

# Intervencijski zahvati pod CT-om

---

Jemrić, Nika

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:923557>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-12**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Nika Jemrić**

# **Intervencijski zahvati pod CT-om**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb 2020.**

Ovaj diplomski rad izrađen je u Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju Kliničke bolnice Merkur pod vodstvom doc. dr. sc. Jelene Popić i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2019./2020.

## **Kratice**

UZV – ultrazvučna sonografija

RTG – Rendgen snimanje

CT – kompjutorizirana tomografija

PET – pozitronska emisijska tomografija

MR – magnetna rezonancija

EVAR – endovaskularna reparacija aneurizme

DSA – digitalna substrakcijska angiografija

G – Gauge

RFA – radiofrekvencijska ablacija

MWA – mikrovalna ablacija

PEI – perkutana injekcija etanola

HCC – hepatocelularni karcinom

HBV – virus hepatitisa B

HCV – virus hepatitisa C

TACE – transarterijska kemoembolizacije

TARE – transarterijska radioembolizacija

ECOG - Eastern Cooperative Oncology group

mGy – miliGray

mSv – miliSievert

EM polje – elektromagnetno polje

GPS – global positioning system

# Sadržaj

## SAŽETAK

## SUMMARY

1 UVOD .....	1
2 INTERVENCIJSKA RADIOLOGIJA .....	2
2.1 Vaskularne intervencije .....	3
2.2 Nevaskularne intervencije .....	3
2.2.1 Biopsija .....	4
2.2.2 Drenaža .....	6
2.2.3 Ablacija .....	7
2.3 Primjena tehnologije u intervencijskoj radiologiji .....	8
3 INTERVENCIJE POD KOMPJUTORIZIRANOM TOMOGRAFIJOM .....	10
3.1 Kompjutorizirana tomografija .....	10
3.1.1 CT Fluoroskopija .....	11
3.2 Primjena kompjutorizirane tomografije u intervencijskoj radiologiji .....	12
3.2.1 Glava i vrat .....	12
3.2.2 Toraks .....	13
3.2.3 Abdomen .....	15
3.2.4 Pelvis .....	20
3.2.5 Retroperitonej .....	20
3.2.6 Ostalo .....	22
3.3 Otežavajući čimbenici kod korištenja kompjutorizirane tomografije kao alata za navođenje .....	23
4 DOZE ZRAČENJA .....	24
5 BUDUĆNOST PROCEDURA VOĐENIH KOMPJUTORIZIRANOM TOMOGRAFIJOM .....	25
6 ZAKLJUČAK .....	28
7 ZAHVALE .....	29
8 LITERATURA .....	30
9 ŽIVOTOPIS .....	37

## Sažetak

Intervencijski zahvati pod CT-om – Nika Jemrić

Moderna medicina sve više razvija minimalno invazivne postupke terapijskog pristupa. Velik broj tih postupaka vođen je dijagnostičkim slikovnim metodama. Intervencijska radiologija je subspecijalistička grana koja se koristi fluoroskopijom (dijaskopijom), ultrazvukom, kompjutoriziranom tomografijom (CT), magnetskom rezonancijom i hibridnim metodama za navođenje intervencijskih zahvata. Radiološke intervencije su visoko precizne i učinkovitije od drugih invazivnijih pristupa, a ujedno skraćuju boravak pacijenta u bolnici. Izbor kirurškog ili intervencijskog pristupa bolesti je individualiziran te se odluke donose unutar specijalističkog multidisciplinarnog tima. Velike je prednosti kao metoda navođenja pokazala upravo kompjutorizirana tomografija. CT je nezaobilazna metoda kod planiranja intervencije, lokalizacije lezije i kontrole pozicije instrumenata kao i postproceduralne evaluacije. Prednosti kompjutorizirane tomografije su visoka preciznost anatomske prikaza te vrlo dobra mogućnost lokalizacije teško vidljive lezije, a mane uključuju višu dozu zračenja i nedostatak prikaza u realnom vremenu. CT fluoroskopija omogućuje prikaz u gotovo realnom vremenu, ali se manje se koristi zbog visokih doza zračenja za pacijenta. Doza zračenja je predmet mnogih istraživanja te postoje načini pokušaja njenog smanjenja. Procedure za koje je kompjutorizirana tomografija najkorisnija su biopsija, drenaža i ablacija. Biopsija označava postupak uzimanja tkiva ili stanica za promatranje u dijagnostičke svrhe. Drenaža je proces evakuacije tekućine ili gnoja iz kolekcije ili apscesa u terapijske ili dijagnostičke svrhe. Podrazumijeva inserciju drenažnog katetera unutar kolekcije tekućine ili apscesa. Ablacija koristi toplinsku energiju ili ostale oblike energije za destrukciju tumorske mase vođena slikovnom metodom. Uključuje inserciju ablacijske probe unutar tumorske mase te time dolazi do interakcije s tkivom i njegove posljedične nekroze. U toraksu se CT kao metoda navođenja ističe kod biopsija, drenaža teško dostupnih apscesa i ablacija karcinoma pluća. U abdomenu se najviše koristi za ablaciju karcinoma jetre ili bubrega, drenažu teško dostupnih intraabdominalnih ili pelvičnih apscesa. Također se koristi za biopsije kostiju zdjelice. Razvoj u budućnosti uključuje mnoge nove tehnologije, neke od njih su navigacijski sustavi, robotska tehnologija i platforme za spajanje prikaza (*image fusion*).

