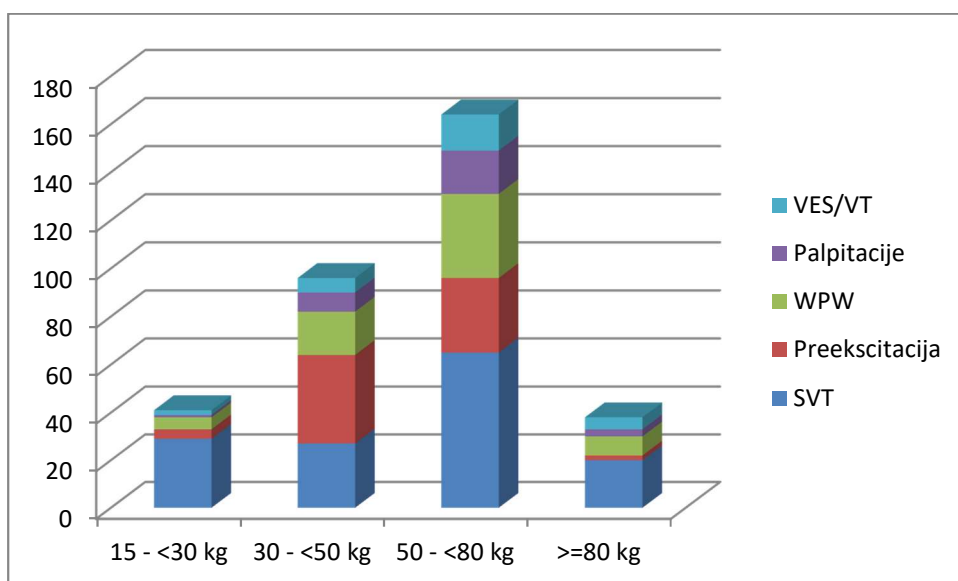
Učestalost različitih indikacija za postupak, kod rendgenski zračenih pacijenata, prema tjelesnoj masi prikazana je u tablici 5 i slici 11. Skupine tjelesne mase su se značajno razlikovale prema indikacijama ($p < 0,001$), pa su usporedbe između pojedinih skupina prikazane u tablici 6.

Gledano samo rendgenski zračene pacijente, aritmološki supstrati te razlozi za korištenje rendgenskog zračenja nisu se razlikovali između skupina prema tjelesnoj masi te su ti podaci prikazani u tablicama 7 i 8 te na slikama 12 i 13.

Tablica 5. Raspodjela učestalosti indikacija za elektrofiziološki postupak kod rendgenski zračenih ispitanika, skupine prema tjelesnoj masi.

		Skupine prema tjelesnoj masi								p
		15 - <30 kg		30 - <50 kg		50 - <80 kg		>=80 kg		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Indikacija	SVT	29	70,73 %	27	28,13 %	65	39,63 %	20	52,63 %	<0,001
	Preekscitacija	4	9,76 %	37	38,54 %	31	18,90 %	2	5,26 %	
	WPW	5	12,20 %	18	18,75 %	35	21,34 %	8	21,05 %	
	Palpitacije	1	2,44 %	8	8,33 %	18	10,98 %	3	7,89 %	
	VES/VT	2	4,88 %	6	6,25 %	15	9,15 %	5	13,16 %	

N apsolutni broj



Slika 11. Raspodjela učestalosti indikacija za elektrofiziološki postupak kod rendgenski zračenih ispitanika, skupine prema tjelesnoj masi.

N apsolutni broj

Tablica 6. Usporedba pojedinih skupina prema tjelesnoj masi u učestalosti indikacija

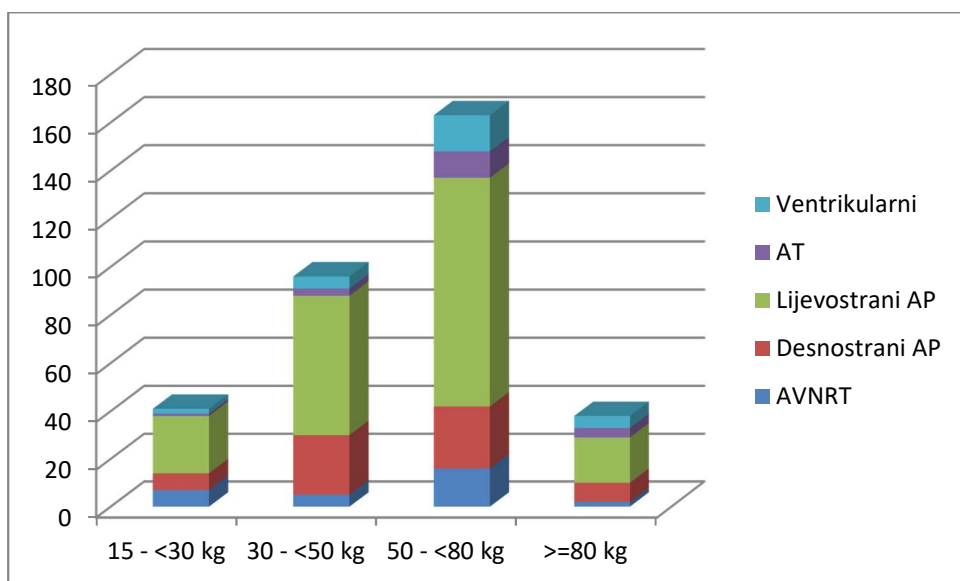
		Skupine prema tjelesnoj masi			
		15 - <30 kg	30 - <50 kg	50 - <80 kg	>=80 kg
		(A)	(B)	(C)	(D)
	SVT	B(<0,001)			B(0,044)
Indikacija	Preekscitacija		A(0,005)	C(0,003)	D(0,001)
	WPW				
	Palpitacije				
	VES/VT				

*Rezultati se temelje na dvostranim testovima. Za svaki značajni par, skupina s manjim udjelom stupca pojavljuje se u skupini s većim udjelom. Prikazane su usporedbe sa razinom značajnosti 0,05 i manjom.

Tablica 7. Raspodjela učestalosti aritmoloških supstrata kod rendgenski zračenih ispitanika, skupine prema tjelesnoj masi.

		Skupine prema tjelesnoj masi								p
		15 - <30 kg		30 - <50 kg		50 - <80 kg		≥80 kg		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Aritmološki supstrat	AVNRT	7	17,07 %	5	5,21 %	16	9,82 %	2	5,26 %	0,195
	Desnostrani AP	7	17,07 %	25	26,04 %	26	15,95 %	8	21,05 %	
	Lijevostrani AP	24	58,54 %	58	60,42 %	95	58,28 %	19	50,00 %	
	AT	1	2,44 %	3	3,13 %	11	6,75 %	4	10,53 %	
	Ventrikularni	2	4,88 %	5	5,21 %	15	9,20 %	5	13,16 %	

N apsolutni broj

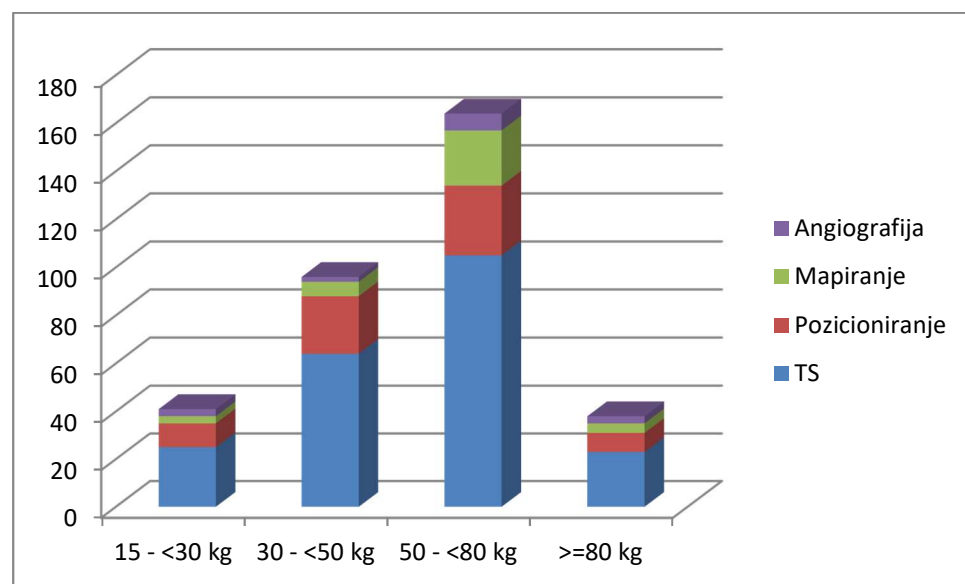


Slika 12. Raspodjela učestalosti aritmoloških supstrata kod rendgenski zračenih ispitanika, skupine prema tjelesnoj masi.

Tablica 8. Raspodjela razloga za dijaskopiju kod skupina prema tjelesnoj masi.

		Skupine prema tjelesnoj masi								p
		15 - <30 kg		30 - <50 kg		50 - <80 kg		>=80 kg		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Razlog za dijaskopiju	TS	25	60,98 %	64	66,67 %	105	64,02 %	23	60,53 %	0,437
	Pozicioniranje	10	24,39 %	24	25,00 %	29	17,68 %	8	21,05 %	
	Mapiranje	3	7,32 %	6	6,25 %	23	14,02 %	4	10,53 %	
	Angiografija	3	7,32 %	2	2,08 %	7	4,27 %	3	7,89 %	

TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvednice ili katetera



Slika 13. Raspodjela razloga za dijaskopiju kod skupina prema tjelesnoj masi.

TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvednice ili katetera

5.2. Učestalost korištenja rendgenskog zračenja kod elektrofizioloških postupaka

Rendgensko zračenje je korišteno kod 347 (37,96 %) ispitanika, a kod 567 (62,04 %) ispitanika elektrofiziološki postupak je učinjen bez rendgenskog zračenja.

Učestalost korištenja rendgenskog zračenja prema spolu se nije razlikovala ($p = 0,181$). U slučaju postupaka tijekom kojih je korišteno rendgensko zračenje 203 (58,50 %) su bili dječaci, a 144 (41,50 %) su bile djevojčice. U slučaju postupaka kod kojih nije korišteno rendgensko zračenje dječaci su bili u 306 (53,97 %) slučajeva, a djevojčice u 261 (46,03 %) slučajeva (tablica 9).

Tablica 9. Prikaz učestalosti korištenja rendgenskog zračenja prema spolu

		Rendgensko zračenje				p
		Ne N=567		Da N=347		
		N	%	N	%	
Spol	Muški	306	53,97 %	203	58,50 %	0,181
	Ženski	261	46,03 %	144	41,50 %	

% udio od ukupnog broja ispitanika; N apsolutni broj

Skupina postupaka kod kojih je korišten rendgenski uređaj u odnosu na drugu skupinu nije se značajno razlikovala prema prosječnoj dobi ispitanika ($p = 0,139$) niti po prosječnoj tjelesnoj masi ($p = 0,308$), a te su vrijednosti prikazane u tablici 10.

Tablica 10. Prosječne vrijednosti sa standardnom devijacijom i usporedbom prosječne dobi i mase ispitanika kod kojih je korišteno rendgensko zračenje u odnosu na one kod kojih nije

Rendgensko zračenje		N	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	t	df	p
Dob (godine)	Da	347	13,03	3,89	-1,48	912,00	0,139
	Ne	567	13,40	3,65			
Masa (kg)	Da	347	54,09	21,95	1,06	912,00	0,308
	Ne	567	52,65	18,66			

N – broj ispitanika

Udio ispitanika kod kojih je korišteno rendgensko zračenje gledano po skupinama tjelesne mase nije se statistički značajno razlikovao ($p = 0,147$) (tablica 11). U skupini ispitanika tjelesne mase 15-<30 kg nije zračeno 66 (61,68 %) ispitanika dok je 41 (38,32 %) zračeno. U

skupini ispitanika 30-<50kg nije zračeno 183 (65,59 %) ispitanika, a zračeno je 96 (34,41 %). U skupini 50-<80kg nije zračeno 276 (62,73 %), a zračeno je 164 (37,27 %) ispitanika. U skupini \geq 80kg nije zračeno 40 (51,28 %), a zračeno je 38 (48,72 %) ispitanika.

Tablica 11. Prikaz učestalosti korištenja rendgenskog zračenja kod elektrofizioloških postupaka kod skupina prema tjelesnoj masi

		Grupe prema tjelesnoj masi								p
		15 - <30 kg		30 - <50 kg		50 - <80 kg		\geq 80 kg		
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Rendgensko zračenje	Ne	66	61,68 %	183	65,59 %	276	62,73 %	40	51,28 %	0,147
	Da	41	38,32 %	96	34,41 %	164	37,27 %	38	48,72 %	

U tablici 12 je prikazana učestalost korištenja rendgenskog zračenja pri elektrofiziološkim postupcima u odnosu na indikaciju. Skupine prema indikaciji se statistički značajno razlikuju ($p < 0,001$) prema učestalosti korištenja rendgenskog zračenja.

Najčešće je korišteno rendgensko zračenje kod SVT-a i to u 42,65 % svih zračenih, potom slijedi preekscitacija s udjelom od 21,33 %, WPW sindrom s 19,31 %, palpitacije s 8,65 %, VES i VT s 8,07 %. Kod ispitanika koji nisu zračeni također je najčešća indikacija SVT s udjelom 35,27 %, ali ipak statistički značajno ($p 0,032$) nižeg udjela od skupine zračenih. Po učestalosti indikacije u skupini nezračenih su dalje preekscitacija (23,99 %), palpitacije (19,05 %), WPW sindrom (14,46 %), te VES i VT (7,23 %). Statistički značajnu razliku između ovih skupina još se zabilježilo kod palpitacija, značajno je viši udio palpitacija u skupini nezračenih u odnosu na skupinu zračenih, dok kod ostalih indikacija nije bilo statistički značajne razlike između ove dvije skupine (tablica 13).

Tablica 12. Prikaz učestalosti korištenja rendgenskog zračenja kod različitih indikacija. Prikaz udjela (postotaka) prema skupini ozračenih i neozračenih

Indikacija	Rendgensko zračenje				p
	Ne N=567		Da N=347		
	N	%	N	%	
SVT	200	35,27 %	148	42,65 %	<0,001
Preekscitacija	136	23,99 %	74	21,33 %	
WPW	82	14,46 %	67	19,31 %	
Palpitacije	108	19,05 %	30	8,65 %	
VES/VT	41	7,23 %	28	8,07 %	

N apsolutni broj

Tablica 13. Usporedba učestalosti korištenja rendgenskog zračenja između pojedinih skupina prema indikaciji

Indikacija	Rendgensko zračenje	
	Ne	Da
	(A)	(B)
SVT		A(0,032)
Preekscitacija		
WPW		
Palpitacije	B(<0,001)	
VES/VT		

*Rezultati se temelje na dvostranim testovima. Za svaki značajni par, skupina s manjim udjelom stupca pojavljuje se u skupini s većim udjelom. Prikazane su usporedbe sa razinom značajnosti 0,05 i manjom.

U slučaju svake indikacije, veći je udio onih pacijenata u slučaju kojih se rendgensko zračenje tijekom provedbe postupka nije koristilo (tablica 14). Najveći udio je u slučaju palpitacija (78,26 %), a zatim slijede preekscitacije (64,76%), VES i VT (59,42 %), SVT (57,47 %) te WPW sindrom (55,03 %).

Tablica 14. Prikaz učestalosti korištenja rendgenskog zračenja kod različitih indikacija. Prikaz udjela (postotaka) prema pojedinoj indikaciji

	Rendgensko zračenje				p	
	Ne N=567		Da N=347			
	N	%	N	%		
Indikacija	SVT	200	57,47 %	148	42,53 %	<0,001
	Preekscitacija	136	64,76 %	74	35,24 %	
	WPW	82	55,03 %	67	44,97 %	
	Palpitacije	108	78,26 %	30	21,74 %	
	VES/VT	41	59,42 %	28	40,58 %	

N apsolutni broj

Kako je prikazano u tablici 15, prema aritmološkom supstratu najčešći razlog za korištenje rendgenskog zračenja su lijevostrani AP-ovi (57,64 % onih koji su zračeni), što je statistički značajno više ($p < 0,001$) od njihovog udjela (5,64 %) među onima koji nisu zračeni.

Usporedba između pojedinih skupina prema aritmološkom supstratu prikazana je u tablici 16.

Prema pojedinom aritmološkom supstratu (tablica 17), lijevostrani AP-ovi imaju najveći udio učinjenih uz korištenje rendgenskog zračenja (86,21 %), dok je kod AVNRT-a najveći udio učinjenih isključivo uz sustav za 3D mapiranje (87,80 %).

Tablica 15. Prikaz učestalosti korištenja rendgenskog zračenja prema aritmološkom supstratu. Prikaz udjela (postotaka) prema skupini ozračenih i neozračenih.

	Rendgensko zračenje				p	
	Ne N=567		Da N=347			
	N	%	N	%		
Aritmološki supstrat	Bez supstrata	36	6,35 %	1	0,29 %	<0,001
	AVNRT	216	38,10 %	30	8,65 %	
	Desnostrani AP	233	41,09 %	70	20,17 %	
	Lijevostrani AP	32	5,64 %	200	57,64 %	
	AT	13	2,29 %	19	5,48 %	
	Ventrikularni	37	6,53 %	27	7,78 %	

N apsolutni broj

Tablica 16. Usporedba učestalosti korištenja rendgenskog zračenja između pojedinih skupina prema aritmološkom supstratu

		Rendgensko zračenje	
		Ne	Da
		(A)	(B)
Aritmološki supstrat	AVNRT	B(<0,001)	
	Desnostrani AP	B(<0,001)	
	Lijevostrani AP	A(<0,001)	
	AT	A(0,018)	
	Ventrikularni		

*Rezultati se temelje na dvostranim testovima. Za svaki značajni par, skupina s manjim udjelom stupca pojavljuje se u skupini s većim udjelom. Prikazane su usporedbe sa razinom značajnosti 0,05 i manjom.

Tablica 17. Prikaz učestalosti korištenja rendgenskog zračenja prema aritmološkom supstratu. Prikaz udjela (postotaka) prema pojedinom supstratu.

		Rendgensko zračenje				P
		Ne N=567		Da N=347		
		N	%	N	%	
Aritmološki supstrat	Bez supstrata	36	97,30 %	1	2,70 %	<0,001
	AVNRT	216	87,80 %	30	12,20 %	
	Desnostrani AP	233	76,90 %	70	23,10 %	
	Lijevostrani AP	32	13,79 %	200	86,21 %	
	AT	13	40,63 %	19	59,38 %	
	Ventrikularni	37	57,81 %	27	42,19 %	

N apsolutni broj

5.3. Doze rendgenskog zračenja

5.3.1. DAP

DAP je prikazan u ovisnosti o više varijabli.

5.3.1.1. DAP i tjelesna masa

Najveći medijan DAP-a zabilježen je u skupini je ≥ 80 kg te je iznosio 26,325 cGycm². U lakšim masenim skupinama zabilježene su niže vrijednosti (tablica 18) te je razlika između skupina bila statistički značajna ($p < 0,001$). Usporedba između pojedinih skupina (Dunn post-hoc test) prikazana je u tablici 19. Također, izračunate su vrijednosti DAP_{TM}-a (Gycm²kg⁻¹) te su također prikazane u tablicama 18 i 19.