Ključne riječi: intervencijska radiologija, kompjutorizirana tomografija, CT intervencije, biopsija, ablacija, drenaža

## Summary

CT-guided interventional procedures – Nika Jemrić

Considering the developments of modern medicine, more and more procedures are taking a minimally invasive approach. These procedures are guided by diagnostic imaging. Interventional radiology is a subspecialty which uses fluoroscopy (diascopy), ultrasound, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging and intuitive hybrid imaging modalities to guide the interventional procedures. Interventional procedures are highly precise, require a shorter hospital stay and are more effective than many more invasive methods of treatment. The choice of interventional over surgical approach remains individual and a multidisciplinary team must assess each patient. Computed tomography has been an invaluable asset as a guidance method. It is used in planning, lesion targeting and positioning of the instrument and postprocedural assessment. The main assets of computed tomography are high anatomical precision and accurate lesion visualization and targeting. There are some downsides, the main two being a high radiation dose and lack of real time imaging. CT fluoroscopy combines the advantages of conventional computed tomography and fluoroscopy, creating near real time imaging and has shorter procedure times. However, it implies a high radiation dose. Radiation dose and how to decrease it has been the focus of many research projects and practical guides have been created. Most frequent interventional procedures for use of computed tomography are percutaneous biopsy, drainage and ablation. Biopsy includes extraction of sample cells or tissues for examination. Drainage is an extraction process of liquid or pus for diagnostic or therapeutic purposes. It includes insertion of a drainage catheter into the collection or abscess. Ablation is an image guided procedure which uses thermal or non-thermal energy via an ablation probe for destruction of tumor masses by causing necrosis. Among intrathoracic procedures, computed tomography is most useful in biopsy, drainage or ablation of hard to reach lesions. Intraabdominally, it is mostly used for liver or kidney cancer ablation and both visceral and intraperitoneal abscess drainage. Finally, it is used for bone biopsy of the pelvis. The future of interventional radiology includes various new developments, some of which are different navigational systems, robot technology and image fusion.

Key words: interventional radiology, computed tomography, CT-guided interventions, biopsy, ablation, drainage

## 1.UVOD

Intervencijska radiologija je subspecijalistička grana radiologije, koja se koristi dijagnostičkim slikovnim metodama kao navođenjem pri minimalno invazivnim procedurama. Njen razvoj se bilježi već od sredine prošlog stoljeća. Prekretnica i osnova početka minimalno invazivnog vaskularnog pristupa bila je pojava Seldingerove metode uvođenja vaskularnog katetera putem žice vodilice (1). Ovaj događaj otvorio je brojna vrata za razvoj novih pristupa i tehnologija u dijagnostičkim i terapijskim postupcima. Razvoj moderne medicine teži sve efikasnijim i sve lakše provedivim i manje invazivnim terapijama i terapijskim postupcima. Neovisno o organskom sustavu vremenom se počelo primjenjivati sve više procedura minimalno invazivnog profila koje za prednost imaju vrlo visoku preciznost samog postupka, kraći oporavak pacijenta i kraći boravak u bolnici, te udobnost i sigurnost za pacijenta, pa samim time i veću efikasnost (2). Intervencijska radiologija je polje u velikoj mjeri ovisno o razvoju dostupne tehnologije i potrebne opreme. Stoga su razvoj sve sofisticiranijih slikovnih metoda i precizne opreme ključni za razvoj i samih procedura. Danas su dostupne brojne visoko sofisticirane slikovne metode – ultrazvučna dijagnostika ili sonografija (UZV), radiografija (RTG), kompjutorizirana tomografija (CT) te oslikavanje magnetskom rezonancijom (MR). Sve one imaju i svoju ulogu u minimalno invazivnim intervencijskim postupcima, prikazujući samu intervenciju u realnom vremenu te služe kao alati za navođenje. S obzirom na široku dostupnost većine ovih metoda, njihovo korištenje u intervencijske svrhe sve je češće. Minimalno invazivni pristup uz brojne prednosti ima i široku primjenu, te se koristi u gotovo svim organskim sustavima. Intervencije se dijele na one intervencije koje koriste vaskularni pristup - vaskularne intervencije i one koje koriste bilo koji drugi pristup - nevaskularne. Osim toga priroda i cilj same intervencije mogu biti dijagnostički ili terapijski. Među dijagnostičkim intervencijama ističu se angiografija, kolangiografija i biopsija. Terapijske intervencije uključuju balonsku angioplastiku ili stentiranje, embolizaciju, EVAR (endovaskularna reparacija aneurizme), postavljanje drenažnih i centralnih venskih katetera, radiofrekvencijsku ablaciju i embolizaciju, među ostalim (3). Izbor slikovne metode za navođenje ovisi o samom tipu procedure i lokalizaciji lezije. U obzir također treba uzeti vremensko trajanje procedure, cijenu pojedine procedure, dostupnost opreme te profil pacijenta poglavito spol i dob. Tradicionalna kompjutorizirana tomografija (CT) i CT fluoroskopija su izbor metode za navođenje ponajviše za procedure dijagnostičkog značenja, primjerice biopsije. Prednost kompjutorizirane tomografije je u visokoj preciznosti lokalizacije lezija te mogućnosti izvođenja procedura nad



teško dostupnim lezijama zbog omogućenog raznolikog pristupa, a najčešće primjene su u toraksu i abdomenu. Pored mnogih prednosti, kompjutorizirana tomografija sa sobom nosi i neke zabrinjavajuće i potencijalno otežavajuće čimbenike, od kojih je glavni potencijalno visoka doza zračenja (4). Ponavljano snimanje tijekom provođenja intervencije pri tradicionalnoj kompjutoriziranoj tomografiji te kontinuirano snimanje pri CT fluoroskopiji znače visoku dozu zračenja za pacijenta. Brojna nova istraživanja o ovoj problematici, pokazala su kako je racionalnim korištenjem kompjutorizirane tomografije te promjenama postavki samog uređaja moguće smanjiti dozu zračenja te vremensko trajanje izvođenja procedure (5). Osvrćući se na iznimno brz razvoj tehnologije u zadnjem desetljeću, pojavljuje se sve više automatiziranih i intuitivnih mogućnosti i u intervencijskoj radiologiji, primjerice pojava intuitivnih navigacijskih sustava. S obzirom na sve navedeno, intervencijska radiologija je jedna od grana medicine koja se najbrže razvija, te pokazuje velik potencijal za preuzimanje brojnih kirurških zahvata u obliku minimalno invazivnih procedura. Cilj ovog rada je dati sveobuhvatni prikaz korištenja kompjutorizirane tomografije kao alata za navođenje u minimalno invazivnim procedurama u intervencijskoj radiologiji, te prikazati nove tehnologije i potencijal razvoja u budućnosti.