Tablica 18. Prikaz DAP-a i DAP_{TM}-a u skupinama prema tjelesnoj masi.

	Skupine prema tjelesnoj masi	N	Minimum	Maksimum	Centile			p
					25.	50. (Medijan)	75.	
DAP (cGycm ²)	15 - <30 kg	41	0,010	396,690	1,000	4,000	14,000	<0,001
	30 - <50 kg	96	0,010	186,750	1,000	4,990	12,570	
	50 - <80 kg	164	0,010	553,000	4,000	12,500	36,720	
	>=80 kg	38	0,100	642,490	8,770	26,325	140,843	
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	15 - <30 kg	41	<0,001	0,025	<0,001	0,001	0,006	0,037
	30 - <50 kg	96	<0,001	0,055	<0,001	0,001	0,003	
	50 - <80 kg	164	<0,001	0,082	0,001	0,002	0,006	
	>=80 kg	38	<0,001	0,069	0,001	0,002	0,015	

N apsolutni broj

Tablica 19. Prikaz usporedbi DAP-a i DAP_{TM}-a u skupinama prema tjelesnoj masi.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti					
	15 - <30 kg vs. 30 - <50 kg	15 - <30 kg vs. 50 - <80 kg	15 - <30 kg vs. >=80 kg	30 - <50 kg vs. 50 - <80 kg	30 - <50 kg vs. >=80 kg	50 - <80 kg vs. >=80 kg
DAP (cGycm ²)	0,722	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,007
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	0,241	0,662	0,116	0,032	0,011	0,170

*crvene su vrijednosti p <0,05

5.3.1.2. DAP i indikacije za elektrofiziološki postupak

Najveća vrijednost DAP-a kod onih pacijenata koji su zračeni bila je u slučaju VES/VT s medijanom od 27,650 cGycm². Po vrijednosti medijana DAP-a zatim slijede WPW sindrom s 11,500 cGycm², palpitacije s 10,000 cGycm², SVT sa 7,000 cGycm² te je najniža vrijednost zabilježena kod preekscitacije i iznosila je 4,000 cGycm². DAP prema indikaciji za elektrofiziološki postupak uz DAP_{TM}, minimalnu, maksimalnu vrijednost i centile prikazan je u tablici 20.

Usporedba DAP-a i DAP_{TM}-a za pojedine indikacije (Dunn post-hoc test) prikazana je u tablici 21.

Tablica 20. Prikaz DAP-a i DAP_{TM}-a prema indikaciji za elektrofiziološki postupak.

	Indikacija	N	Minimum	Maksimum	Centila 25.	Medijan	Centila 75.	p
DAP (cGycm ²)	SVT	148	0,010	609,000	2,000	7,000	27,000	<0,001
	Preekscitacija	74	0,010	294,370	1,000	4,000	12,760	
	WPW	67	0,010	642,490	4,000	11,500	38,150	
	Palpitacije	30	0,040	553,000	4,000	10,000	22,000	
	VES/VT	28	0,970	500,000	12,905	27,650	75,000	
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	SVT	148	<0,001	0,056	0,001	0,002	0,005	<0,001
	Preekscitacija	74	<0,001	0,052	<0,001	0,001	0,003	
	WPW	67	<0,001	0,069	0,001	0,002	0,007	
	Palpitacije	30	<0,001	0,082	0,001	0,002	0,003	
	VES/VT	28	<0,001	0,052	0,002	0,005	0,013	

N apsolutni broj

Tablica 21. Prikaz usporedbi DAP-a i DAP_{TM}-a prema pojedinim indikacijama.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti									
	SVT vs. Preekscitacija	SVT vs. WPW	SVT vs. Palpitacije	SVT vs. VES/VT	Preekscitacija vs. WPW	Preekscitacija vs. Palpitacije	Preekscitacija vs. VES/VT	WPW vs. Palpitacije	WPW vs. VES/VT	Palpitacije vs. VES/VT
DAP (cGycm ²)	0,009	0,142	0,684	<0,001	0,001	0,021	<0,001	0,457	0,021	0,003
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	0,012	0,264	0,812	0,001	0,004	0,107	<0,001	0,372	0,046	0,003

*crvene su vrijednosti p <0,05

5.3.1.3. DAP i aritmološki supstrat

Medijan DAP-a je kod onih pacijenata koji su zračeni bio najveći u slučaju ventrikularnih supstrata, s vrijednosti od 29,620 cGycm². Po medijanu DAPa zatim slijede AT s 11,000 cGycm², lijevostrani AP-ovi s 10,000 cGycm², desnostrani AP-ovi s 4,795 cGycm², te je najniža vrijednost zabilježena kod AVNRT-a i iznosila je 3,680 cGycm². Medijan DAP-a prema aritmološkom supstratu uz DAP_{TM}, minimalnu, maksimalnu vrijednost i centile prikazan je u tablici 22.

Usporedba DAP-a i DAP_{TM}-a za pojedine aritmološke supstrate (Dunn post-hoc test) prikazana je u tablici 23.

Tablica 22. Prikaz DAP-a i DAP_{TM}-a prema aritmološkom supstratu.

	Aritmološki supstrat	N	Minimum	Maksimum	Centila 25.	Medijan	Centila 75.	p
DAP (cGycm ²)	AVNRT	30	0,010	553,000	1,000	3,680	5,880	<0,001
	Desnostrani AP	70	0,010	256,030	1,000	4,795	19,320	
	Lijevostrani AP	200	0,010	642,490	3,000	10,000	27,500	
	AT	19	0,100	330,000	4,000	11,000	41,000	
	Ventrikularni	27	0,970	500,000	13,810	29,620	76,000	
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	AVNRT	30	<0,001	0,082	<0,001	0,001	0,001	<0,001
	Desnostrani AP	70	<0,001	0,051	<0,001	0,001	0,003	
	Lijevostrani AP	200	<0,001	0,069	0,001	0,002	0,006	
	AT	19	<0,001	0,043	<0,001	0,003	0,006	
	Ventrikularni	27	<0,001	0,052	0,002	0,005	0,013	

N apsolutni broj

Tablica 23. Prikaz usporedbi vrijednosti DAP-a i DAP_{TM}-a za pojedine aritmološke supstrate.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti									
	AVNRT vs. Desnostrani AP	AVNRT vs. Lijevostrani AP	AVNRT vs. AT	AVNRT vs. Ventrikularni	Desnostrani AP vs. Left sided AP	Desnostrani AP vs. AT	Desnostrani AP vs. Ventrikularni	Lijevostrani AP vs. AT	Lijevostrani AP vs. Ventrikularni	AT vs. Ventrikularni
DAP (cGycm ²)	0,586	0,007	0,042	<0,001	0,058	0,172	<0,001	0,743	<0,001	0,016
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	0,906	0,010	0,169	<0,001	0,023	0,194	<0,001	0,938	0,001	0,023

*crvene su vrijednosti p <0,05

5.3.1.4. DAP i razlog korištenja rendgenskog zračenja

U tablici 24 prikazane su vrijednosti DAP-a i DAP_{TM}-a uz centile, minimalne i maksimalne vrijednosti prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja. Najveći medijan DAP-a (43,070 cGycm²) prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja bio je u skupini onih koji su zračeni zbog angiografije. Po medijanu DAP-a zatim slijede mapiranje aritmije kateterom s 15,825 cGycm², transseptalna punkcija s 10,000 cGycm² te pozicioniranje žice, uvodnice ili katetera s 2,000 cGycm² što je najniža zabilježena vrijednost.

Usporedbe između pojedinih skupina prikazane su u tablici 25 s pripadajućim p vrijednostima.

Tablica 24. Prikaz DAP-a i DAP_{TM}-a prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja.

	Razlog korištenja rendgenskog zračenja	N	Minimum	Maksimum	Centila 25.	Medijan	Centila 75.	p
DAP (cGycm ²)	TS	219	0,010	642,490	3,000	10,000	31,590	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,010	126,000	1,000	2,000	9,000	
	Mapiranje	40	0,100	256,030	2,500	15,825	34,880	
	Angiografija	15	0,010	553,000	12,000	43,070	169,000	
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	TS	219	<0,001	0,069	0,001	0,002	0,006	<0,001
	Pozicioniranje	73	<0,001	0,019	<0,001	0,001	0,001	
	Mapiranje	40	<0,001	0,051	0,001	0,003	0,005	
	Angiografija	15	<0,001	0,082	0,004	0,008	0,025	

N apsolutni broj; TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvodnice ili katetera

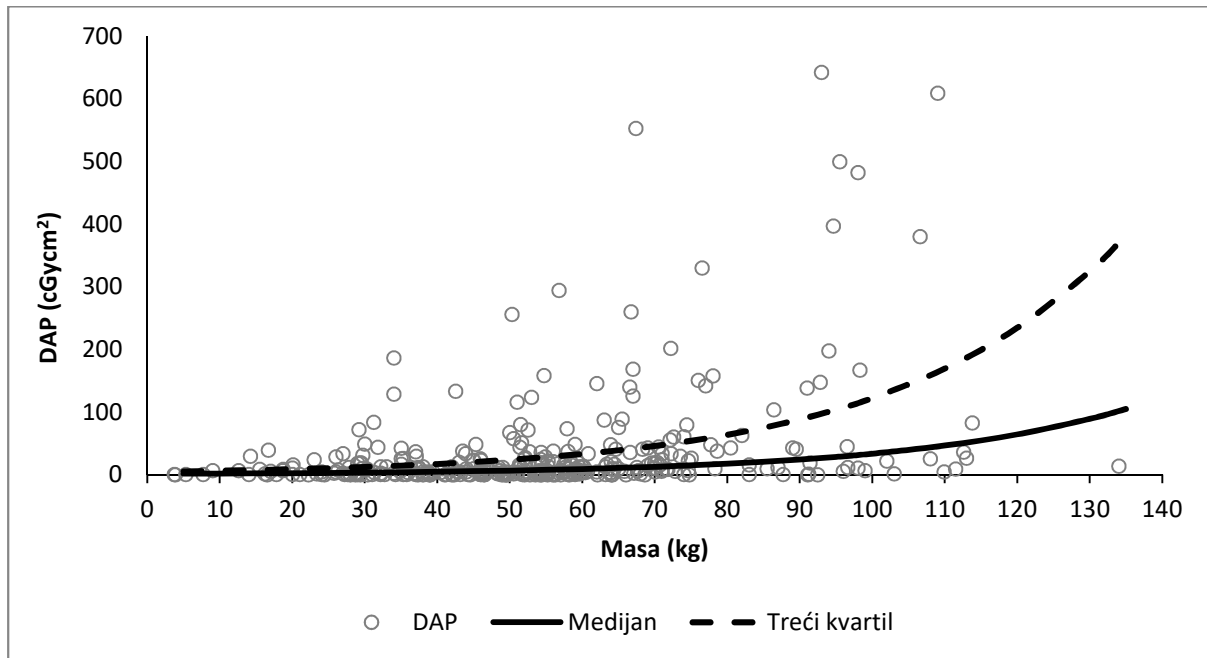
Tablica 25. Prikaz usporedbi vrijednosti DAP-a i DAP_{TM}-a za skupine prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti					
Variables	TS vs. Pozicioniranje	TS vs. Mapiranje	TS vs. Angio	Pozicioniranje vs. Mapiranje	Pozicioniranje vs. Angio	Mapiranje vs. Angio
DAP (cGycm ²)	<0,001	0,500	0,003	<0,001	<0,001	0,018
DAP _{TM} (Gycm ² kg ⁻¹)	<0,001	0,825	<0,001	<0,001	<0,001	0,002

*crvene su vrijednosti p <0,05; Angio Angiografija; TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvodnice ili katetera

5.3.1.5. Tipične vrijednosti DAP-a

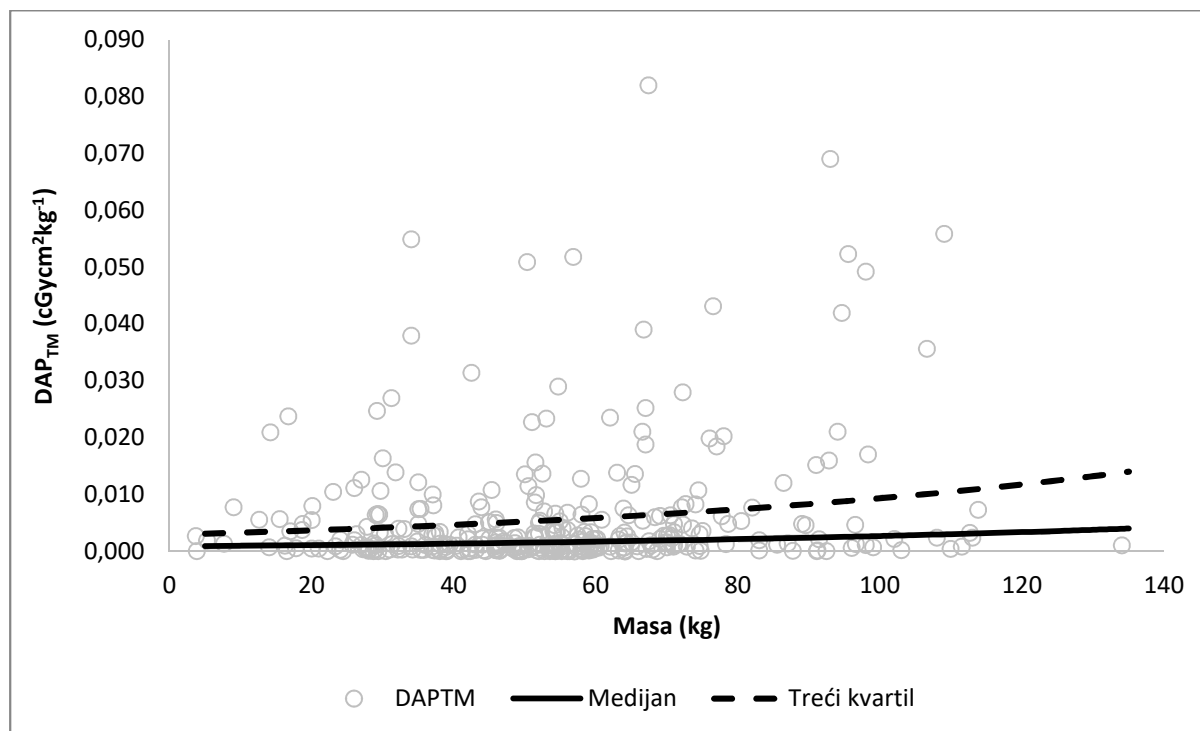
Tipične vrijednosti DAP-a su prikazane na slici 14 po uzoru na nordijski model (184).



Slika 14. Ovisnost vrijednosti DAP-a o masi pacijenta. Tipična vrijednost (medijan) prikazana je punom linijom, a treći kvartil isprekidanom linijom.

5.3.1.6. Tipične vrijednosti DAP_{TM-a}

Tipične vrijednosti DAP_{TM-a} su prikazane na slici 15 po uzoru na nordijski model (184).



Slika 15. Ovisnost vrijednosti DAP_{TM-a} o masi pacijenta. Tipična vrijednost (medijan) prikazana je punom linijom, a treći kvartil isprekidanom linijom.

5.3.2. Efektivna doza

Efektivna doza je prikazana u ovisnosti o više varijabli.

5.3.2.1. Efektivna doza i tjelesna masa

Najveći medijan efektivne doze zabilježen je u skupini pacijenata s masom ≥ 80 kg te je iznosio 60,960 μSv . U lakšim masenim skupinama zabilježene su niže vrijednosti (tablica 26) te je razlika između skupina bila statistički značajna ($p < 0,010$). Usporedba između pojedinih skupina (Dunn post-hoc test) prikazana je u tablici 27.

Tablica 26. Prikaz efektivne doze za skupine prema tjelesnoj masi.

	Skupine prema tjelesnoj masi	N	Minimum	Maksimum	Centile			p
					25.	50. (Medijan)	75.	
Efektivna doza (μSv)	15 - <30 kg	41	0,069	1700,895	7,223	27,486	119,408	0,010
	30 - <50 kg	96	0,046	1133,133	5,206	23,183	67,697	
	50 - <80 kg	164	0,033	1713,972	13,857	43,261	123,118	
	≥ 80 kg	38	0,281	1767,884	20,635	60,960	394,042	

N apsolutni broj

Tablica 27. Prikaz usporedbi vrijednosti efektivne doze za skupine prema tjelesnoj masi.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti					
Skupine tjelesne mase/Varijabla	15 - <30 kg vs. 30 - <50 kg	15 - <30 kg vs. 50 - <80 kg	15 - <30 kg vs. ≥ 80 kg	30 - <50 kg vs. 50 - <80 kg	30 - <50 kg vs. ≥ 80 kg	50 - <80 kg vs. ≥ 80 kg
Efektivna doza (μSv)	0,267	0,554	0,056	0,029	0,002	0,047

*crvene su vrijednosti $p < 0,05$

5.3.2.2. Efektivna doza i indikacije za elektrofiziološki postupak

Efektivna doza je kod onih pacijenata koji su zračeni bila najveća kod VES/VT-a s medijanom od 100,728 μSv . Po vrijednosti medijana DAP-a zatim slijede WPW sindrom s 39,133 μSv , SVT s 32,138 μSv , palpitacije s 31,726 μSv te je najniža vrijednost zabilježena kod preekscitacije i iznosila je 18,091 μSv (tablica 28).

Usporedba efektivne doze za pojedine indikacije (Dunn post-hoc test) prikazana je u tablici 29.

Tablica 28. Prikaz efektivne doze prema indikaciji za elektrofiziološki postupak.

	Indikacija	N	Minimum	Maksimum	Centila 25.	Medijan	Centila 75.	p
Efektivna doza (μSv)	SVT	148	0,033	1700,895	11,118	32,138	108,845	<0,001
	Preekscitacija	74	0,037	1082,639	3,744	18,091	56,701	
	WPW	67	0,069	1767,884	13,066	39,133	146,666	
	Palpitacije	30	0,169	1713,972	14,608	31,726	68,198	
	VES/VT	28	3,541	1339,791	53,310	100,728	258,098	

N apsolutni broj

Tablica 29. Prikaz usporedbi efektivne doze prema indikaciji

Dunn post-hoc test	p vrijednosti									
Indikacija/Variable	SVT vs. Preekscitacija	SVT vs. WPW	SVT vs. Palpitacije	SVT vs. VES/VT	Preekscitacija vs. WPW	Preekscitacija vs. Palpitacije	Preekscitacija vs. VES/VT	WPW vs. Palpitacije	WPW vs. VES/VT	Palpitacije vs. VES/VT
Efektivna doza (μSv)	0,009	0,281	0,822	0,001	0,003	0,084	<0,001	0,347	0,042	0,003

*crvene su vrijednosti $p < 0,05$

5.3.2.3. Efektivna doza i aritmološki supstrat

Vrijednost efektivne doze raspoređena u skupine prema elektrofiziološkom supstratu kod onih pacijenata koji su zračeni bila je najveća kod ventrikularnih supstrata, s medijanom od 103,150 μSv . Po veličini medijana efektivne doze zatim slijede AT s 56,701 μSv , lijevostrani AP-ovi s 37,598 μSv , desnostrani AP-ovi s 19,576 μSv te je najniža vrijednost zabilježena kod AVNRT-a i iznosila je 14,151 μSv . Medijan s minimalnom, maksimalnom vrijednosti i centilama efektivne doze u odnosu na indikaciju za elektrofiziološki postupak prikazan je u tablici 30, a usporedbe između pojedinih grupa u tablici 31.