## **2. INTERVENCIJSKA RADIOLOGIJA**

Intervencijska radiologija je grana medicine koja koristi dijagnostičke slikovne metode kao alate za navođenje u minimalno invazivnim procedurama. Sam razvoj minimalno invazivnih procedura i intervencijske radiologije započeo je pred više od pola stoljeća. Spoznaja o korištenju već postojećih slikovnih metoda kao mogućnost praćenja terapijske intervencije u realnom vremenu značajno je promijenila pristup određenim patološkim stanjima (1). Ovaj koncept pridonio je značajno brzom razvoju terapijskih postupaka neovisno o organskom sustavu. Tehnološki razvoj medicinskih postupaka i terapija prati i razvoj sve učinkovitijih i sve manje invazivnih procedura (2). Korištenje slikovnih metoda u terapijske svrhe omogućilo je ciljano liječenje, eliminirajući potrebu za operativnim pristupom liječenja, te je omogućilo tretiranje prethodno nedostupnih ili nerješivih patoloških stanja. Minimalno invazivni postupci imaju za cilj povećati efikasnost i preciznost procedure, dok u isto vrijeme omogućuju veću sigurnost i udobnost za pacijenta. Ključno otkriće 1953. godine koje je omogućilo vaskularnu kateterizaciju i angiografiju bila je tehnika švedskog radiologa dr. Svena Ivara Seldingera, kasnije nazvana Seldingerovom tehnikom, koja opisuje siguran vaskularni pristup uvođenjem perkutanog katetera putem žice vodilice (1).

Nastavno na ovo otkriće, drugi značajan događaj bio je razvoj angioplastike, danas poznate kao perkutana transluminalna angioplastika, dr. Charlesa Dottera 1964. godine kada je uspješno proveo dilataciju stenozе arteriae femoralis superficialis i time tretirao kritičnu ishemiju, spašavajući ud (3). Time je dr. Charles Dotter nazvan ocem intervencijske radiologije. Vrlo brz razvoj intervencijske radiologije odvio se 1970-ih i 1980-ih godina, kada su radiolozi počeli s provođenjem intervencijskih procedura koje su bile van vaskularnog sustava (1).

## 2.1 Vaskularne intervencije

Poznate i pod nazivom endovaskularne kirurgije, vaskularne intervencije podrazumijevaju postupke dijagnostičke ili terapijske svrhe koji za preduvjet imaju endovaskularni pristup. Osnova na kojoj počivaju vaskularne intervencije, ujedno i njihov prvi korak u izvođenju, je upravo vaskularni pristup. Najčešće korištena je Seldingerova tehnika, koja je omogućila razvoj intervencijske radiologije (1). Lokalizacija izbora je najčešće femoralna arterija. Seldingerova tehnika podrazumijeva palpaciju i lokalizaciju ciljane arterije, te njenu punkciju šupljom iglom promjera 18-21 G (gauge) pod kutem od 45°, nakon primjene lokalnog anestetika. Kroz iglu se uvodi fleksibilna žica vodilica, obično J žica, te se igla izvlači. Potom se preko žice vodilice uvodi košuljica (*sheath*) u sam lumen žile. Alternativno, umjesto košuljice mogu se primijeniti drenovi, ovisno o cilju procedure. Pozicija košuljice unutar lumena žile označava stabilan endovaskularni pristup te nastavak procedure primjenom željenih katetera (6). Vaskularnim intervencijama unutar domene intervencijske radiologije dostupne su sve periferne arterije i vene, uključujući aortu sve do njenog luka; osim koronarnih arterija, koje su u domeni invazivne kardiologije. Endovaskularnim kretanjem dostupni su ciljani organi za terapijske i dijagnostičke postupke. Neke od najzastupljenijih vaskularnih procedura uključuju digitalnu substrakcijsku angiografiju (DSA), postavljanje stenta ili stent grafta, perkutanu transluminalnu angioplastiku, embolizaciju te trombektomiju.

## 2.2 Nevaskularne intervencije

Nevaskularne intervencije ne zahtijevaju vaskularni pristup, te većinom podrazumijevaju perkutano pristupanje ciljnim organima ili lokacijama, s ciljem primjene minimalno invazivne lokalizirane terapije uz korištenje dijagnostičkih metoda za navođenje. Stoga se mogu podijeliti na intervencije s dijagnostičkom ili terapijskom svrhom. Među dijagnostičkim intervencijama ističu

se perkutana biopsija (*percutaneous core needle biopsy*) i citološka aspiracija tankom iglom (*fine needle aspiration*). Intervencije s terapijskom svrhom podrazumijevaju među ostalim postavljanje drenažnog katetera, radiološki postavljenu gastrostomu ili jejunostomu, perkutanu nefrostomiju, vertebroplastike, ablaciju (7). Razvojem nevaskularnih intervencija te njihovim povećavanjem opsega dostupnih intervencija, napreduje posebna grana intervencijske radiologije, intervencijska onkologija. Do početka razvoja intervencijske onkologije, mali broj procedura rađenih od strane intervencijskih radiologa su imale toliki utjecaj na preživljenje pacijenta (1). Intervencijska onkologija označava širok spektar minimalno invazivnih procedura, sadržanih unutar intervencijske radiologije, s ključnom ulogom u dijagnosticiranju, terapiji i palijaciji karcinoma koji su mahom prethodno bili teško dostupni ili nedostupni za biopsiju ili terapijsko djelovanje. Od posebnog su značaja biopsija i ablacija. Obzirom na porast incidencije karcinoma u populaciji, fokus na njihovo dijagnosticiranje i liječenje raste, te je onkologija jedna od grana medicine koja pokazuje izraziti napredak s razvojem moderne medicine i novih terapija (2). Zbog toga je intervencijska onkologija postala nezaobilazni dio multidisciplinarnog onkološkog pristupa. Kontinuiranim podržavanjem translacijskih i kliničkih istraživanja, te unaprijeđenju multidisciplinarnе suradnje radiologa, dijagnostičkih i intervencijskih specijalnosti, s liječnicima ostalih kliničkih djelatnosti postiže se značajno i stalno rastuće unaprijeđenje rezultata liječenja i preživljenja pacijenta (3).

### 2.2.1 Biopsija

Biopsija označava postupak uzimanja tkiva ili stanica za promatranje u dijagnostičke svrhe. Primjenjuje se u pacijenata kod kojih je potrebna analiza tkiva kako bi se razjasnila etiologija prije određivanja terapije. Obzirom na ostatno tkivo, može biti ekscizijska, u kojoj se cijela masa tkiva potrebna za analizu odstranjuje, ili incizijska u kojoj se odstranjuje samo dio tkiva za ispitivanje. U slučaju da je ciljno tkivo tekućina, odnosno stanice raspršene u tekućini i želimo ih citološki analizirati, postupak se naziva citološka aspiracija ili punkcija. Tehnološko napredovanje u posljednjih nekoliko desetljeća je uvelike olakšalo dijagnostiku malignih bolesti. Svedjedno, konačna dijagnoza i dalje počiva na patohistološkom nalazu, za koji je potrebno dobiti adekvatan patološki preparat (8). Dakle biopsija predstavlja iznimno bitan korak u postavljanju dijagnoze maligne bolesti. Ona može biti klasičnog otvorenog, kirurškog tipa, ili minimalno invazivnog perkutanog tipa vođena slikovnim metodama. Perkutana biopsija vođena slikovnim metodama u