Tablica 30. Prikaz efektivne doze prema aritmološkom supstratu.

	Aritmološki supstrat	N	Minimum	Maksimum	Centila 25.	Medijan	Centila 75.	p
Efektivna doza (μSv)	AVNRT	30	0,033	1713,972	9,009	14,151	23,981	<0,001
	Desnostrani AP	70	0,037	1063,313	4,485	19,576	73,502	
	Lijevostrani AP	200	0,046	1767,884	14,362	37,598	127,024	
	AT	19	0,281	901,137	10,944	56,701	117,228	
	Ventrikularni	27	3,541	1339,791	60,776	103,150	266,988	

N apsolutni broj

Tablica 31. Prikaz usporedbi efektivne doze za pojedine aritmološke supstrate.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti									
Supstrat/Efektivna doza	AVNRT vs. Desnostrani AP	AVNRT vs. Lijevostrani AP	AVNRT vs. AT	AVNRT vs. Ventrikularni	Desnostrani AP vs. Left sided AP	Desnostrani AP vs. AT	Desnostrani AP vs. Ventrikularni	Lijevostrani AP vs. AT	Lijevostrani AP vs. Ventrikularni	AT vs. Ventrikularni
Efektivna doza (μSv)	0,918	0,009	0,124	<0,001	0,027	0,202	<0,001	0,995	0,001	0,027

*crvene su vrijednosti $p < 0,05$

5.3.2.4. Efektivna doza i razlog korištenja rendgenskog zračenja

U tablici 32 prikazane su vrijednosti efektivne doze uz centile, minimalne i maksimalne vrijednosti prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja. Najveći medijan efektivne doze (173,493 μSv) bio je u skupini onih koji su zračeni zbog angiografije. Po medijanu efektivne doze zatim slijede mapiranje aritmije kateterom s 62,316 μSv , transseptalna punkcija s 42,970 μSv te pozicioniranje žice, uvodnice ili katetera s 12,855 μSv što je najniža zabilježena vrijednost.

Usporedbe između pojedinih skupina prikazane su u tablici 33 s pripadajućim p vrijednostima.

Tablica 32. Prikaz efektivne doze prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja.

	Razlog korištenja rendgenskog zračenja	N	Minimum	Maksimum	Centila 25.	Medijan	Centila 75.	p
Efektivna doza (μSv)	TS	219	0,046	1767,884	14,921	42,970	135,101	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,037	392,857	4,520	12,855	28,579	
	Mapiranje	40	0,281	1063,313	11,368	62,316	107,658	
	Angiografija	15	0,033	1713,972	74,239	173,493	526,927	

N apsolutni broj; TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvodnice ili katetera

Tablica 33. Prikaz usporedbi efektivne doze za pojedine skupine prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti					
	TS vs. Pozicioniranje	TS vs. Mapiranje	TS vs. Angio	Pozicioniranje vs. Mapiranje	Pozicioniranje vs. Angio	Mapiranje vs. Angio
Efektivna doza (μSv)	<0,001	0,793	0,001	<0,001	<0,001	0,002

*crvene su vrijednosti $p < 0,05$; Angio Angiografija; TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvodnice ili katetera

5.3.3. Doza organa

Doza organa je prikazana u ovisnosti o više varijabli.

5.3.3.1. Doza organa i tjelesna masa

Doze organa za pojedine skupine pacijenata po masi su prikazane u tablici 34, a u tablici 35 prikazana je usporedba između pojedinih skupina.

Tablica 34. Prikaz doze organa u skupinama prema tjelesnoj masi.

Organ	Skupine prema tjelesnoj masi	N	Minimum	Maksimum	Centile			p
					25.	50. (Medijan)	75.	
Srce (μGy)	15 - <30 kg	41	0,240	6359,306	25,136	95,653	415,545	0,004
	30 - <50 kg	96	0,142	3464,762	15,917	70,885	206,996	
	50 - <80 kg	164	0,102	5347,034	43,231	134,959	384,089	
	≥ 80 kg	38	1,002	6304,692	73,589	217,399	1405,248	
Želudac (μGy)	15 - <30 kg	41	0,037	536,916	3,898	14,833	64,441	0,022
	30 - <50 kg	96	0,022	536,082	2,463	10,968	32,027	
	50 - <80 kg	164	0,013	690,840	5,585	17,437	49,624	
	≥ 80 kg	38	0,122	767,534	8,959	26,466	171,075	
Kolon (μGy)	15 - <30 kg	41	0,003	26,659	0,318	1,208	5,249	0,012
	30 - <50 kg	96	0,002	37,350	0,172	0,764	2,231	
	50 - <80 kg	164	0,001	41,024	0,332	1,035	2,947	
	≥ 80 kg	38	0,008	53,195	0,621	1,834	11,857	
Jetra (μGy)	15 - <30 kg	41	0,052	1544,081	5,446	20,722	90,024	0,014
	30 - <50 kg	96	0,045	1093,037	5,021	22,362	65,301	
	50 - <80 kg	164	0,029	1500,648	12,133	37,876	107,795	
	≥ 80 kg	38	0,254	1600,007	18,675	55,172	356,624	
Pluća (μGy)	15 - <30 kg	41	0,266	3166,977	27,914	106,222	461,462	0,011
	30 - <50 kg	96	0,173	4235,929	19,460	86,663	253,068	
	50 - <80 kg	164	0,118	6229,865	50,369	157,241	447,504	
	≥ 80 kg	38	1,043	6563,761	76,613	226,332	1462,992	
Mokraćni mjehur (μGy)	15 - <30 kg	41	<0,001	2,717	0,040	0,153	0,664	<0,001
	30 - <50 kg	96	<0,001	3,296	0,015	0,067	0,197	
	50 - <80 kg	164	<0,001	2,461	0,020	0,062	0,177	
	≥ 80 kg	38	0,001	4,145	0,048	0,143	0,924	
Štitna žlijezda (μGy)	15 - <30 kg	41	0,011	74,590	1,102	4,194	17,247	0,015
	30 - <50 kg	96	0,005	119,190	0,548	2,439	7,121	

	50 - <80 kg	164	0,003	138,660	1,121	3,500	9,960	
	>=80 kg	38	0,026	165,804	1,935	5,717	36,956	
Aktivna koštana srž (μGy)	15 - <30 kg	41	0,035	356,386	3,621	13,778	59,855	<0,001
	30 - <50 kg	96	0,031	765,675	3,517	15,665	45,744	
	50 - <80 kg	164	0,033	1743,509	14,096	44,006	125,240	
	>=80 kg	38	0,289	1821,770	21,264	62,818	406,053	
Dojke (μGy)	15 - <30 kg	41	0,095	675,014	9,975	37,958	164,903	0,125
	30 - <50 kg	96	0,072	1753,253	8,054	35,870	104,745	
	50 - <80 kg	164	0,042	2225,948	17,997	56,183	159,895	
	>=80 kg	38	0,299	1882,565	21,973	64,915	419,603	
Jednjak (μGy)	15 - <30 kg	41	0,158	1741,510	16,505	62,806	272,847	0,002
	30 - <50 kg	96	0,091	2224,522	10,219	45,511	132,900	
	50 - <80 kg	164	0,048	2541,010	20,544	64,135	182,526	
	>=80 kg	38	0,686	4316,427	50,382	148,839	962,085	
Ovariji (μGy)	15 - <30 kg	16	0,013	4,281	0,257	1,238	2,124	0,002
	30 - <50 kg	44	0,001	5,973	0,042	0,212	0,466	
	50 - <80 kg	70	<0,001	6,219	0,075	0,255	1,072	
	>=80 kg	10	0,024	10,336	0,343	1,274	4,599	
Ostatak muška doza (μGy)	15 - <30 kg	25	0,050	411,059	5,077	13,917	85,417	0,160
	30 - <50 kg	52	0,034	840,924	4,527	17,204	75,544	
	50 - <80 kg	94	0,025	1189,688	9,651	24,282	60,884	
	>=80 kg	28	0,214	1347,847	14,441	39,845	270,963	
Ostatak ženska doza (μGy)	15 - <30 kg	16	0,530	180,956	10,871	52,312	89,787	0,006
	30 - <50 kg	44	0,062	481,625	3,370	17,090	37,611	
	50 - <80 kg	70	0,023	751,473	9,033	30,849	129,584	
	>=80 kg	10	2,226	960,762	31,893	118,416	427,459	

N apsolutni broj

Tablica 35. Prikaz usporedbi pojedinih doza organa u skupinama prema tjelesnoj masi.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti					
	15 - <30 kg vs. 30 - <50 kg	15 - <30 kg vs. 50 - <80 kg	15 - <30 kg vs. >=80 kg	30 - <50 kg vs. 50 - <80 kg	30 - <50 kg vs. >=80 kg	50 - <80 kg vs. >=80 kg
Srce (μGy)	0,171	0,791	0,053	0,024	<0,001	0,018
Želudac (μGy)	0,168	0,807	0,103	0,120	0,003	0,028
Kolon (μGy)	0,067	0,270	0,176	0,339	0,003	0,008
Jetra (μGy)	0,710	0,313	0,022	0,069	0,002	0,038
Pluća (μGy)	0,242	0,682	0,052	0,038	0,002	0,041
Mokraćni mjehur (μGy)	0,009	<0,001	0,724	0,644	0,011	<0,001
Štitna žlijezda (μGy)	0,048	0,260	0,251	0,244	0,004	0,015
Aktivna koštana srž (μGy)	0,873	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,043
Dojke (μGy)	0,444	0,657	0,116	0,136	0,056	0,168
Jednjak (μGy)	0,149	0,525	0,038	0,265	<0,001	<0,001
Ovariji (μGy)	0,001	0,019	0,792	0,144	0,010	0,050
Ostatak muška doza (μGy)	0,579	0,328	0,057	0,695	0,068	0,084
Ostatak ženska doza (μGy)	0,017	0,833	0,171	0,015	0,005	0,089

*crvene su vrijednosti p <0,05

5.3.3.2. Doza organa i indikacije za elektrofiziološki postupak

Doze organa prema indikaciji za elektrofiziološki postupak kod onih pacijenata koji su zračeni prikazane su u tablici 36.

Usporedba doza organa za pojedine indikacije (Dunn post-hoc test) prikazana je u tablici 37.

Tablica 36. Prikaz doze organa prema indikaciji za elektrofiziološki postupak.

	Indikacija	N	Minimum	Maksimum	Centile			p
					25.	50. (Medijan)	75.	
Srce (μGy)	SVT	148	0,102	6359,306	36,716	104,586	366,777	<0,001
	Preekscitacija	74	0,114	3377,481	11,361	55,392	179,019	
	WPW	67	0,240	6304,692	40,763	134,052	487,779	
	Palpitacije	30	0,516	5347,034	41,067	98,028	211,470	
	VES/VT	28	11,046	4778,010	159,319	311,041	858,668	
Želudac (μGy)	SVT	148	0,013	620,733	5,110	14,676	52,903	<0,001
	Preekscitacija	74	0,015	436,372	1,460	8,559	23,961	
	WPW	67	0,037	767,534	5,271	17,320	68,786	
	Palpitacije	30	0,080	690,840	5,482	13,857	29,413	
	VES/VT	28	1,427	581,675	22,863	45,723	127,770	
Kolon (μGy)	SVT	148	0,001	43,021	0,330	1,062	3,471	<0,001
	Preekscitacija	74	0,001	25,913	0,089	0,596	1,637	
	WPW	67	0,003	53,195	0,322	1,208	5,603	
	Palpitacije	30	0,006	41,024	0,336	0,897	1,830	
	VES/VT	28	0,085	40,314	1,555	3,080	9,048	
Jetra (μGy)	SVT	148	0,029	1544,081	9,317	28,731	93,959	<0,001
	Preekscitacija	74	0,032	947,892	3,172	16,960	50,242	
	WPW	67	0,052	1600,007	11,449	37,622	123,789	
	Palpitacije	30	0,163	1500,648	11,765	29,137	62,815	
	VES/VT	28	3,100	1212,565	45,768	96,238	228,782	
Pluća (μGy)	SVT	148	0,118	5308,357	41,083	117,214	408,299	<0,001
	Preekscitacija	74	0,133	3935,126	13,169	67,627	208,576	
	WPW	67	0,266	6563,761	47,531	156,185	533,095	
	Palpitacije	30	0,631	6229,865	48,243	116,896	255,373	
	VES/VT	28	12,869	4974,346	184,946	375,467	968,597	
Mokraćni mjehur (μGy)	SVT	148	<0,001	4,817	0,022	0,087	0,290	<0,001

	Preekscitacija	74	<0,001	1,617	0,006	0,045	0,138	
	WPW	67	<0,001	4,145	0,024	0,084	0,469	
	Palpitacije	30	<0,001	2,461	0,023	0,065	0,143	
	VES/VT	28	0,005	3,141	0,106	0,264	0,543	
Štitna žlijezda (μGy)	SVT	148	0,003	134,092	1,113	3,597	11,289	
	Preekscitacija	74	0,003	87,585	0,296	1,903	5,225	
	WPW	67	0,011	165,804	1,058	4,194	19,031	<0,001
	Palpitacije	30	0,018	138,660	1,123	2,937	6,078	
	VES/VT	28	0,286	125,654	5,042	10,241	30,583	
Aktivna koštana srž (μGy)	SVT	148	0,033	1473,333	7,484	26,772	100,807	
	Preekscitacija	74	0,031	1101,296	3,117	13,329	46,171	
	WPW	67	0,035	1821,770	13,292	36,372	134,915	<0,001
	Palpitacije	30	0,114	1743,509	12,360	31,662	66,874	
	VES/VT	28	3,467	1380,628	36,211	85,087	265,807	
Dojke (μGy)	SVT	148	0,042	1522,500	15,210	47,647	145,704	
	Preekscitacija	74	0,048	1406,031	4,705	27,991	77,495	
	WPW	67	0,095	1882,565	16,983	55,805	190,476	<0,001
	Palpitacije	30	0,261	2225,948	17,714	44,997	95,160	
	VES/VT	28	4,598	1426,702	66,272	136,671	346,093	
Jednjak (μGy)	SVT	148	0,048	3490,855	20,544	67,437	203,554	
	Preekscitacija	74	0,054	1605,042	6,058	35,515	97,513	
	WPW	67	0,158	4316,427	19,387	82,851	307,059	<0,001
	Palpitacije	30	0,332	2541,010	20,664	54,372	134,103	
	VES/VT	28	5,249	3271,204	93,613	179,073	526,032	
Ovariji (μGy)	SVT	62	<0,001	5,973	0,079	0,386	1,301	
	Preekscitacija	21	0,001	6,219	0,024	0,121	0,461	
	WPW	35	0,001	10,336	0,048	0,247	0,979	0,056
	Palpitacije	12	0,006	3,548	0,083	0,225	0,916	
	VES/VT	14	0,020	8,811	0,213	1,276	2,804	
Ostatak muška doza (μGy)	SVT	86	0,063	1090,054	7,095	18,424	71,822	<0,001

	Preekscitacija	53	0,025	412,585	2,431	15,956	40,304	
	WPW	32	0,050	1347,847	15,463	42,023	193,059	
	Palpitacije	18	0,125	1189,688	9,987	21,508	45,715	
	VES/VT	14	3,808	1021,466	48,262	70,381	98,116	
	SVT	62	0,023	481,625	8,784	30,730	84,791	
	Preekscitacija	21	0,062	751,473	2,571	12,265	42,530	
Ostatak ženska doza (μGy)	WPW	35	0,104	960,762	4,032	22,119	92,060	0,048
	Palpitacije	12	0,473	197,023	7,552	27,160	87,373	
	VES/VT	14	2,458	819,015	25,789	123,697	298,520	

N apsolutni broj

Tablica 37. Prikaz usporedbi doza organa prema pojedinim indikacijama.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti									
	SVT vs. Preekscitacija	SVT vs. WPW	SVT vs. Palpitacije	SVT vs. VES/VT	Preekscitacija vs. WPW	Preekscitacija vs. Palpitacije	Preekscitacija vs. VES/VT	WPW vs. Palpitacije	WPW vs. VES/VT	Palpitacije vs. VES/VT
Srce (μGy)	0,009	0,257	0,793	<0,001	0,002	0,082	<,001	0,325	0,037	0,002
Želudac (μGy)	0,010	0,292	0,713	0,001	0,003	0,127	<0,001	0,310	0,040	0,002
Kolon (μGy)	0,006	0,398	0,510	0,002	0,003	0,146	<0,001	0,285	0,040	0,001
Jetra (μGy)	0,016	0,210	0,909	0,001	0,003	0,103	<0,001	0,333	0,037	0,003
Pluća (μGy)	0,011	0,232	0,838	0,001	0,003	0,098	<0,001	0,314	0,039	0,002
Mokraćni mjehur (μGy)	0,004	0,596	0,282	0,009	0,006	0,241	<0,001	0,229	0,063	0,002
Štitna žlijezda (μGy)	0,006	0,384	0,508	0,003	0,004	0,154	<0,001	0,296	0,039	0,002
Aktivna koštana srž (μGy)	0,010	0,155	0,857	0,001	0,002	0,038	<0,001	0,417	0,025	0,003
Dojke (μGy)	0,016	0,239	0,814	0,001	0,005	0,138	<0,001	0,349	0,046	0,003
Jednjak (μGy)	0,008	0,320	0,626	0,002	0,003	0,131	<0,001	0,271	0,036	0,002
Ovariji (μGy)	0,033	0,448	0,577	0,074	0,240	0,295	0,006	0,961	0,060	0,100
Ostatak muška doza (μGy)	0,111	0,024	0,949	0,008	0,002	0,264	0,001	0,097	0,403	0,003
Ostatak ženska doza (μGy)	0,041	0,523	0,837	0,038	0,207	0,203	0,006	0,826	0,054	0,090

*crvene su vrijednosti $p < 0,05$

5.3.3.3. Doza organa i aritmološki supstrat

Vrijednosti doza organa raspoređene u skupine prema elektrofiziološkom supstratu kod onih koji su zračeni prikazane su u tablici 38, a usporedbe pojedinih skupina u tablici 39.

Tablica 38. Prikaz doza organa prema aritmološkom supstratu.