širokoj je primjeni i predstavlja sigurnu, priznatu i često korištenu metodu dobijanja tkiva za patohistološku analizu te je viabilna alternativa otvorenoj biopsiji. Ima manji broj komplikacija i manji postproceduralni morbiditet, a zadržane su visoka senzitivnost i specifičnost. Također, duljina borakva u bolnici je skraćena, troškovi vezani za proceduru biopsije su smanjeni, a i razina anksioznosti pacijenta zbog procedure povezane s operativnom metodom su manje (3,9). Slično perkutanoj biopsiji, stanice prikupljene za citološku analizu podložne su metodi citološke aspiracije tankom iglom, također vođenoj slikovnim metodama (7). Navođenje u stvarnom vremenu omogućilo je pristup patološkim masama ili lezijama koje su vrlo male, uz izbjegavanje okolnih struktura i tkiva. Različite slikovne metode su dostupne kao navigacija, ionizirajuće (fluoroskopija, kompjutorizirana tomografija (CT) ili pozitronska emisijska tomografija (PET)), ili neionizirajuće (ultrazvučna sonografija (UZV) ili magnetna rezonancija (MR)), ili neka od kombinacija navedenih modaliteta. Odabir slikovne metode najviše ovisi o lokalizaciji ciljnog tkiva za biopsiju, potencijalnim mogućnostima pristupa, mogućnosti adekvatne vizualizacije ciljnog tkiva te dostupnosti tehnologije i cijeni samog postupka. Najčešće korištena metoda je UZV zbog svoje dostupnosti te jednostavnosti, a pokazala se vrlo dobrom za ciljna tkiva smještena bliže površini ili solidne organe poput jetre ili bubrega. Međutim, UZV kao slikovna metoda je limitirana smanjenom transmisijom valova kroz zrak ili kost, te je vezana uz nešto manju preciznost postupka. CT je slikovna metoda od posebnog značaja kada govorimo o perkutanoj biopsiji ili aspiraciji, zbog svoje iznimne preciznosti i točnosti, te mogućnosti detaljnog prikaza anatomskih struktura. Dostupni su joj organi koji su ispunjeni ili okruženi zrakom te smješteni u dubini trbuha ili zdjelice. Zbog mogućnosti prikaza plućnog parenhima i kostiju također je metoda izbora kod biopsija pluća, kostiju ili organa ispred kojih se priječe crijevne vijuge ispunjene zrakom (3,8,10). Ostale metode poput MR ili PET-CT se rijetko koriste zbog svoje nedostupnosti te cijene. Indikacije za perkutanu biopsiju primarno podrazumijevaju potrebu za određivanjem malignosti određenog tkiva, ali i prikupljanje materijala za mikrobiološku analizu u slučaju inflamacije. Nadalje, perkutana biopsija se koristi za karakterizaciju difuznih parenhimalnih promjena, primjerice glomerulonefritis, cirozu jetre ili idiopatsku plućnu fibrozu. Perkutana biopsija trenutno nema apsolutnih kontraindikacija, ali relativne kontraindikacije su koagulopatije, hemodinamska nestabilnost, nemogućnost pronalaska sigurne rute za provođenje same intervencije bez ugrožavanja okolnih organa i struktura. Trudnoća je relativna kontraindikacija kod korištena slikovnih metoda za navigaciju s ionizirajućim zračenjem, fluoroskopija ili CT (10). Što

se tiče tehničkog materijala i izvođenja procedure, za perkutanu biopsiju koristi se igla promjera 20 G ili veća, a za aspiraciju tankom iglom koriste se igle promjera 22-25 G ili manje, te omogućavaju i dobivanje supstrata adekvatnih za histološku ili citološku analizu i postavljanje dijagnoze, uz minimalni broj komplikacija, što se i smatra uspjehom procedure. Sama perkutana biopsija ima uspjeh od oko 70% do 95%, ovisno o organskom sustavu, veličini i lokalizaciji same lezije.

### 2.2.2 Drenaža

Drenaža je proces evakuacije tekućine ili gnoja iz kolekcije ili apscesa. Široko je rasprostranjen postupak s primarno terapijskom, ali i dijagnostičkom svrhom. Podrazumijeva inserciju i pozicioniranje jednog ili više privremeno ili trajno postavljenih drenažnih katetera unutar kolekcije tekućine ili apscesa. Put postavljanja samog drenažnog katetera je perkutan, te može biti učinjen kirurški, najčešće tokom operacije za post-operativnu drenažu, ili vođen slikovnim metodama, najčešće s terapijskim ciljem. U intervencijskoj radiologiji perkutana drenaža (*percutaneous drainage*) koristi se kod kolekcija zahvaćenih upalom koje uzrokuju sepsu (apscesi, empijem) te kolekcija mehaničke etiologije (pleuralni izljev, ascites) (11). Perkutana drenaža postala je alternativa kirurškom pristupu u velikoj većini slučajeva, pod uvjetom da je sam apsces moguće dobro prikazati slikovnim metodama prije intervencije te da postoji siguran i dostupan put za inserciju drenažnog katetera (8,10). Najveći doprinos te primjena ove procedure je kod kolekcija u toraksu i abdomenu, gdje je moguća evakuacija pleuralnog izljeva i drenaža intraabdominalnih apscesa. Pred proceduralno izrazito je bitno kolekciju vrlo dobro prikazati slikovnom metodom te napraviti plan insercije i intervencije. Pri tome je moguće koristiti nekoliko slikovnih metoda, većinom UZV za kolekcije u dojci ili mišiću, te za pedijatrijske intervencije s obzirom da je UZV neionizirajuća metoda (12). UZV ima svoje prednosti zbog jednostavnosti i dostupnosti, te pogotovo zbog mogućnosti prikaza u stvarnom vremenu, međutim ograničena je metoda za kolekcije smještene dublje po aksijalnom presjeku. CT je izrazito bitan za kompleksne apscese u abdomenu okružene ostalim strukturama u neposrednoj blizini zbog svoje mogućnosti detaljnog prikaza anatomskih struktura, te je također metoda izbora u lokalizacijskoj obradi prije intervencije. Perkutana drenaža apscesa općenito ima uspjeh od otprilike 80% (13).