	Aritmološki supstrat	N	Minimum	Maksimum	Centile			p
					25.	50. (Medijan)	75.h	
Srce (μGy)	AVNRT	30	0,102	5347,034	26,182	45,715	77,284	<0,001
	Desnostrani AP	70	0,114	3317,192	13,679	57,070	234,469	
	Lijevostrani AP	200	0,142	6359,306	45,818	129,159	405,248	
	AT	19	1,002	2811,255	39,028	176,890	413,618	
	Ventrikularni	27	11,046	4778,010	216,743	315,400	867,252	
Želudac (μGy)	AVNRT	30	0,013	690,840	3,942	6,062	11,389	<0,001
	Desnostrani AP	70	0,015	428,583	2,116	9,239	31,601	
	Lijevostrani AP	200	0,022	767,534	5,920	17,797	53,959	
	AT	19	0,122	363,216	4,751	22,854	53,440	
	Ventrikularni	27	1,427	581,675	26,386	46,235	134,489	
Kolon (μGy)	AVNRT	30	0,001	41,024	0,270	0,412	0,804	<0,001
	Desnostrani AP	70	0,001	25,450	0,147	0,642	2,177	
	Lijevostrani AP	200	0,002	53,195	0,352	1,112	3,497	
	AT	19	0,008	21,569	0,329	1,357	3,527	
	Ventrikularni	27	0,085	40,314	1,686	3,221	9,934	
Jetra (μGy)	AVNRT	30	0,029	1500,648	6,879	12,235	23,605	<0,001
	Desnostrani AP	70	0,032	930,972	4,315	16,436	64,366	
	Lijevostrani AP	200	0,045	1600,007	12,859	32,336	107,972	
	AT	19	0,254	788,980	9,905	49,644	106,096	
	Ventrikularni	27	3,100	1212,565	50,405	98,206	233,758	
Pluća (μGy)	AVNRT	30	0,118	6229,865	31,692	53,064	93,205	<0,001
	Desnostrani AP	70	0,133	3864,882	16,724	64,881	276,772	
	Lijevostrani AP	200	0,173	6563,761	53,382	141,032	472,157	
	AT	19	1,043	3275,412	40,632	206,096	435,241	
	Ventrikularni	27	12,869	4974,346	225,649	385,600	970,435	
Mokraćni mjehur (μGy)	AVNRT	30	<0,001	2,461	0,018	0,029	0,086	0,001

	Desnostrani AP	70	<0,001	1,886	0,013	0,046	0,170	
	Lijevostrani AP	200	<0,001	4,817	0,025	0,082	0,295	
	AT	19	0,001	1,294	0,020	0,081	0,249	
	Ventrikularni	27	0,005	3,141	0,119	0,280	0,596	
	AVNRT	30	0,003	138,660	0,919	1,412	2,624	
Štitna žlijezda (μGy)	Desnostrani AP	70	0,003	86,022	0,471	2,138	6,970	
	Lijevostrani AP	200	0,005	165,804	1,188	3,714	11,395	<0,001
	AT	19	0,026	72,902	1,026	4,587	10,994	
	Ventrikularni	27	0,286	125,654	5,700	10,280	33,578	
	AVNRT	30	0,033	1743,509	4,901	13,575	21,510	
Aktivna koštana srž (μGy)	Desnostrani AP	70	0,035	1081,638	3,300	13,138	58,652	
	Lijevostrani AP	200	0,031	1821,770	12,165	32,903	106,066	<0,001
	AT	19	0,289	916,667	11,277	54,560	120,801	
	Ventrikularni	27	3,467	1380,628	44,302	85,636	271,589	
	AVNRT	30	0,042	2225,948	12,060	18,149	37,108	
Dojke (μGy)	Desnostrani AP	70	0,048	1380,933	6,922	24,738	96,293	
	Lijevostrani AP	200	0,072	1882,565	19,074	53,749	168,703	<0,001
	AT	19	0,299	1170,314	11,654	73,639	150,315	
	Ventrikularni	27	4,598	1426,702	70,933	145,671	346,739	
	AVNRT	30	0,048	2541,010	16,137	23,793	44,638	
Jednjak (μGy)	Desnostrani AP	70	0,054	1576,391	8,783	38,785	138,147	
	Lijevostrani AP	200	0,091	4316,427	21,773	70,109	208,284	<0,001
	AT	19	0,686	1335,961	20,698	84,061	248,710	
	Ventrikularni	27	5,249	3271,204	104,452	191,857	569,437	
	AVNRT	30	0,048	2541,010	16,137	23,793	44,638	
Ovariji (μGy)	Desnostrani AP	38	0,001	6,108	0,040	0,120	0,623	
	Lijevostrani AP	74	0,001	10,336	0,121	0,452	1,223	0,010
	AT	5	0,020	2,309	0,033	0,080	1,653	
	Ventrikularni	13	0,020	8,811	0,336	1,403	2,878	
	AVNRT	13	<0,001	1,631	0,057	0,087	0,748	
Ostatak muška doza (μGy)	AVNRT	17	1,959	1189,688	5,423	9,797	16,877	0,018

	Desnostrani AP	32	0,025	340,984	3,670	18,347	59,875	
	Lijevostrani AP	126	0,034	1347,847	9,519	22,225	87,676	
	AT	14	0,214	625,490	12,290	44,954	81,579	
	Ventrikularni	14	3,808	1021,466	48,262	70,381	98,116	
	AVNRT	13	0,023	197,023	5,803	10,545	35,858	
Ostatak ženska doza (μGy)	Desnostrani AP	38	0,104	738,059	3,296	10,900	50,742	0,004
	Lijevostrani AP	74	0,062	960,762	14,107	37,132	92,858	
	AT	5	2,458	186,160	3,088	9,691	153,292	
	Ventrikularni	13	2,458	819,015	32,137	169,538	308,948	
N apsolutni broj								

Tablica 39. Prikaz usporedbe doze organa za pojedine aritmološke supstrate.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti									
	AVNRT vs. Desnostrani AP	AVNRT vs. Lijevostrani AP	AVNRT vs. AT	AVNRT vs. Ventrikularni	Desnostrani AP vs. Left sided AP	Desnostrani AP vs. AT	Desnostrani AP vs. Ventrikularni	Lijevostrani AP vs. AT	Lijevostrani AP vs. Ventrikularni	AT vs. Ventrikularni
Srce (μGy)	0,988	0,008	0,129	<0,001	0,015	0,186	<0,001	0,986	<0,001	0,026
Želudac (μGy)	0,898	0,008	0,157	<0,001	0,016	0,245	<0,001	0,896	0,001	0,029
Kolon (μGy)	0,827	0,012	0,211	<0,001	0,024	0,266	<0,001	0,828	0,001	0,022
Jetra (μGy)	0,804	0,006	0,101	<0,001	0,016	0,183	<0,001	0,944	0,001	0,026
Pluća (μGy)	0,916	0,008	0,134	<0,001	0,014	0,180	<0,001	0,962	0,001	0,029
Mokraćni mjehur (μGy)	0,804	0,032	0,315	<0,001	0,049	0,406	<0,001	0,743	0,004	0,016
Štitna žlijezda (μGy)	0,869	0,014	0,226	<0,001	0,024	0,266	<0,001	0,807	0,001	0,026
Aktivna koštana srž (μGy)	0,946	0,011	0,068	<0,001	0,014	0,103	<0,001	0,798	<0,001	0,022
Dojke (μGy)	0,816	0,007	0,169	<0,001	0,015	0,230	<0,001	0,828	0,001	0,024
Jednjak (μGy)	0,892	0,010	0,140	<0,001	0,021	0,230	<0,001	0,959	0,001	0,024
Ovariji (μGy)	1,000	0,035	0,882	0,006	0,023	0,762	0,004	0,494	0,057	0,094
Ostatak muška doza (μGy)	0,542	0,064	0,068	0,002	0,418	0,352	0,006	0,664	0,010	0,108
Ostatak ženska doza (μGy)	0,681	0,041	0,882	0,006	0,008	0,570	0,002	0,587	0,033	0,139

*crvene su vrijednosti p <0,05

5.3.3.4. Doza organa i razlog korištenja rendgenskog zračenja

U tablici 40 prikazane su vrijednosti doza organa prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja, a u tablici 41 usporedbe pojedinih skupina.

Tablica 40. Prikaz efektivne doze prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja.

	Razlog korištenja rendgenskog zračenja	N	Minimum	Maksimum	Centile			p
					25.	50. (Medijan)	75.	
Srce (μGy)	TS	214	0,142	6359,306	45,189	141,556	442,561	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,114	1225,585	14,186	40,105	92,759	
	Mapiranje	40	0,971	3317,192	35,642	175,617	313,221	
	Angiografija	15	0,102	5347,034	258,355	541,242	1643,840	
Želudac (μGy)	TS	214	0,022	767,534	5,838	18,726	59,678	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,015	158,346	2,167	5,664	12,330	
	Mapiranje	40	0,122	428,583	5,399	22,690	43,813	
	Angiografija	15	0,013	690,840	36,081	69,929	212,385	
Kolon (μGy)	TS	214	0,002	53,195	0,347	1,170	4,210	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,001	9,403	0,151	0,364	0,869	
	Mapiranje	40	0,008	25,450	0,354	1,623	2,895	
	Angiografija	15	0,001	41,024	2,939	4,153	13,110	
Jetra (μGy)	TS	214	0,045	1600,007	12,678	39,728	119,288	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,032	343,961	4,331	10,695	25,927	
	Mapiranje	40	0,254	930,972	9,022	49,287	94,883	
	Angiografija	15	0,029	1500,648	65,785	151,900	461,345	
Pluća (μGy)	TS	214	0,173	6563,761	52,649	164,927	503,250	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,133	1427,937	17,125	46,726	105,223	
	Mapiranje	40	1,043	3864,882	40,680	204,612	378,529	
	Angiografija	15	0,118	6229,865	286,902	630,605	1915,249	
Mokraćni mjehur (μGy)	TS	214	<0,001	4,817	0,025	0,083	0,339	<0,001
	Pozicioniranje	73	<0,001	1,785	0,013	0,027	0,085	
	Mapiranje	40	0,001	1,527	0,025	0,107	0,272	
	Angiografija	15	<0,001	3,141	0,249	0,372	1,294	
Štitna žlijezda (μGy)	TS	214	0,005	165,804	1,172	4,010	14,516	<0,001

	Pozicioniranje	73	0,003	31,782	0,482	1,229	2,891	
	Mapiranje	40	0,026	86,022	1,177	5,485	9,486	
	Angiografija	15	0,003	138,660	10,203	14,036	42,628	
Aktivna koštana srž (μGy)	TS	214	0,031	1821,770	12,080	33,814	112,368	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,035	399,627	3,408	7,328	28,124	
	Mapiranje	40	0,144	1081,638	6,787	54,383	82,813	
	Angiografija	15	0,033	1743,509	46,083	127,613	536,007	
Dojke (μGy)	TS	214	0,072	1882,565	18,812	57,909	176,835	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,048	510,206	7,088	16,695	40,039	
	Mapiranje	40	0,299	1380,933	14,740	73,109	127,521	
	Angiografija	15	0,042	2225,948	105,521	225,317	684,324	
Jednjak (μGy)	TS	214	0,091	4316,427	22,005	75,657	256,628	<0,001
	Pozicioniranje	73	0,054	582,421	8,993	21,533	58,841	
	Mapiranje	40	0,686	1576,391	21,035	86,424	186,323	
	Angiografija	15	0,048	3271,204	152,770	302,361	1063,749	
Ovariji (μGy)	TS	80	0,001	10,336	0,113	0,484	1,516	<0,001
	Pozicioniranje	36	0,001	4,346	0,041	0,077	0,216	
	Mapiranje	18	0,017	6,108	0,096	0,348	0,944	
	Angiografija	8	<0,001	4,281	1,002	1,212	2,615	
Ostatak muška doza (μGy)	TS	134	0,034	1347,847	9,765	22,225	91,898	<0,001
	Pozicioniranje	37	0,025	272,687	4,019	10,294	36,853	
	Mapiranje	22	0,214	119,527	6,337	42,847	64,179	
	Angiografija	7	50,612	1189,688	57,685	332,166	1021,466	
Ostatak ženska doza (μGy)	TS	80	0,062	960,762	10,963	41,594	122,095	<0,001
	Pozicioniranje	36	0,104	186,160	3,306	5,911	17,449	
	Mapiranje	18	0,243	738,059	8,690	37,768	114,102	
	Angiografija	8	0,023	365,746	49,887	107,444	177,334	

N apsolutni broj; TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvodnice ili katetera

Tablica 41. Prikaz usporedbi doza organa za pojedine skupine prema razlogu korištenja rendgenskog zračenja.

Dunn post-hoc test	p vrijednosti					
	TS vs. Pozicioniranje	TS vs. Mapiranje	TS vs. Angio	Pozicioniranje vs. Mapiranje	Pozicioniranje vs. Angio	Mapiranje vs. Angio
Srce (μGy)	<0,001	0,819	0,001	0,002	<0,001	<0,001
Želudac (μGy)	<0,001	0,856	0,001	0,002	<0,001	<0,001
Kolon (μGy)	<0,001	0,962	0,001	0,001	<0,001	<0,001
Jetra (μGy)	<0,001	0,847	0,001	0,001	<0,001	0,001
Pluća (μGy)	<0,001	0,806	0,001	0,002	<0,001	0,001
Mokraćni mjehur (μGy)	<0,001	0,871	0,001	0,001	<0,001	0,001
Štitna žlijezda (μGy)	<0,001	0,969	0,001	0,001	<0,001	<0,001
Aktivna koštana srž (μGy)	<0,001	0,885	0,002	0,001	<0,001	0,005
Dojke (μGy)	<0,001	0,891	0,001	0,001	<0,001	0,001
Jednjak (μGy)	<0,001	0,852	0,001	0,002	<0,001	0,001
Ovariji (μGy)	<0,001	0,640	0,151	0,012	0,003	0,075
Ostatak muška doza (μGy)	0,010	0,982	0,002	0,074	<0,001	0,003
Ostatak ženska doza (μGy)	<0,001	0,769	0,177	0,006	0,003	0,165

*crvene su vrijednosti $p < 0,05$; Angio Angiografija; TS transseptalna punkcija; pozicioniranje - žice, uvodnice ili katetera

6. RASPRAVA

U istraživanje je bilo uključeno ukupno 914 djece iz dva pedijatrijska elektrofiziološka centra. Ovaj broj uključene djece omogućio je provedbu statističkih metoda potrebnih za ostvarenje zadanih ciljeva ovog istraživanja.

Od svih elektrofizioloških postupaka uključenih u ovo istraživanje, njih 62,04 % su učinjeni bez korištenja rendgenskog uređaja. Ovi podaci pokazuju koliko su velike mogućnosti sustava za 3D mapiranje u smanjenju učestalosti korištenja rendgenskog uređaja te su u skladu s ranije prikazanim u literaturi (185,186).

Ovo je prva studija koja je sustavno pokazala doze rendgenskog zračenja pacijenta u pedijatrijskoj elektrofiziologiji pri korištenju 3D sustava za mapiranje i rendgenskog zračenja za različite varijable. Ove doze rendgenskog zračenja mogu doprinijeti određivanju dijagnostičkih referentnih razina u pedijatrijskoj elektrofiziologiji kojih nema niti na državnoj niti na regionalnoj razini.

Najvažniji rezultat ovog istraživanja je usporedba doza zračenja obzirom na tjelesnu masu pacijenata. Pokazano je da su DAP i ED veći kod djece veće mase u usporedbi sa skupinama djece manje mase. To se može objasniti većom dozom rendgenskog zračenja potrebnom za kvalitetniju radiološku sliku kod većeg djeteta i većom površinom koja se koristi za prikaz dijela prsnog koša koji je od interesa. Ovakav rezultat nije bio očekivan, budući se kod manje djece očekuje više poteškoća tijekom postupka, teških vaskularnih punkcija, problema sa sustavom 3D mapiranja, problema s mapiranjem i tako dalje, što bi rezultiralo potrebom korištenja rendgenskog zračenja. Ipak, to se nije dogodilo, bar ne mjerljivo u vrijednostima DAP-a i ED-a.

Prema indikaciji za postupak najviše vrijednosti DAP-a i EF-a su bile kod VES/VT-a. Ventrikularni supstrati su imali najviše vrijednosti DAP-a i EF-a obzirom na supstrate utvrđene elektrofiziološkom studijom. Najviše doze zračenja za ventrikularnu patologiju su očekivane budući kompleksnost postupaka za ovu patologiju najčešće nadmašuje ostale lokalizacije fokusa aritmije.

Od svih razloga za korištenje rendgenskog zračenja angiografija je imala najveći i DAP i ED što je najvjerojatnije posljedica potrebe za kvalitetnijim prikazom vaskularnih struktura što zahtijeva veće doze rendgenskog zračenja. Za pretpostaviti je i da se angiografija koristila kod kompleksnijih slučajeva koji su zahtijevali i provjeru položaja katetera u odnosu na vaskularnu strukturu koja se snimala.

Prikazane doze organa obzirom na tjelesnu masu, indikaciju, supstrat i razlog korištenja rendgenskog zračenja značajno su manje od doza organa koje su prikazane za hemodinamske kateterizacije srca kod djece s prirođenim srčanim greškama (183). Doze organa pri elektrofiziološkim postupcima do sada nisu bile opisane u literaturi.

Budući dijagnostičkih referentnih doza za pedijatrijsku elektrofiziologiju uz korištenje 3D sustava za mapiranje nema, vrijednosti dobivene u ovom radu usporediti će se s pojedinim manjim prikazima doza zračenja u pedijatrijskoj elektrofiziologiji te s pedijatrijskim hemodinamskim kateterizacijama, dijagnostičkim i intervencijskim te adultnom elektrofiziologijom.

Kada se usporede s dijagnostičkim referentnim razinama za intervencijsku kardiologiju koje su izrađene za Latinsku Ameriku (187), rezultati ovog rada za elektrofiziološke postupke pokazuju značajno niže razine. U tom radu Ubeda i sur. (187) zabilježili su ukupno 968 postupaka te su pokazali za skupinu pacijenata mase 15-30 kg medijan DAP-a $3,3 \text{ Gy cm}^2$ te potom redom dalje za 30-50 kg - $6,2 \text{ Gy cm}^2$ te za 50-80 kg - $23,6 \text{ Gy cm}^2$. Te su vrijednosti 10 i više puta veće od vrijednosti koje su zabilježene kod pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka.

Buytaert i sur. (183) također su pokazali vrijednosti DAP-a i ED-a za pedijatrijsku intervencijsku kardiologiju obuhvaćajući 222 postupka, dijagnostičke i intervencijske. U tom radu srednje vrijednosti DAP-a bile su u skupinama pacijenata prema masi: 15-30 kg $1,87 \text{ Gy cm}^2$, 30-50 kg $7,12 \text{ Gy cm}^2$, 50-80 kg $8,68 \text{ Gy cm}^2$ i $>80 \text{ kg}$ $31,84 \text{ Gy cm}^2$ (183), što je također značajno iznad vrijednosti iz ovoga rada. U istom radu (183) pokazali su da ED za dijagnostičke hemodinamske kardiološke postupke iznosi $3,34 \text{ mSv}$, za intervencijske postupke $1,6 \text{ mSv}$ te za sve postupke zajedno $1,83 \text{ mSv}$ što je značajno više od vrijednosti za pedijatrijsku elektrofiziologiju ($0,033 \text{ mSv}$).

Vrijednosti doza rendgenskog zračenja u ovom radu bile su manje i od onih koje su pokazali Bacher i sur. (188) za 60 pedijatrijskih kardioloških hemodinamskih postupaka. U tom je radu (188) medijan vrijednosti DAP-a za intervencijske postupke bio 463 cGy cm^2 , za dijagnostičke 409 cGy cm^2 te za sve postupke zajedno 453 cGy cm^2 . Prikazane su i vrijednosti ED-a od $4,6$ do $6,0 \text{ mSv}$ (188). Doze rendgenskog zračenja u hemodinamskim kateterizacijskim zahvatima prikazali su i Glatz i sur. (189). Izravna usporedba podataka je nešto otežana s obzirom da su grupe pacijenata prema masi organizirali na drukčiji način i to $<5 \text{ kg}$, $5-12,5 \text{ kg}$, $12,5-25 \text{ kg}$, $25-45 \text{ kg}$, $45-65 \text{ kg}$ i $>65 \text{ kg}$ (189). Najprimjerenija je usporedba s tjelesnim masama većim od $12,5 \text{ kg}$. Medijan vrijednosti DAP-a je u tim skupinama kod

intervencijskih postupaka bio od 1296 do 15841 cGycm² (189). Kod dijagnostičkih postupaka medijan vrijednosti DAP-a je u tim skupinama bio od 945 do 8959 cGycm² (189). S obzirom da se medijan vrijednosti DAP-a u ovom radu za grupe pacijenata obzirom na masu kreće od 4,000 do 26,325 cGycm², unatoč razlikama u metodologiji, jasno je da su vrijednosti značajno manje. Najviše razine medijana vrijednosti ED-a u tom istom radu (189) bile su kod intervencija na izlaznom traktu desne klijetke (36,4 mSv), embolizacija kolaterala systemske i plućne arterije (34,2 mSv) te intervencija na granama plućne arterije (20,2 mSv). Ove vrijednosti su daleko iznad postupka s najvišom vrijednosti ED-a u ovom radu i to ventrikularnih supstrata gdje je zabilježena vrijednost od 0,103 mSv.

Riche i sur. (163) u svom su radu istraživali dozu zračenja u pedijatrijskoj elektrofiziologiji kod korištenja dijaskopije uz niski broj pulseva u sekundi, ali bez sustava za 3D mapiranje. Medijan vrijednosti DAP-a za 168 pacijenata bio je 246 cGycm² (163), što je, iako prilično nisko za elektrofiziologiju temeljenu na rendgenskom zračenju, značajno više od onoga što je zabilježeno u ovom radu. To se vidi i kod ED-a izračunatog za 14 pacijenata u tom istom radu (163), gdje je medijan bio 0,19 mSv, također više od onoga što je prikazano u ovom radu. U ovim usporedbama se posebno očituje važnost 3D sustava za mapiranje, budući unatoč svim poduzetim mjerama za smanjenje doze zračenja, bez tih sustava Riche i sur. (163) nisu bili u mogućnosti postići vrijednosti prikazane u ovom radu.

Sličan rad prikazali su Gellis i sur. (190), ali na manjem broju pacijenata, točnije 42 pacijenta mlađa od 21 godine. Postupci su rađeni bez 3D sustava za mapiranje, pridržavajući se ALARA protokola o kojem je u ovom radu ranije pisano. Zabilježeni medijan vrijednosti DAP-a je bio 343,2 cGycm² (raspona 38,2-3,172 cGycm²), što je više i od onoga što su Riche i sur. (163) pokazali.

Još veću vrijednost DAP-a u elektrofiziologiji pokazali su Patel i sur. (191). U tom radu medijan vrijednosti DAP-a je bio 1741,4 cGycm² nakon implementacije novog protokola za smanjenje doze rendgenskog zračenja, ali svi postupci su učinjeni bez korištenja 3D sustava mapiranja te je 11,3 % bolesnika imalo prirođenu srčanu bolest (191). Pokazali su i ED, koji je iznosio 4,6 mSv (191), što je znatno veća vrijednost od prikazane u našem radu. Ovi odnosi su još jedan dokaz važnosti korištenja 3D sustava za mapiranje u pedijatrijskoj elektrofiziologiji budući pokazuju da se unatoč uvođenju protokola za smanjenje doze rendgenskog zračenja, ona ne može spustiti na razinu kao kada se koristi 3D sustav za mapiranje.

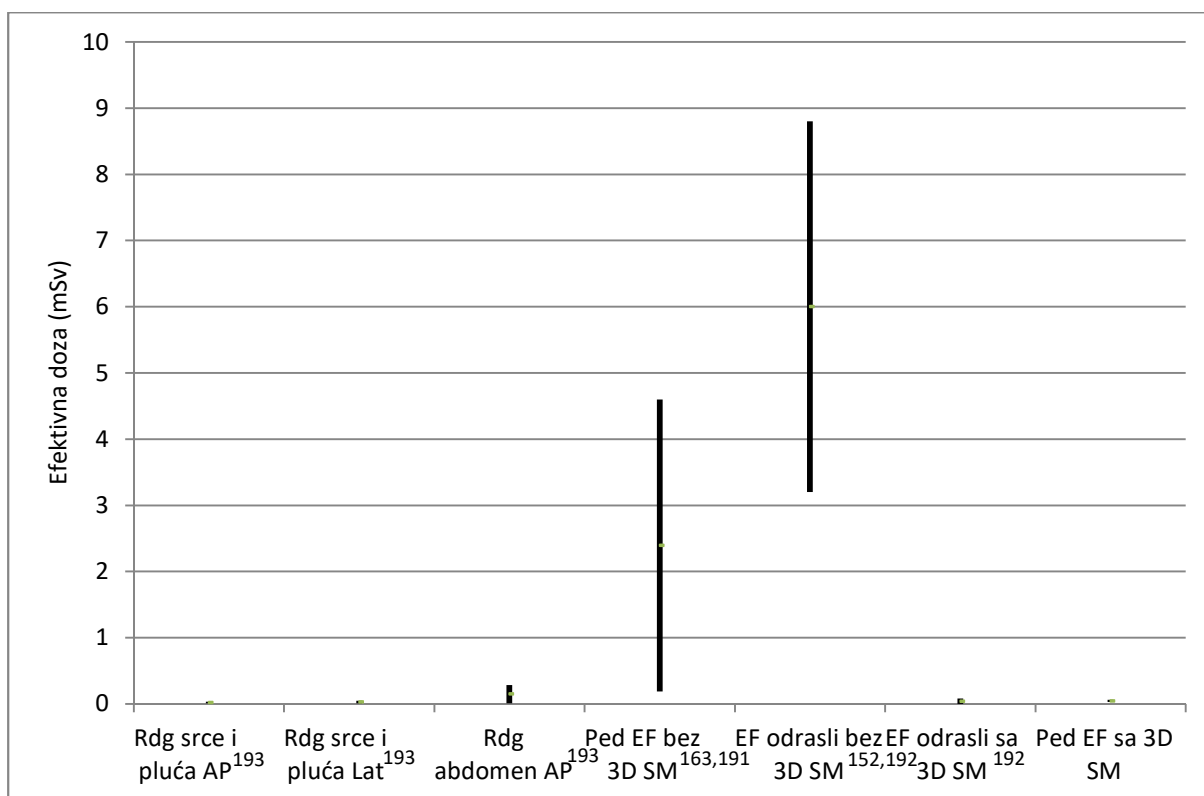
Pass i sur. (177) pokazali su smanjenje doze rendgenskog zračenja nakon uvođenja Carto 3D sustava za mapiranje na 75 pedijatrijskih bolesnika. Medijan vrijednosti DAP-a je smanjen s 584,3 cGycm² na 92,2 cGycm² nakon uvođenja sustava 3D mapiranja. Nisu napravili razliku u dobi ili masi pacijenata, no gruba usporedba pokazuje da su vrijednosti u ovom radu nešto niže. Isto se pokazalo i u radu Jiang i sur. (174) gdje su usporedili podatke od 95 postupaka ablacije AVNRT kod djece kad su koristili Carto 3D sustav te 135 postupaka ablacije iste aritmije kada nisu. Medijan vrijednosti DAP-a za AVNRT ablaciju u ovom radu (3,68 cGycm²) niža je nego što su oni prikazali 51,4 cGycm² (174). Medijan vrijednosti DAP-a od 247,8 cGycm² kad se nije koristio Carto je još i viša (174). Ova razlika je moguće posljedica nemogućnosti prikazivanja katetera bez magnetskog senzora na Carto sustavu. Zbog ovoga se kod korištenja svih tanjih, dijagnostičkih katetera mora koristiti rendgenski uređaj za njihov prikaz za razliku od Ensite sustava koji je većinski korišten kod pacijenata u ovom radu. Kod usporedbi s Jiang i sur. (174) treba imati na umu da su uspoređeni rezultati iz ovoga rada koji uključuju samo postupke tijekom kojih se koristilo rendgensko zračenje, ali je u ovom radu 62,04 % postupaka učinjeno u potpunosti bez korištenja rendgenskog zračenja, tako da je sveukupna izloženost djece rendgenskom zračenju još niža.

S obzirom da nema puno podataka o dozama rendgenskog zračenja pacijenata u pedijatrijskoj elektrofiziologiji, rezultati ovoga rada uspoređeni su i s elektrofiziološkim postupcima koji se u slučaju odraslih pacijenata provode korištenjem rendgenskog zračenja. Heidbuchel i sur. (152) su za dijagnostičke postupke pokazali medijan vrijednosti ED-a od 3,2 mSv, a kod postupaka koji su uključivali ablaciju AVNRT, AT ili atrioventrikularne kružne tahikardije 4,4 mSv. Za postupke ablacije atrijske fibrilacije i VT-a prikazane su još veće vrijednosti (16,6 i 12,5 mSv) (152) što je sve značajno više u odnosu na vrijednosti prikazane u ovom radu. U „NO-PARTY“ istraživanju (192) pokazano je smanjenje vrijednosti DAP-a i ED-a korištenjem sustava 3D mapiranja u elektrofiziološkim postupcima kod odraslih. To je multicentrična prospektivna randomizirana studija koja je usporedila elektrofiziološku ablaciju SVT, učinjene na klasičan način, koristeći rendgensko zračenje te postupke učinjene uz pomoć 3D sustava za mapiranje (192). U tom istraživanju (192) prikazali su vrijednosti u slučaju ozračenih zajedno s neozračenim pacijentima tako da se vrijednosti ne mogu izravno usporediti s vrijednostima iz ovoga rada, ali je važnost 3D mapiranja vidljiva: medijan vrijednosti DAP-a je snižen s 2036 na 278 cGycm² korištenjem 3D mapiranja i ED-a s 8,87 do 0 (25. - 75. percentil: 0-0,08) mSv. U tom radu prikazane su

elektrofiziološke procedure samo kod SVT-a, dakle bez ventrikularnih supstrata kao u ovom radu te rendgensko zračenje nije korišteno kod 72 % elektrofizioloških postupaka (192), dok je u ovom istraživanju ukupno učinjeno 62,04 % postupaka bez korištenja rendgenskog zračenja.

Kako bi se dobio bolji osjećaj reda veličine vrijednosti ED-a, vrijednosti iz ovoga rada uspoređene su i s različitim općim radiografskim metodama kod djece koje su prikazali Earl i sur. (193). U tom radu (193) procijenjeni medijan vrijednosti ED-a za anterior posteriornu rendgensku snimku prsnog koša, u rasponima tjelesne mase 16 kg na više (kako smo bilježili u ovom radu) je od 0,014 do 0,033 mSv; u slučaju lateralne snimke ED je 0,017 do 0,047 mSv, što je manje od pedijatrijske elektrofiziologije, ali ne toliko koliko je očekivano. Iako se kod elektrofiziologije koristi dijaskopija koja vremenski traje značajno dulje nego jedna rendgenska snimka prsnog koša, kvaliteta radiološke snimke koja se očekuje je značajno niža što omogućuje manju dozu rendgenskog zračenja u jedinici vremena. Također, površina koja se ozračuje je manja, jer se kod elektrofizioloških postupaka ne prikazuje cijeli prsni koš. Procijenjeni medijan vrijednosti ED-a (193) rendgenske snimke abdomena u anterior posterior projekciji (0,03 – 0,286 mSv) već je usporediv ili viši od medijana vrijednosti ED-a kod pedijatrijskih elektrofizioloških postupaka. Organi u abdomenu su osjetljiviji na zračenje što se očituje u težinskim faktorima za ta tkiva, a samim time je i ED kod korištenja rendgenskog uređaja u toj regiji viši nego kod rendgenske snimke prsnog koša. Kao još jedan primjer kada je medijan vrijednosti ED-a već u slučaju samo jedne snimke veći nego je to u slučaju elektrofizioloških postupaka može se uzeti i rendgenska snimka torakalne kralježnice gdje se bilježe vrijednosti za različite masene skupine od 0,071 mSv (16-25 kg) do 0,202 mSv (60+ kg) (193).

Na slici 16 grafički je prikazana važnost korištenja sustava 3D mapiranja u smanjenju vrijednosti ED-a za elektrofiziološke postupke. Kao što je prikazano na slici, pedijatrijska elektrofiziologija je na razini pojedinačnih rendgenskih snimki s priličnom razlikom od elektrofizioloških postupaka bez 3D sustava mapiranja.



Slika 16. Grafički prikaz vrijednosti medijana ED-a za različite postupke iz literature u usporedbi s rezultatima iz ovoga rada. (AP anterior posterior, Lat lateralni, EF elektrofiziološki postupak, 3D SM trodimenzionalni sustav mapiranja, Ped pedijatrijski)

Osim doza rendgenskog zračenja pacijenata u slučaju kojih je korišteno rendgensko zračenje, rezultati ovoga rada obuhvaćaju i prikaz učestalosti njegova korištenja.

Nije bilo statističke razlike u učestalosti korištenja rendgenskog zračenja između ženskih i muških sudionika, što je bilo i očekivano budući da se ovi postupci provode jednako bez obzira na spol.

Prosječna starost djece kod koje je korišten rendgenski uređaj tijekom elektrofiziološkog postupka se nije razlikovala u odnosu na one koji su rađeni isključivo s 3D sustavom za mapiranje.

Rezultati ovoga rada ukazuju na to da nema razlike u učestalosti korištenja rendgenskog zračenja u pedijatrijskoj elektrofiziologiji bez obzira na to koliko je dijete staro i koliku masu ima. Mogla bi se očekivati češća primjena rendgenskog zračenja kod manje djece budući da su ti zahvati zahtjevniji, ali uz korištenje 3D sustava za mapiranje ni manja djeca se ne zrače češće. Oba centra uključena u ovo istraživanje su centri posvećeni pedijatrijskoj populaciji i postupke provode pedijatrijski kardiolozi što vjerojatno utječe na ove rezultate.

Od aritmoloških supstrata najveća učestalost korištenja rendgenskog uređaja bila je kod lijevih AP-a što je posljedica transseptalnog pristupa bez sustavnog korištenja ICE-a. Već je ranije opisana češća upotreba rendgenskog zračenja zbog transseptalne punkcije (194). U centrima gdje se koristi retrogradni pristup ili ICE rutinski za transseptalnu punkciju, učestalost korištenja rendgenskog zračenja je niža za sve dobne skupine (143,145). Prema dozi rendgenskog zračenja, rezultati prikazani u ovom radu pokazuju da je transseptalna punkcija na trećem mjestu, iza angiografije i mapiranja što ukazuje na to da centri s iskustvom u pedijatrijskoj elektrofiziologiji mogu ove postupke provesti bez visokih doza rendgenskog zračenja.

Jan i sur. (145) prikazali su četrdeset troje uzastopne djece i adolescenata (u dobi od 13 ± 3 godine) kod kojih je učinjena elektrofiziološka studija s ablacijom za razne SVT-ove. Korišten je 3D sustav za mapiranje elektrofiziološkog supstrata, a ICE je korišten kao temeljni alat za prikaz transseptalnih punkcija, dakle bez korištenja rendgenskog uređaja kod svih zahvata. U tom radu je prikazana stopa akutnog uspjeha od 100 % bez komplikacija povezanih s postupkom. Mada je uzorak malen, iz ovog rada je vidljivo kolike su mogućnosti ICE-a u kombinaciji s 3D sustavima za mapiranje te predstavljaju budući mogući način rada u pedijatrijskim elektrofiziološkim centrima. Ipak, veličina uvodnice i debljina same ultrazvučne sonde upozorava na oprez kod potenciranja ovakvog protokola rada kod djece. Pitanje je kolika je pozitivnost potencijalnog smanjenja doze rendgenskog zračenja, koja, kako je prikazano u ovom radu, nije velika, u odnosu na eventualne rizike vaskularnih komplikacija, perforacije miokarda te srčane tamponade. Zbog veličine potrebnog vaskularnog pristupa, ovaj oprez se posebno odnosi na manju djecu, kod koje bi ICE češće i trebao. Biti će potrebna daljnja istraživanja kako bi se pokazalo koji je protokol rada bolji u pedijatriji.

Najniža učestalost korištenja rendgenskog zračenja u skupinama prema supstratima je zabilježena kod zahvata kod kojih nije nađen supstrat te time nije rađena niti ablacija. Ovo je očekivano jer su dijagnostički kateteri tanji, mekši te time lakši za manipuliranje bez straha od ozljede anatomskih struktura, odnosno bez potrebe za dodatnim korištenjem rendgenskog zračenja pri manipulaciji. Tek je jedna elektrofiziološka studija učinjena uz korištenje minimalne količine rendgenskog zračenja za plasman katetera. Od poznatih supstrata najrjeđe korištenje rendgenskog zračenja zabilježeno je kod AVNRT-a. AVNRT zahtijeva ablaciju s desne strane srca te se područje sporog puta može dobro demarkirati korištenjem 3D sustava za mapiranje najčešće bez potrebe za korištenjem rendgenskog uređaja.

U skupinama prema indikaciji nije bila tako izražena razlika u vrijednostima kao kod supstrata, a učestalost je korištenja rendgenskog uređaja, iako statistički značajno, ipak manje različita. Kod palpitacija je zabilježen najviši udio zahvata bez korištenja rendgenskog uređaja (78,26 %), dok je WPW sindrom imao najniži udio (55,03 %). Ovi podaci se mogu koristiti pri davanju informacija roditeljima ili skrbnicima prije zahvata kao odgovor na pitanje kolika je vjerojatnost primjene rendgenskog zračenja kod određene indikacije.

Najčešći razlog za korištenje rendgenskog uređaja je bila transseptalna punkcija. Osim lijevih AP-a kako je već opisano, razlozi za transseptalnu punkciju su i lijevi ventrikularni supstrati te fokalne atrijske tahikardije iz lijevog atrija i tako dalje. Najrjeđe je rendgensko zračenje korišteno zbog angiografije koronarnog sinusa, koronarnih krvnih žila, angiografije kod nemogućnosti napredovanja kateterom kroz neku krvnu žilu i tako dalje.

Učestalost korištenja rendgenskog zračenja u pedijatrijskoj elektrofiziologiji prikazivana je nešto češće nego doze zračenja pa će rezultati ovoga rada biti uspoređeni s vrijednostima iz literature.

Smith i sur. (165) su prikazali 30 pacijenata (prosječne dobi 12,9 godina) sa SVT-om, od kojih je 80 % abkirano bez uporabe rendgenskog zračenja što je više nego što je zabilježeno u ovom istraživanju.

Ozyilmaz i sur. (167) prikazali su ablaciju idiopatske VT kod 17 djece, od kojih je 6 (35,3 %) bilo bez korištenja rendgenskog zračenja što je manje u usporedbi s ventrikularnim supstratima u ovom radu (57,81 %). Budući je ovaj rad uključivao i VES u ventrikularne supstrate, ovu usporedbu treba uzeti s oprezom. Ablaciju ventrikularnih aritmija u pedijatrijskoj populaciji pokazali su i Von Bergen i sur. (169), ali samo za 5 slučajeva od kojih su 3 (60 %) učinjena bez upotrebe rendgenskog uređaja.

Ablaciju AT-a prikazali su Elkiran i sur. (170). U svom članku su predstavili 25 od 39 (64,1 %) (170) pedijatrijskih pacijenata koji su abkirani bez uporabe rendgenskog zračenja, što je više od rezultata iz ovoga rada za ovaj supstrat (40,63 %).

Miyake i sur. (166) prikazali su ablaciju AP-a i AVNRT-a gdje je 2 od 37 (5,4%) pacijenata urađeno isključivo sa sustavom 3D mapiranja što je prilično nizak postotak. Jiang i sur. (174) pokazali su ablaciju AVNRT-a kod 95 djece s korištenjem 3D sustava mapiranja. Iako se doza rendgenskog zračenja značajno smanjila (174) u usporedbi s 135 slučajeva rađenih samo s rendgenskim uređajem, nije bilo postupaka učinjenih isključivo sa 3D sustavom mapiranja. Već ranije spomenuti rad Riche i sur. (163) prikazao je kohortu pedijatrijskih pacijenata kojima je elektrofiziološki postupak učinjen isključivo uz korištenje

rendgenskog uređaja, što pokazuje koliko je raznoliko provođenje ovih postupaka kod pedijatrijske populacije u današnje vrijeme.

Prema učestalosti korištenja rendgenskog zračenja, rezultati slični rezultatima iz ovog rada prikazani su u članku Tuzcu i sur. (168) gdje je prikazano 305 bolesnika od kojih je 191 (63%) urađeno bez fluoroskopije. Koca i sur. (171) su prikazali rjeđu primjenu rendgenskog zračenja kod djece sa samo 18,4% (14 od 76 pacijenata) učinjenih uz pomoć rendgenskog uređaja.

Kipp i sur. (173) također su pokazali vrlo dobre rezultate sa 105 od 138 (76,1%) pedijatrijskih i odraslih elektrofizioloških postupaka učinjenih bez upotrebe rendgenskog zračenja.

Nešto niži udio postupaka provedenih bez rendgenskog zračenja prikazali su Clark i sur. (180) na ukupno 159 pacijenata koji nisu zahtijevali transseptalnu punkciju te od kojih je 50 (31 %), učinjeno isključivo s 3D sustavom za mapiranje. U tom radu (180) prikazane su i srednje vrijednosti DAP-a te je kod djece bez srčane greške i bez potrebe za transseptalnom punkcijom zabilježeno 668,1 cGycm², a kod postupaka koji su uključivali transseptalnu punkciju zabilježena je srednja vrijednost od 3885,1 cGycm². Iako se ne mogu izravno uspoređivati s rezultatima iz ovoga rada budući uključuje medijane vrijednosti DAP-a, u tom radu su uočljive značajno veće vrijednosti DAP-a.

U ovom radu prikazane su i krivulje tipičnih vrijednosti DAP-a i DAP_{TM}-a po nordijskom modelu (184), što je još jedan korak za izradu dijagnostičkih referentnih razina za pedijatrijske elektrofiziološke postupke. Pomoću ovih krivulja jednostavno je napraviti usporedbe doza rendgenskog zračenja u drugim elektrofiziološkim centrima s tipičnim vrijednostima iznesenim u ovom radu. Ove krivulje omogućavaju usporedbe doza rendgenskog zračenja i za masene skupine za koje inače ne bi bilo dovoljno pacijenata ili bi prikupljanje tih podataka trajalo predugo (184). Ta prednost se pokazala i u ovom radu, tako da je moguće vidjeti red veličine doza rendgenskog zračenja i za pacijente tjelesne mase < 15 kg.

6.1. Ograničenja provedenog istraživanja

Svi elektrofiziološki zahvati učinjeni su u dva elektrofiziološka centra. Ipak, ovo ne bi trebalo utjecati na zaključke o razlici korištenja rendgenskog uređaja između različitih masenih skupina, jer se kod ovog broja pacijenata ta razlika za različite mase djece trebala očitovati, što je bila hipoteza ovog istraživanja. Ipak, apsolutne brojke vezano uz dozu

rendgenskog zračenja se u današnje vrijeme značajno razlikuju između različitih centara. Upravo je ovo razlog zašto je potrebna izrada dijagnostičkih referentnih razina za pedijatrijsku elektrofiziologiju u čemu je ovaj rad prvi korak i na međunarodnoj razini.

Drugo ograničenje ove studije je što za djecu tjelesne mase manje od 15 kg nije bilo moguće stvaranje zasebne skupine obzirom da su na raspolaganju bili podaci za svega 10 takvih pacijenata. Budući se u ovoj masenoj skupini pedijatrijska elektrofiziologija i tako provodi samo kada je prijeko potrebna, indikacije u ovoj masenoj skupini se vjerojatno neće promijeniti bez obzira na učestalost primjene rendgenskog zračenja.

7. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme elektrofiziološki zahvati na srcu kod djece se značajno razlikuju između pojedinih centara te još uvijek nije usvojen standardni protokol rada. Značajan tehnološki napredak su omogućili sustavi za 3D mapiranje koji, iako u upotrebi više godina, još uvijek nisu našli svoje mjesto u svim elektrofiziološkim centrima za sve vrste aritmija te se i dalje mogu naći prikazi elektrofizioloških zahvata učinjenih isključivo korištenjem rendgenskog zračenja. S obzirom na veću osjetljivost djece na ionizirajuće zračenje, ovom problemu je potrebno obratiti posebnu pozornost.

U ovom istraživanju zabilježene vrijednosti DAP-a i ED-a su niske u usporedbi sa zahvatima bez 3D sustava za mapiranje. Također, te vrijednosti su niže kod djece manje tjelesne mase unatoč većoj kompleksnosti i zahtijevnosti zahvata kod manje djece.

Elektrofiziološki zahvati na srcu kod djece mogu se raditi s vrlo niskim dozama rendgenskog zračenja kada se koriste sustavi 3D mapiranja u usporedbi i s pedijatrijskom intervencijskom kardiologijom i elektrofiziologijom srca kod odraslih pacijenata.

Prema rezultatima ovoga istraživanja kod elektrofizioloških zahvata na srcu kod djece nema razlike u učestalosti ozračivanja pacijenata bez obzira na spol, dob ili tjelesnu masu.

Djeca manje tjelesne mase prema ovom istraživanju nisu više ozračena u odnosu na veću djecu tako da nema razloga da se na temelju doze zračenja odgađaju procedure za stariju dob.

Na temelju ovog istraživanja te posebno krivulja doza zračenja DAP-a, DAP_{TM}-a i ED-a moguće su jednostavne usporedbe doza rendgenskog zračenja između različitih elektrofizioloških centara.

8. SAŽETAK

Uvod: Od uvođenja sustava 3D mapiranja značajno se smanjila upotreba rendgenskog zračenja u elektrofiziološkim zahvatima na srcu. Posebno je to važno za djecu zbog njihove veće osjetljivosti na ionizirajuće zračenje. Cilj ovog rada je analizirati ozračenost pedijatrijskih pacijenata kod ovih zahvata koji se provode uz korištenje 3D navigacijskog sustava.

Ispitanici i metode: Rad je presječna studija. Ispitanici su osobe mlađe od 18 godina kod kojih je proveden elektrofiziološki postupak u Gottsegen kardiovaskularnom centru, Budimpešta, Mađarska te u Kliničkom bolničkom centru Sestre milosrdnice, Zagreb, Hrvatska.

Rezultati: Analizirani su podaci za ukupno 914 sudionika: 55,7 % dječaka i 44,3 % djevojaka. Prosječna dob bila je 13,25 godina, a srednja masa 53,20 kg. Od svih zahvata 62,04 % učinjeno je bez, a 37,96 % uz korištenje rendgenskog zračenja. Nije bilo statistički značajne razlike u učestalosti korištenja rendgenskog zračenja pri usporedbi skupina prema spolu ($p=0,181$), dobi ($p=0,380$) ili masi ($p=0,120$). Prema aritmološkom supstratu rendgensko zračenje je najčešće korišteno kod lijevostranih akcesornih puteva (86,2 %). Prema dozi zračenja, uočena je značajna razlika između skupina prema tjelesnoj masi pacijenta kad se isključe pacijenti koji nisu ozračeni. Kod djece s većom tjelesnom masom zabilježene su veće vrijednosti umnoška doze i površine (DAP) i efektivne doze (ED). Medijan vrijednosti DAP-a u različitim skupinama prema tjelesnoj masi bio je između 4,00 (interkvartalni raspon - IQR 1,00-14,00) i 26,33 (IQR 8,77-140,84) cGycm². Medijan vrijednosti ED-a bio je između 23,18 (IQR 5,21-67,70) i 60,96 (IQR 20,64-394,04) μSv. Najviši DAP i ED u odnosu na indikaciju zabilježeni su za ventrikularne ekstrasistole i ventrikularnu tahikardiju - 27,65 (IQR 12,91-75,0) cGycm² odnosno 100,73 (IQR 53,31-258,10) μSv. U skupinama prema supstratu aritmije bilo je slično, najviše doze bile su u ventrikularnim supstratima s vrijednosti DAP-a 29,62 (IQR 13,81-76,0) cGycm² i ED-a 103,15 (IQR 60,78-266,99) μSv. Prikazane su i doze organa kod djece pri elektrofiziološkim procedurama na srcu.

Zaključak: Elektrofiziološki zahvati na srcu kod djece mogu se raditi s vrlo niskim dozama zračenja kada se koriste sustavi 3D mapiranja u usporedbi sa zahvatima bez tih sustava te u usporedbi s pedijatrijskom intervencijskom kardiologijom ili elektrofiziologijom srca kod odraslih pacijenata. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da ozračenje djece manje tjelesne mase nije veće u odnosu na djecu veće tjelesne mase tako da nema razloga da se na temelju doze zračenja odgađaju procedure za stariju dob.

Ključne riječi: elektrofiziologija, srce, djeca, rendgensko zračenje, DAP, doza organa, efektivna doza

9. SUMMARY

Dose of X-ray radiation during pediatric electrophysiological interventions on the heart
Nikola Krmek, 2024

Introduction: Since the introduction of the 3D mapping system, the use of X-ray radiation in electrophysiological interventions on the heart has significantly decreased. The aim of this paper is to analyze the X-rays exposure of pediatric patients during these procedures.

Subjects and methods: The paper is a cross-sectional study. The subjects are patients under the age of 18 who have had an electrophysiological study conducted in Gottsegen Cardiovascular Center, Budapest, Hungary and in UHC Sestre milosrdnice, Zagreb.

Results: A total of 914 participants were analysed: 55.7% males and 44.3% females. The mean age was 13.25 years, and the mean mass was 53.20 kg. Of all procedures, 62.04% were performed without and 37.96% with the use of X-rays. There was no statistically significant difference in the frequency of X-ray use when comparing groups by sex ($p=0.181$), age ($p=0.380$) or mass ($p=0.120$). Significant difference was noted between mass groups, while heavier children had higher values of DAP and ED.

Conclusion: According to this research, children with smaller body mass are not more irradiated compared to larger children, so there is no reason to delay procedures for older age based on the dose of X-ray radiation.

Key words: electrophysiology, heart, children, X-ray radiation, DAP, organ dose, effective dose

10. LITERATURA

1. Clausen H, Theophilos T, Jachno K, Babl F. Arrhythmias of children in the emergency department: incidence, management and outcome. *Arch Dis Child*. 2010;95(Suppl 1):A42–A42.
2. Gilljam T, Jaeggi E, Gow RM. Neonatal supraventricular tachycardia: outcomes over a 27-year period at a single institution. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992. 2008;97(8):1035–9.
3. Massin MM, Benatar A, Rondia G. Epidemiology and outcome of tachyarrhythmias in tertiary pediatric cardiac centers. *Cardiology*. 2008;111(3):191–6.
4. Ghosh RM, Gates GJ, Walsh CA, Schiller MS, Pass RH, Ceresnak SR. The Prevalence of Arrhythmias, Predictors for Arrhythmias, and Safety of Exercise Stress Testing in Children. *Pediatr Cardiol*. 2015;36(3):584–90.
5. Uusitalo A, Tikkakoski A, Reinikainen M, Lehtinen P, Ylänen K, Korhonen P, i sur. Extrasystoles or short bradycardias of the newborn seldom require subsequent 24-hour electrocardiographic monitoring. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992. 2022;111(5):979–84.
6. Jaeggi E, Öhman A. Fetal and Neonatal Arrhythmias. *Clin Perinatol*. 2016;43(1):99–112.
7. Chen SA, Tai CT, Chiang CE, Ding YA, Chang MS. Focal atrial tachycardia: reanalysis of the clinical and electrophysiologic characteristics and prediction of successful radiofrequency ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1998;9(4):355–65.
8. Higa S, Tai CT, Lin YJ, Liu TY, Lee PC, Huang JL, i sur. Mechanism of adenosine-induced termination of focal atrial tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2004;15(12):1387–93.
9. Markowitz SM, Stein KM, Mittal S, Slotwiner DJ, Lerman BB. Differential effects of adenosine on focal and macroreentrant atrial tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1999;10(4):489–502.
10. McGuire MA, Johnson DC, Nunn GR, Yung T, Uther JB, Ross DL. Surgical therapy for atrial tachycardia in adults. *J Am Coll Cardiol*. 1989;14(7):1777–82.
11. Hendry PJ, Packer DL, Anstadt MP, Plunkett MD, Lowe JE. Surgical treatment of automatic atrial tachycardias. *Ann Thorac Surg*. 1990;49(2):253–60.
12. Josephson ME, Spear JF, Harken AH, Horowitz LN, Dorio RJ. Surgical excision of automatic atrial tachycardia: Anatomic and electrophysiologic correlates. *Am Heart J*. 1982;104(5):1076–85.

13. Wyndham CR, Arnsdorf MF, Levitsky S, Smith TC, Dhingra RC, Denes P, i sur. Successful surgical excision of focal paroxysmal atrial tachycardia. Observations in vivo and in vitro. *Circulation*. 1980;62(6):1365–72.
14. Tanner H, Lukac P, Schwick N, Fuhrer J, Pedersen AK, Hansen PS, i sur. Irrigated-tip catheter ablation of intraatrial reentrant tachycardia in patients late after surgery of congenital heart disease. *Heart Rhythm*. 2004;1(3):268–75.
15. Triedman JK, Alexander ME, Love BA, Collins KK, Berul CI, Bevilacqua LM, i sur. Influence of patient factors and ablative technologies on outcomes of radiofrequency ablation of intra-atrial re-entrant tachycardia in patients with congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(11):1827–35.
16. Lukac P, Pedersen AK, Mortensen PT, Jensen HK, Hjortdal V, Hansen PS. Ablation of atrial tachycardia after surgery for congenital and acquired heart disease using an electroanatomic mapping system: Which circuits to expect in which substrate? *Heart Rhythm*. 2005;2(1):64–72.
17. Gelatt M, Hamilton RM, McCrindle BW, Gow RM, Williams WG, Trusler GA, i sur. Risk factors for atrial tachyarrhythmias after the Fontan operation. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24(7):1735–41.
18. Cabrera JA, Sanchez-Quintana D, Ho SY, Medina A, Anderson RH. The architecture of the atrial musculature between the orifice of the inferior caval vein and the tricuspid valve: the anatomy of the isthmus. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1998;9(11):1186–95.
19. Granada J, Uribe W, Chyou PH, Maassen K, Vierkant R, Smith PN, i sur. Incidence and predictors of atrial flutter in the general population. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36(7):2242–6.
20. Oshikawa N, Watanabe I, Masaki R, Okumura Y, Okubo K, Sugimura H, i sur. Relationship between polarity of the flutter wave in the surface ECG and endocardial atrial activation sequence in patients with typical counterclockwise and clockwise atrial flutter. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing*. 2002;7(3):215–23.
21. Cosío FG, Getafe University Hospital, European University of Madrid, Madrid, Spain. Atrial Flutter, Typical and Atypical: A Review. *Arrhythmia Electrophysiol Rev*. 2017;6(2):55.
22. Saoudi N, Cosío F, Waldo A, Chen SA, Iesaka Y, Lesh M, i sur. A classification of atrial flutter and regular atrial tachycardia according to electrophysiological mechanisms and anatomical bases; a Statement from a Joint Expert Group from The Working Group of

Arrhythmias of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J.* 2001;22(14):1162–82.

23. Feld GK, Fleck RP, Chen PS, Boyce K, Bahnson TD, Stein JB, i sur. Radiofrequency catheter ablation for the treatment of human type 1 atrial flutter. Identification of a critical zone in the reentrant circuit by endocardial mapping techniques. *Circulation.* 1992;86(4):1233–40.

24. January CT, Wann LS, Alpert JS, Calkins H, Cigarroa JE, Cleveland JC, i sur. 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation.* 2014;130(23):e199-267.

25. Fuster V, Rydén LE, Cannom DS, Crijns HJ, Curtis AB, Ellenbogen KA, i sur. 2011 ACCF/AHA/HRS Focused Updates Incorporated Into the ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for the Management of Patients With Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2011;57(11):e101–98.

26. Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA), Endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), Authors/Task Force Members, Camm AJ, Kirchhof P, Lip GYH, i sur. Guidelines for the management of atrial fibrillation: The Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2010;31(19):2369–429.

27. Radford DJ, Izukawa T. Atrial fibrillation in children. *Pediatrics.* 1977;59(2):250–6.

28. Taylor LE, Pflaumer A. Review of atrial fibrillation for the general paediatrician. *J Paediatr Child Health.* 2021;57(10):1564–71.

29. Strieper MJ, Frias P, Fischbach P, Costello L, Campbell RM. Catheter Ablation of Primary Supraventricular Tachycardia Substrate Presenting as Atrial Fibrillation in Adolescents: Ablation for Adolescent Atrial Fibrillation. *Congenit Heart Dis.* 2010;5(5):465–9.

30. Wolf PA, Benjamin EJ, Belanger AJ, Kannel WB, Levy D, D’Agostino RB. Secular trends in the prevalence of atrial fibrillation: The Framingham Study. *Am Heart J.* 1996;131(4):790–5.

31. Müller GI, Deal BJ, Strasburger JF, Benson DW. Electrocardiographic features of atrial tachycardias after operation for congenital heart disease. *Am J Cardiol.* 1993;71(1):122–4.

32. Subramonian D, Wu YJ, Amed S, Sanatani S. Hyperthyroidism With Atrial Fibrillation in Children: A Case Report and Review of the Literature. *Front Endocrinol.* 2021;12:689497.
33. Korantzopoulos P, Liu T, Milionis HJ, Li G, Goudevenos JA. ‘Lone’ atrial fibrillation: hunting for the underlying causes and links. *Int J Cardiol.* 2009;131(2):180–5.
34. Vad OB, Yan Y, Denti F, Ahlberg G, Refsgaard L, Bomholtz SH, i sur. Whole-Exome Sequencing Implicates Neuronal Calcium Channel with Familial Atrial Fibrillation. *Front Genet.* 2022;13:806429.
35. Angsutararux P, Zhu W, Voelker TL, Silva JR. Molecular Pathology of Sodium Channel Beta-Subunit Variants. *Front Pharmacol.* 2021;12:761275.
36. Kanai M, Toyohara K, Shoda M. Familial atrial rapid fibrillation associated with double mutations of SCN5A and KCNQ1. *Cardiol Young.* 2021;31(8):1356–8.
37. Wu SH, Wang XH, Xu YJ, Gu JN, Yang CX, Qiao Q, i sur. ISL1 loss-of-function variation causes familial atrial fibrillation. *Eur J Med Genet.* 2020;63(11):104029.
38. Heidarali M, Bakhshandeh H, Fazelifar A, Haghjoo M. Clinical profile and outcome of familial versus non-familial atrial fibrillation. *Int J Cardiol.* 2020;314:70–4.
39. Truex RC, Bishof JK, Hoffman EL. Accessory atrioventricular muscle bundles of the developing human heart. *Anat Rec.* 1958;131(1):45–59.
40. Wolff L, Parkinson J, White PD. Bundle-branch block with short P-R interval in healthy young people prone to paroxysmal tachycardia. 1930. *Ann Noninvasive Electrocardiol Off J Int Soc Holter Noninvasive Electrocardiol Inc.* 2006;11(4):340–53.
41. Udink Ten Cate FE, Wiesner N, Trieschmann U, Khalil M, Sreeram N. Dyssynchronous ventricular activation in asymptomatic wolff-Parkinson-white syndrome: a risk factor for development of dilated cardiomyopathy. *Indian Pacing Electrophysiol J.* 2010;10(6):248–56.
42. Janson CM, Millenson ME, Okunowo O, Dai D, Christmyer Z, Tan RB, i sur. Incidence of life-threatening events in children with Wolff-Parkinson-White syndrome: Analysis of a large claims database. *Heart Rhythm.* 2022;19(4):642–7.
43. Campbell RW, Smith RA, Gallagher JJ, Pritchett EL, Wallace AG. Atrial fibrillation in the preexcitation syndrome. *Am J Cardiol.* 1977;40(4):514–20.
44. Sharma AD, Klein GJ, Guiraudon GM, Milstein S. Atrial fibrillation in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome: incidence after surgical ablation of the accessory pathway. *Circulation.* 1985;72(1):161–9.

45. Centurion OA. Atrial Fibrillation in the Wolff-Parkinson-White Syndrome. *J Atr Fibrillation*. 2011;4(1):287.
46. Munger TM, Packer DL, Hammill SC, Feldman BJ, Bailey KR, Ballard DJ, i sur. A population study of the natural history of Wolff-Parkinson-White syndrome in Olmsted County, Minnesota, 1953-1989. *Circulation*. 1993;87(3):866–73.
47. Santinelli V, Radinovic A, Manguso F, Vicedomini G, Gulletta S, Paglino G, i sur. The natural history of asymptomatic ventricular pre-excitation a long-term prospective follow-up study of 184 asymptomatic children. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(3):275–80.
48. Kruchina TK, Vasichkina ES, Egorov DF, Tatarskiĭ BA. [Asymptomatic ventricular pre-excitation in children: a 17 year follow-up study]. *Kardiologiya*. 2012;52(5):30–6.
49. Timmermans C, Smeets JL, Rodriguez LM, Vrochos G, van den Dool A, Wellens HJ. Aborted sudden death in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am J Cardiol*. 1995;76(7):492–4.
50. Di Mambro C, Russo MS, Righi D, Placidi S, Palmieri R, Silvetti MS, i sur. Ventricular pre-excitation: symptomatic and asymptomatic children have the same potential risk of sudden cardiac death. *Eur Eur Pacing Arrhythm Card Electrophysiol J Work Groups Card Pacing Arrhythm Card Cell Electrophysiol Eur Soc Cardiol*. 2015;17(4):617–21.
51. Delise P, Sciarra L. Sudden Cardiac Death in Patients with Ventricular Preexcitation. *Card Electrophysiol Clin*. 2020;12(4):519–25.
52. Pappone C, Radinovic A, Santinelli V. Sudden death and ventricular preexcitation: is it necessary to treat the asymptomatic patients? *Curr Pharm Des*. 2008;14(8):762–5.
53. Gonzalez MD, Contreras L, Cardona F, Klugewicz C, Erga KS. V-A block during atrioventricular nodal reentrant tachycardia: reentry confined to the AV node. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2003;26(3):775–7.
54. Morihisa K, Yamabe H, Uemura T, Tanaka Y, Enomoto K, Kawano H, i sur. Analysis of Atrioventricular Nodal Reentrant Tachycardia with Variable Ventriculoatrial Block: Characteristics of the Upper Common Pathway. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2009;32(4):484–93.
55. Costantini M, Carbone V, Costantini L. [Dual atrioventricular nodal pathways: physiology, arrhythmic findings, and electrocardiographic manifestations]. *G Ital Cardiol* 2006. 2018;19(4):222–31.

56. Denes P, Wu D, Dhingra R, Amat-y-Leon F, Wyndham C, Rosen KM. Dual atrioventricular nodal pathways. A common electrophysiological response. *Br Heart J*. 1975;37(10):1069–76.
57. Denes P, Wu D, Dhingra RC, Chuquimia R, Rosen KM. Demonstration of Dual A-V Nodal Pathways in Patients with Paroxysmal Supraventricular Tachycardia. *Circulation*. 1973;48(3):549–55.
58. Markowitz SM, Lerman BB. A contemporary view of atrioventricular nodal physiology. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing*. 2018;52(3):271–9.
59. Marzlin KM. Atrioventricular Nodal Reentrant Tachycardia. *AACN Adv Crit Care*. 2017;28(1):84–8.
60. Yamaguchi T, Tsuchiya T, Nagamoto Y, Miyamoto K, Sadamatsu K, Tanioka Y, i sur. Anatomical and electrophysiological variations of Koch’s triangle and the impact on the slow pathway ablation in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia: a study using 3D mapping. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing*. 2013;37(1):111–20.
61. Katsura D, Tsuji S, Tokoro S, Hoshiyama T, Hoshino S, Furukawa O, i sur. Atypical fetal junctional ectopic tachycardia: a case report and literature review. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2022;22(1):311.
62. Kylat RI, Samson RA. Junctional ectopic tachycardia in infants and children. *J Arrhythmia*. 2020;36(1):59–66.
63. Alotaibi RK, Saleem AS, Alsharef FF, Alnemer ZA, Saber YM, Abdelmohsen GA, i sur. Risk factors of early postoperative cardiac arrhythmia after pediatric cardiac surgery: A single-center experience. *Saudi Med J*. 2022;43(10):1111–9.
64. Ishaque S, Akhtar S, Ladak AA, Martins RS, Memon MKY, Kazmi AR, i sur. Early postoperative arrhythmias after pediatric congenital heart disease surgery: a 5-year audit from a lower- to middle-income country. *Acute Crit Care*. 2022;37(2):217–23.
65. Affolter JT, Well A, Gottlieb EA, Fraser CD. Routine Perioperative Esmolol After Infant Tetralogy of Fallot Repair: Single-Center Retrospective Study of Hemodynamics. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2022 Oct 6;
66. Izumi G, Takeda A, Yamazawa H, Kato N, Kato H, Tachibana T, i sur. Perioperative junctional ectopic tachycardia associated with congenital heart disease: risk factors and appropriate interventions. *Heart Vessels*. 2022;37(10):1792–800.

67. Memon D, Larkin E, Varghese M. Congenital junctional ectopic tachycardia in the paediatric emergency department. *Cardiol Young*. 2022;1–3.
68. Tulino D, Dattilo G, Tulino V, Marte F, Patanè S. A congenital form of junctional ectopic tachycardia. *Int J Cardiol*. 2010;145(2):e54–6.
69. Dubin AM, Cuneo BF, Strasburger JF, Wakai RT, Van Hare GF, Rosenthal DN. Congenital junctional ectopic tachycardia and congenital complete atrioventricular block: a shared etiology? *Heart Rhythm*. 2005;2(3):313–5.
70. Di Marco GM, De Nigris A, Pepe A, Pagano A, Di Nardo G, Tipo V. Ivabradine-Flecainide as Breakthrough Drug Combination for Congenital Junctional Ectopic Tachycardia: A Case Report and Literature Review. *Pediatr Rep*. 2021;13(4):624–31.
71. Collins KK, Van Hare GF, Kertesz NJ, Law IH, Bar-Cohen Y, Dubin AM, i sur. Pediatric Nonpost-Operative Junctional Ectopic Tachycardia. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(8):690–7.
72. Villain E, Vetter VL, Garcia JM, Herre J, Cifarelli A, Garson A. Evolving concepts in the management of congenital junctional ectopic tachycardia. A multicenter study. *Circulation*. 1990;81(5):1544–9.
73. Devaprasath S, Buddhavarapu S, Mariam S, Krishna MR. Ivabradine monotherapy in congenital junctional ectopic tachycardia. *Ann Pediatr Cardiol*. 2022;15(1):61–3.
74. Alasti M, Mirzaee S, Machado C, Healy S, Bittinger L, Adam D, i sur. Junctional ectopic tachycardia (JET). *J Arrhythmia*. 2020;36(5):837–44.
75. Leslie AC, Cortez D. Successful cryoablation of junctional ectopic tachycardia is feasible in a 13.4kg, 18-month-old toddler. *Indian Pacing Electrophysiol J*. 2022;22(5):238–40.
76. Oesterle A, Lee AC, Voskoboinik A, Moss JD, Vedantham V, Walters TE, i sur. Electrophysiologic approach to diagnosis and ablation of patients with permanent junctional reciprocating tachycardia associated with complex anatomy and/or physiology. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2020;31(12):3232–42.
77. Herranz Barbero A, Cesar S, Martinez-Osorio J, Margarit A, Moreno J, Campuzano O, i sur. Long-term outcome of neonates and infants with permanent junctional reciprocating tachycardia. When cardiac ablation changes natural history. *J Electrocardiol*. 2019;56:85–9.
78. Ouarda F, Drissa M, Hakim K, Msaad H. Fetal Persistent junctional reciprocating tachycardia : a diagnostic and a therapeutic challenge. *Tunis Med*. 2019;97(3):500–3.

79. Pike JJ, Greene EA. Fetal and Neonatal Supraventricular Tachyarrhythmias. *NeoReviews*. 2012;13(10):e605–14.
80. Picchio FM, Prandstraller D, Bronzetti G, Cervi E. Follow-up of neonates with foetal and neonatal arrhythmias. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2012;25(sup4):45–45.
81. Aykan HH, Karagoz T, Akin A, Irdem A, Ozer S, Celiker A. Results of radiofrequency ablation in children with tachycardia-induced cardiomyopathy. *Anadolu Kardiyol Derg Anatol J Cardiol*. 2014;14(7):625–30.
82. Akdeniz C, Ergul Y, Kiplapinar N, Tuzcu V. Catheter ablation of drug resistant supraventricular tachycardia in neonates and infants. *Cardiol J*. 2013;20(3):241–6.
83. Vaksman G. Permanent junctional reciprocating tachycardia in children: a multicentre study on clinical profile and outcome. *Heart*. 2006;92(1):101–4.
84. Aguinaga L, Primo J, Anguera I, Mont L, Valentino M, Brugada P, i sur. Long-Term Follow-Up in Patients with the Permanent Form of Junctional Reciprocating Tachycardia Treated with Radiofrequency Ablation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1998;21(11):2073–8.
85. Ilhan O, Hakan N, Kayilioglu H, Kirli U, Karacan M, Olgun H. Treatment of Permanent Junctional Reciprocating Tachycardia in a Preterm Neonate: Case Report. *J Pediatr Intensive Care*. 2021;10(4):317–22.
86. Gökoğlan Y, Vurgun VK, Kabul HK, Görmel S, Yaşar S, Asil S, i sur. Radiofrequency catheter ablation of patients with permanent junctional reciprocating tachycardia and long-term follow-up results. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing*. 2022;63(2):461–9.
87. Klewer J, Springer J, Morshedzadeh J. Premature Ventricular Contractions (PVCs): A Narrative Review. *Am J Med*. 2022;135(11):1300–5.
88. Huizar JF, Tan AY, Kaszala K, Ellenbogen KA. Clinical and translational insights on premature ventricular contractions and PVC-induced cardiomyopathy. *Prog Cardiovasc Dis*. 2021;66:17–27.
89. Mathew S, Schmitt J, Bogossian H. [Prognostic significance of premature ventricular contractions : Harmless or life-threatening?]. *Herzschrittmachertherapie Elektrophysiologie*. 2021;32(1):14–20.
90. Lee A, Walters TE, Gerstenfeld EP, Haqqani HM. Frequent Ventricular Ectopy: Implications and Outcomes. *Heart Lung Circ*. 2019;28(1):178–90.
91. Panizo JG, Barra S, Mellor G, Heck P, Agarwal S. Premature Ventricular Complex-induced Cardiomyopathy. *Arrhythmia Electrophysiol Rev*. 2018;7(2):128–34.

92. Baman TS, Lange DC, Ilg KJ, Gupta SK, Liu TY, Alguire C, i sur. Relationship between burden of premature ventricular complexes and left ventricular function. *Heart Rhythm*. 2010;7(7):865–9.
93. Muresan L, Cismaru G, Muresan C, Rosu R, Gusetu G, Puiu M, i sur. Beta-blockers for the treatment of arrhythmias: Bisoprolol - a systematic review. *Ann Pharm Fr*. 2022;80(5):617–34.
94. Lavalle C, Trivigno S, Vetta G, Magnocavallo M, Mariani MV, Santini L, i sur. Flecainide in Ventricular Arrhythmias: From Old Myths to New Perspectives. *J Clin Med*. 2021;10(16):3696.
95. Dragasis S, Vlachos K, Frontera A, Mililis P, Saplaouras A, Zygouri A, i sur. Modern mapping and ablation of idiopathic outflow tract ventricular arrhythmias. *Rev Cardiovasc Med*. 2022;23(3):103.
96. Stevenson WG, Sapp JL. Newer Methods for Ventricular Tachycardia Ablation and When to Use Them. *Can J Cardiol*. 2022;38(4):502–14.
97. Hadjis A, Frontera A, Limite LR, Lipartiti F, Tsitsinakis G, Vlachos K, i sur. Landing on the spot: Approaches to outflow tract PVCs; from ECG to EGMs to intracardiac echocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2021;44(8):1449–63.
98. Harris AS. Delayed development of ventricular ectopic rhythms following experimental coronary occlusion. *Circulation*. 1950;1(6):1318–28.
99. Reynolds JL, Pickoffrid AS. Accelerated Ventricular Rhythm in Children: A Review and Report of a Case with Congenital Heart Disease. *Pediatr Cardiol*. 2001;22(1):23–8.
100. Riera ARP, Barros RB, de Sousa FD, Baranchuk A. Accelerated idioventricular rhythm: history and chronology of the main discoveries. *Indian Pacing Electrophysiol J*. 2010;10(1):40–8.
101. Wang L, Liu H, Zhu C, Gu K, Yang G, Chen H, i sur. Clinical characteristics and therapeutic strategy of frequent accelerated idioventricular rhythm. *BMC Cardiovasc Disord*. 2021;21(1):425.
102. MacLellan-Tobert SG, Porter CJ. Accelerated idioventricular rhythm: a benign arrhythmia in childhood. *Pediatrics*. 1995;96(1 Pt 1):122–5.
103. Ohe T, Shimomura K, Aihara N, Kamakura S, Matsuhisa M, Sato I, i sur. Idiopathic sustained left ventricular tachycardia: clinical and electrophysiologic characteristics. *Circulation*. 1988;77(3):560–8.

104. Morishima I, Nogami A, Tsuboi H, Sone T. Verapamil-sensitive left anterior fascicular ventricular tachycardia associated with a healed myocardial infarction: changes in the delayed Purkinje potential during sinus rhythm. *J Interv Card Electrophysiol*. 2008;22(3):233–7.
105. Nogami A, Naito S, Tada H, Oshima S, Taniguchi K, Aonuma K, i sur. Verapamil-sensitive left anterior fascicular ventricular tachycardia: results of radiofrequency ablation in six patients. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 1998;9(12):1269–78.
106. Talib AK, Nogami A, Nishiuchi S, Kowase S, Kurosaki K, Matsui Y, i sur. Verapamil-Sensitive Upper Septal Idiopathic Left Ventricular Tachycardia: Prevalence, Mechanism, and Electrophysiological Characteristics. *JACC Clin Electrophysiol*. 2015;1(5):369–80.
107. Belhassen B, Rotmensch HH, Laniado S. Response of recurrent sustained ventricular tachycardia to verapamil. *Br Heart J*. 1981;46(6):679–82.
108. Nogami A, Naito S, Tada H, Taniguchi K, Okamoto Y, Nishimura S, i sur. Demonstration of diastolic and presystolic Purkinje potentials as critical potentials in a macroreentry circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36(3):811–23.
109. Maruyama M, Tadera T, Miyamoto S, Ino T. Demonstration of the reentrant circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia: direct evidence for macroreentry as the underlying mechanism. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2001;12(8):968–72.
110. Kuo JY, Tai CT, Chiang CE, Yu WC, Huang JL, Hsieh MH, i sur. Is the fascicle of left bundle branch involved in the reentrant circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia? *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2003;26(10):1986–92.
111. Morishima I, Nogami A, Tsuboi H, Sone T. Negative participation of the left posterior fascicle in the reentry circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2012;23(5):556–9.
112. Ouyang F, Cappato R, Ernst S, Goya M, Volkmer M, Hebe J, i sur. Electroanatomic substrate of idiopathic left ventricular tachycardia: unidirectional block and macroreentry within the Purkinje network. *Circulation*. 2002;105(4):462–9.
113. Velázquez-Rodríguez E, García-Hernández N, Silva-Oropeza E, Jiménez-Arteaga S, Martínez-Sánchez A, Alva-Espinoza C, i sur. Idiopathic left fascicular ventricular tachycardia in children and adolescents. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2022;79(4):248–58.

114. Kehr J, Binfield A, Maxwell F, Hornung T, Skinner JR. Fascicular tachycardia in infancy and the use of verapamil: a case series and literature review. *Arch Dis Child.* 2019;104(8):789–92.
115. Brugada J, Blom N, Sarquella-Brugada G, Blomstrom-Lundqvist C, Deanfield J, Janousek J, i sur. Pharmacological and non-pharmacological therapy for arrhythmias in the pediatric population: EHRA and AEPC-Arrhythmia Working Group joint consensus statement. *EP Eur.* 2013;15(9):1337–82.
116. LaPage MJ, Bradley DJ, Dick M. Verapamil in Infants: An Exaggerated Fear? *Pediatr Cardiol.* 2013;34(7):1532–4.
117. Nogami A, Phanthawimol W, Haruna T. Catheter Ablation for Ventricular Tachycardia Involving the His-Purkinje System: Fascicular and Bundle Branch Reentrant Ventricular Tachycardia. *Card Electrophysiol Clin.* 2022;14(4):633–56.
118. Nakagawa H, Beckman KJ, McClelland JH, Wang X, Arruda M, Santoro I, i sur. Radiofrequency catheter ablation of idiopathic left ventricular tachycardia guided by a Purkinje potential. *Circulation.* 1993;88(6):2607–17.
119. Sung RK, Boyden PA, Higuchi S, Scheinman M. Diagnosis and Management of Complex Reentrant Arrhythmias Involving the His-Purkinje System. *Arrhythmia Electrophysiol Rev.* 2021;10(3):190–7.
120. Collins KK, Schaffer MS, Liberman L, Saarel E, Knecht M, Tanel RE, i sur. Fascicular and Nonfascicular Left Ventricular Tachycardias in the Young: An International Multicenter Study: Left Ventricular Tachycardia in Pediatrics. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2013;24(6):640–8.
121. Tsuchiya T, Okumura K, Honda T, Honda T, Iwasa A, Yasue H, i sur. Significance of Late Diastolic Potential Preceding Purkinje Potential in Verapamil-Sensitive Idiopathic Left Ventricular Tachycardia. *Circulation.* 1999;99(18):2408–13.
122. Kottkamp H, Chen X, Hindricks G, Willems S, Haverkamp W, Wichter T, i sur. Idiopathic Left Ventricular Tachycardia: New Insights, into Electrophysiological Characteristics and Radiofrequency Catheter Ablation. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1995;18(6):1285–97.
123. Chen M, Yang B, Zou J, Shan Q, Chen C, Xu D, i sur. Non-contact mapping and linear ablation of the left posterior fascicle during sinus rhythm in the treatment of idiopathic left ventricular tachycardia. *Europace.* 2005;7(2):138–44.

124. Lin D, Hsia HH, Gerstenfeld EP, Dixit S, Callans DJ, Nayak H, i sur. Idiopathic fascicular left ventricular tachycardia: Linear ablation lesion strategy for noninducible or nonsustained tachycardia. *Heart Rhythm*. 2005;2(9):934–9.
125. Zhao L, Li R, Zhang J, Xie R, Lu J, Liu J, i sur. Clinical Characteristics of Patients with Arrhythmias of the Idiopathic Outflow Tract Ventricular: Age, Gender, Comorbidities, Laboratory Test Results, and Echocardiographic Parameters. *Altern Ther Health Med*. 2022;28(6):88–95.
126. Yamada T, Doppalapudi H, Maddox WR, McElderry HT, Plumb VJ, Kay GN. Prevalence and Electrocardiographic and Electrophysiological Characteristics of Idiopathic Ventricular Arrhythmias Originating From Intramural Foci in the Left Ventricular Outflow Tract. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2016;9(9):e004079.
127. Liang JJ, Shirai Y, Lin A, Dixit S. Idiopathic Outflow Tract Ventricular Arrhythmia Ablation: Pearls and Pitfalls. *Arrhythmia Electrophysiol Rev*. 2019;8(2):116–21.
128. Crescenzi C, Panattoni G, Stazi A, Martino A, Sgueglia M, De Ruvo E, i sur. Ventricular arrhythmias and risk stratification of cardiac sudden death in athletes. *Minerva Cardioangiol*. 2020;68(2):110–22.
129. Saba MM, Li A. Mapping and Ablation of Ventricular Outflow Tract Arrhythmias. *Card Electrophysiol Clin*. 2019;11(4):597–607.
130. van den Bruck J, Lüker J, Sultan A, Filipovic K, Scheurlen C, Froch-Cordis J, i sur. [Anatomy for ablation of ventricular extrasystoles and tachycardia in the right ventricle]. *Herzschrittmachertherapie Elektrophysiologie*. 2022;33(2):148–53.
131. Yamada T. Techniques for Catheter Ablation of Idiopathic Ventricular Arrhythmias Originating from the Outflow Tract and Left Ventricular Summit. *Card Electrophysiol Clin*. 2022;14(4):621–31.
132. Cheung JW, Anderson RH, Markowitz SM, Lerman BB. Catheter Ablation of Arrhythmias Originating From the Left Ventricular Outflow Tract. *JACC Clin Electrophysiol*. 2019;5(1):1–12.
133. Pathak RK, Ariyaratna N, Garcia FC, Sanders P, Marchlinski FE. Catheter Ablation of Idiopathic Ventricular Arrhythmias. *Heart Lung Circ*. 2019;28(1):102–9.
134. Payne L, Zeigler VL, Gillette PC. Acute cardiac arrhythmias following surgery for congenital heart disease: mechanisms, diagnostic tools, and management. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2011;23(2):255–72.

135. Kverneland LS, Kramer P, Ovroutski S. Five decades of the Fontan operation: A systematic review of international reports on outcomes after univentricular palliation. *Congenit Heart Dis.* 2018;13(2):181–93.
136. Li D, Fan Q, Hirata Y, Ono M, An Q. Arrhythmias After Fontan Operation with Intra-atrial Lateral Tunnel Versus Extra-cardiac Conduit: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pediatr Cardiol.* 2017;38(4):873–80.
137. Alp H, Narin C, Baysal T, Sarıgül A. Prevalence of and risk factors for early postoperative arrhythmia in children after cardiac surgery. *Pediatr Int Off J Jpn Pediatr Soc.* 2014;56(1):19–23.
138. Braunstein PW, Sade RM, Gillette PC. Life-threatening postoperative junctional ectopic tachycardia. *Ann Thorac Surg.* 1992;53(4):726–8.
139. Sanatani S, Cunningham T, Khairy P, Cohen MI, Hamilton RM, Ackerman MJ. The Current State and Future Potential of Pediatric and Congenital Electrophysiology. *JACC Clin Electrophysiol.* 2017;3(3):195–206.
140. Durrer D, Schoo L, Schuilenburg RM, Wellens HJ. The role of premature beats in the initiation and the termination of supraventricular tachycardia in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Circulation.* 1967;36(5):644–62.
141. Wellens HJ. Value and limitations of programmed electrical stimulation of the heart in the study and treatment of tachycardias. *Circulation.* 1978;57(5):845–53.
142. Olsson A, Darpö B, Bergfeldt L, Rosenqvist M. Frequency and long term follow up of valvar insufficiency caused by retrograde aortic radiofrequency catheter ablation procedures. *Heart Br Card Soc.* 1999;81(3):292–6.
143. Clark J, Bockoven JR, Lane J, Patel CR, Smith G. Use of three-dimensional catheter guidance and trans-esophageal echocardiography to eliminate fluoroscopy in catheter ablation of left-sided accessory pathways. *Pacing Clin Electrophysiol PACE.* 2008;31(3):283–9.
144. Bigelow AM, Smith G, Clark JM. Catheter Ablation Without Fluoroscopy: Current Techniques And Future Direction. *J Atr Fibrillation.* 2014;6(6):1066.
145. Jan M, Žižek D, Rupar K, Mazić U, Kuhelj D, Lakič N, i sur. Fluoroless catheter ablation of various right and left sided supra-ventricular tachycardias in children and adolescents. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2016;32(11):1609–16.

146. Miyamoto K, Kapa S, Mulpuru SK, Deshmukh AJ, Asirvatham SJ, Munger TM, i sur. Outcome of combined cryo- and radiofrequency-catheter ablation in patients with supraventricular tachycardias. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019;30(10):1960–6.
147. Nakagawa H, Ikeda A, Yokoyama K, An Y, Hussein AA, Saliba WI, i sur. Improvement in Lesion Formation with Radiofrequency Energy and Utilization of Alternate Energy Sources (Cryoablation and Pulsed Field Ablation) for Ventricular Arrhythmia Ablation. *Card Electrophysiol Clin*. 2022;14(4):757–67.
148. Noten AME, Kammeraad JAE, Ramdat Misier NL, Wijchers S, van Beynum IM, Dalinghaus M, i sur. Remote magnetic navigation shows superior long-term outcomes in pediatric atrioventricular (nodal) tachycardia ablation compared to manual radiofrequency and cryoablation. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2021;37:100881.
149. Katriasis DG, Hygeia Hospital, Athens, Greece, Katriasis DG, Hygeia Hospital, Athens, Greece. Catheter Ablation of Atrioventricular Nodal Re-entrant Tachycardia: Facts and Fiction. *Arrhythmia Electrophysiol Rev*. 2018;7(4):230.
150. Joseph JP, Rajappan K. Radiofrequency ablation of cardiac arrhythmias: past, present and future. *QJM Mon J Assoc Physicians*. 2012;105(4):303–14.
151. Raatikainen MJP, Arnar DO, Merkely B, Nielsen JC, Hindricks G, Heidbuchel H, i sur. A Decade of Information on the Use of Cardiac Implantable Electronic Devices and Interventional Electrophysiological Procedures in the European Society of Cardiology Countries: 2017 Report from the European Heart Rhythm Association. *EP Eur*. 2017;19(suppl_2):iii1–90.
152. Heidbuchel H, Wittkampf FHM, Vano E, Ernst S, Schilling R, Picano E, i sur. Practical ways to reduce radiation dose for patients and staff during device implantations and electrophysiological procedures. *EP Eur*. 2014;16(7):946–64.
153. Picano E, Vano E. The radiation issue in cardiology: the time for action is now. *Cardiovasc Ultrasound*. 2011;9:35.
154. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, Dixon RL, Ferrari VA, Gomes AS, i sur. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. *Circulation*. 2009;119(7):1056–65.
155. McFadden SL, Mooney RB, Shepherd PH. X-ray dose and associated risks from radiofrequency catheter ablation procedures. *Br J Radiol*. 2002;75(891):253–65.

156. Valentin J. Abstract: Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures, ICRP Publication 85. *Ann ICRP*. 2000;30(2):7–7.
157. Petoussi-Hens N, Bolch WE, Eckerman KF, Endo A, Hertel N, Hunt J, i sur. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. Clement CH, ur. *Ann ICRP*. 2010;40(2–5):1–257.
158. Valentin J, ur. *The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Oxford: Elsevier; 2007.
159. Patient dosimetry for x rays used in medical imaging. *J ICRU*. 2005;5(2):iv–vi.
160. International Atomic Energy Agency. *Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice* [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2007 [pristupljeno 01.02.2023.]. Dostupno na: <https://www.iaea.org/publications/7638/dosimetry-in-diagnostic-radiology-an-international-code-of-practice>
161. Vaňo E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, i sur. Diagnostic reference levels in medical imaging. Clement CH, Ogino H, ur. Thousand Oaks (CA): SAGE; 2017.
162. European Commission, Directorate-General for Energy. *European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging*. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2018.
163. Riche M, Monfraix S, Balduyck S, Voglimacci-Stephanopoli Q, Rollin A, Mondoly P, i sur. Radiation dose during catheter ablation in children using a low fluoroscopy frame rate. *Arch Cardiovasc Dis*. 2022;115(3):151–9.
164. Papagiannis J, Tsoutsinos A, Kirvassilis G, Sofianidou I, Koussi T, Laskari C, i sur. Nonfluoroscopic catheter navigation for radiofrequency catheter ablation of supraventricular tachycardia in children. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2006;29(9):971–8.
165. Smith G, Clark JM. Elimination of fluoroscopy use in a pediatric electrophysiology laboratory utilizing three-dimensional mapping. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2007;30(4):510–8.
166. Miyake CY, Mah DY, Atallah J, Oikle HP, Melgar ML, Alexander ME, i sur. Nonfluoroscopic imaging systems reduce radiation exposure in children undergoing ablation of supraventricular tachycardia. *Heart Rhythm*. 2011;8(4):519–25.
167. Ozyilmaz I, Ergul Y, Akdeniz C, Ozturk E, Tanidir IC, Tuzcu V. Catheter ablation of idiopathic ventricular tachycardia in children using the EnSite NavX system with/without fluoroscopy. *Cardiol Young*. 2014;24(5):886–92.

168. Tuzcu V. Significant reduction of fluoroscopy in pediatric catheter ablation procedures: long-term experience from a single center. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2012;35(9):1067–73.
169. Von Bergen NH, Bansal S, Gingerich J, Law IH. Nonfluoroscopic and radiation-limited ablation of ventricular arrhythmias in children and young adults: a case series. *Pediatr Cardiol*. 2011;32(6):743–7.
170. Elkiran O, Akdeniz C, Karacan M, Tuzcu V. Electroanatomic mapping-guided catheter ablation of atrial tachycardia in children with limited/zero fluoroscopy. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2019;42(4):453–7.
171. Koca S, Paç FA, Eriş D, Zabun MM, Özeke Ö, Özcan F. Electroanatomic mapping-guided pediatric catheter ablation with limited/zero fluoroscopy. *Anatol J Cardiol*. 2018;20(3):159–64.
172. Koca S, Akdeniz C, Tuzcu V. Catheter ablation for supraventricular tachycardia in children ≤ 20 kg using an electroanatomical system. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing*. 2019;55(1):99–104.
173. Kipp RT, Boynton JR, Field ME, Wang JF, Bares A, Leal MA, i sur. Outcomes During Intended Fluoroscopy-free Ablation in Adults and Children. *J Innov Card Rhythm Manag*. 2018;9:3305–11.
174. Jiang H, Li XM, Li MT, Zheng XC, Liu HJ, Zhang Y, i sur. [3D electronic anatomy mapping guided radiofrequency catheter ablation in 95 children with atrioventricular nodal reentrant tachycardia]. *Zhonghua Er Ke Za Zhi Chin J Pediatr*. 2018;56(9):674–9.
175. Dubin AM, Jorgensen NW, Radbill AE, Bradley DJ, Silva JN, Tsao S, i sur. What have we learned in the last 20 years? A comparison of a modern era pediatric and congenital catheter ablation registry to previous pediatric ablation registries. *Heart Rhythm*. 2019;16(1):57–63.
176. Del Carpio Munoz F, Buescher TL, Asirvatham SJ. Three-dimensional mapping of cardiac arrhythmias: what do the colors really mean? *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2010;3(6):e6-11.
177. Pass RH, Gates GG, Gellis LA, Nappo L, Ceresnak SR. Reducing patient radiation exposure during paediatric SVT ablations: use of CARTO® 3 in concert with ‘ALARA’ principles profoundly lowers total dose. *Cardiol Young*. 2015;25(5):963–8.

178. Nagaraju L, Menon D, Aziz PF. Use of 3D Electroanatomical Navigation (CARTO-3) to Minimize or Eliminate Fluoroscopy Use in the Ablation of Pediatric Supraventricular Tachyarrhythmias. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2016;39(6):574–80.
179. See J, Amora JL, Lee S, Lim P, Teo WS, Tan BY, i sur. Non-fluoroscopic navigation systems for radiofrequency catheter ablation for supraventricular tachycardia reduce ionising radiation exposure. *Singapore Med J*. 2016;57(7):390–5.
180. Clark BC, Sumihara K, McCarter R, Berul CI, Moak JP. Getting to zero: impact of electroanatomical mapping on fluoroscopy use in pediatric catheter ablation. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing*. 2016;46(2):183–9.
181. Hill KD, Frush DP, Han BK, Abbott BG, Armstrong AK, DeKemp RA, i sur. Radiation Safety in Children With Congenital and Acquired Heart Disease. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(7):797–818.
182. Rahman M, Moore JP, Papagiannis J, Smith G, Anderson C, Shannon KM, i sur. Utilising electroanatomic mapping during ablation in patients with CHD to reduce radiation exposure. *Cardiol Young*. 2022;32(10):1580–4.
183. Buytaert D, Vandekerckhove K, Panzer J, Rubbens L, De Wolf D, Bacher K. Local DRLs and automated risk estimation in paediatric interventional cardiology. *PloS One*. 2019;14(7):e0220359. doi: 10.1371/journal.pone.0220359
184. Almén A, Guðjónsdóttir J, Heimland N, Højgaard B, Waltenburg H, Widmark A. Establishing paediatric diagnostic reference levels using reference curves – A feasibility study including conventional and CT examinations. *Phys Med*. 2021;87:65–72.
185. Papez AL, Al-Ahdab M, Dick M, Fischbach PS. Impact of a computer assisted navigation system on radiation exposure during pediatric ablation procedures. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing*. 2007;19(2):121–7.
186. Tuzcu V. A nonfluoroscopic approach for electrophysiology and catheter ablation procedures using a three-dimensional navigation system. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2007;30(4):519–25.
187. Ubeda C, Vano E, Perez MD, Jiménez P, Ramirez R, Nader A, i sur. Setting up regional diagnostic reference levels for pediatric interventional cardiology in Latin America and the Caribbean countries: preliminary results and identified challenges. *J Radiol Prot*. 2022;42(3):031513.

188. Bacher K, Bogaert E, Lapere R, De Wolf D, Thierens H. Patient-Specific Dose and Radiation Risk Estimation in Pediatric Cardiac Catheterization. *Circulation*. 2005;111(1):83–9.
189. Glatz AC, Patel A, Zhu X, Dori Y, Hanna BD, Gillespie MJ, i sur. Patient radiation exposure in a modern, large-volume, pediatric cardiac catheterization laboratory. *Pediatr Cardiol*. 2014;35(5):870–8.
190. Gellis LA, Ceresnak SR, Gates GJ, Nappo L, Pass RH. Reducing patient radiation dosage during pediatric SVT ablations using an ‘ALARA’ radiation reduction protocol in the modern fluoroscopic era. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2013;36(6):688–94.
191. Patel AR, Ganley J, Zhu X, Rome JJ, Shah M, Glatz AC. Radiation safety protocol using real-time dose reporting reduces patient exposure in pediatric electrophysiology procedures. *Pediatr Cardiol*. 2014;35(7):1116–23.
192. Casella M, Dello Russo A, Pelargonio G, Del Greco M, Zingarini G, Piacenti M, i sur. Near zero fluoroscopic exposure during catheter ablation of supraventricular arrhythmias: the NO-PARTY multicentre randomized trial. *Eur Eur Pacing Arrhythm Card Electrophysiol J Work Groups Card Pacing Arrhythm Card Cell Electrophysiol Eur Soc Cardiol*. 2016;18(10):1565–72.
193. Earl VJ, Potter AOG, Perdomo AA. Effective doses for common paediatric diagnostic general radiography examinations at a major Australian paediatric hospital and the communication of associated radiation risks. *J Med Radiat Sci*. 2022.
194. Rahman M, Smith G, Johnsrude C, LaPage M, Moore J, Shannon K, i sur. Transseptal puncture during catheter ablation associated with higher radiation exposure. *Cardiol Young*. 2023;33(5):754–9.

11. ŽIVOTOPIS

Nikola Krmek je rođen 29.11.1982.g. u Metkoviću. U istom gradu je završio Jezičnu gimnaziju, a potom upisao Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu gdje je diplomirao 2007.g. među 10 % najuspješnijih studenata generacije. Dobitnik je Dekanove nagrade za znanstveni rad. Nakon staža i položenog stručnog ispita započinje specijalizaciju iz pedijatrije na Klinici za pedijatriju KBC-a Sestre milosrdnice. Specijalistički ispit je položio 2013.g. Od tada radi na Odjelu za dječju kardiologiju iste ustanove. Užu specijalizaciju iz dječje kardiologije odradio je od 2014. do 2016.g. Za vrijeme uže specijalizacije započinje i edukaciju iz invazivne kardiologije. Od 2016. g. uključen je u edukaciju iz elektrofiziologije u Laboratoriju za elektrofiziologiju srca KBC-a Sestre milosrdnice. U 2017.g. proveo je 6 mjeseci u Budimpešti u pedijatrijskom elektrofiziološkom laboratoriju kod dr. Laszlo Kornyeia. U istoj godini prolazi kraće edukacije u više europskih pedijatrijskih elektrofizioloških centara. Od 2018. godine provodi elektrofiziološke postupke te hemodinamske kateterizacije kod djece. U rujnu 2023. godine od strane Ministarstva zdravstva priznat mu je naziv primarijus. Objavio je više znanstvenih članaka, sudjelovao je aktivno na domaćim i inozemnim stručnim kongresima. Koautor je poglavlja u 3 sveučilišna udžbenika te u jednoj knjizi u izdanju izdavačke kuće Springer.