### 2.2.3 Ablacija

Perkutana ablacija uz endovaskularnu embolizaciju čini glavne terapijske grane intervencijske onkologije, već spomenute grane intervencijske radiologije koja svojim razvojem zauzima sve značajnije mjesto u multidisciplinarnom onkološkom pristupu, nudeći terapijske metode koje se komplementarno slažu s već postojećim internističkim, kirurškim ili radijacijskim metodama liječenja. Nekoć smatrana isključivo palijativnom metodom rezerviranom za neoperabilne karcinome, danas perkutana ablacija ima široku primjenu, te može konkurirati kirurškim metodama kod određenih karcinoma. Kontinuirano se razvija i potiče lokoregionalno i minimalno invazivno liječenje tumora, koje smanjuje morbiditet i duljinu boravka u bolnici. Predikcije su da će u budućnosti postati značajnija od navedenih metoda s obzirom na svoje brojne prednosti (3,8,10). Perkutana ablacija je metoda uništenja tumorske mase toplinskom ili netoplinskom energijom vođena primjenom neke slikovne dijagnostičke tehnike. Podrazumijeva inserciju ablacijske probe ili igle unutar tumorske mase te time dolazi do apsorpcije toplinske energije ili kemijske reakcije s tkivom i njegove posljedične nekroze. Ablacija kao metoda ističe se pri liječenju karcinoma jetre, pluća, bubrega, kosti te nadbubrežnih žlijezda. Termalna ablativna tehnologija uključuje radiofrekvencijsku ablaciju (RFA), mikrovalnu ablaciju te krioablaciju, dok kemijska ablacija znači dostavu kemijskog sredstva, najčešće etanola, koje dovodi do nekroze tumorskog tkiva (6). Tkivo koje se uništava naziva se ablativna zona, međutim rizik od nekroze prijete i okolnom tkivu van ablativne zone. Jedna od metoda za sprječavanje takve neželjene komplikacije je hidrodisekcija, odnosno ispunjavanje prostora između struktura 5% otopinom glukoze, ili CO<sub>2</sub>, kako bi se fizički razmaknuli i smanjili prijenos toplinske energije. Najčešća navigacijska slikovna metoda korištena za ablaciju je upravo kompjutorizirana tomografija zbog intraabdominalne lokalizacije najčešćih sjela tumora, druga korištena slikovna metoda je ultrazvučna sonografija.

Radiofrekvencijska ablacija (RFA) je najčešće korištena ablativna metoda. Postala je metoda izbora među ablativnim intervencijama zbog svoje visoke uspješnosti, sigurnosti te jednostavnosti uporabe. Probe spojene na radiofrekvencijski generator, i pozicionirane unutar tkiva tumora dovode izmjeničnu struju te uzrokuju zagrijavanje tkiva uzrokovano trenjem molekula. Zagrijavanje tkiva na temperaturu iznad 50 °C uzrokuje lokaliziranu koagulacijsku nekrozu tkiva (3). Koristi se za solidne tumore sjela jetre, bubrega, pluća te u muskuloskeletnom sustavu.

Zahtijeva minimalni boravak u bolnici te ju je moguće koristiti i kod pacijenata koji imaju multiple komorbiditete te su inoperabilni.

Mikrovalna ablacija (*microwave ablation* MWA) je slična radiofrekvencijskoj ablaciji jer također pod utjecajem izmjenične struje uzrokuje zagrijavanje tkiva i koagulacijsku nekrozu, ali ovdje zagrijavanje nastaje zbog vibracija molekula vode te posljedičnog trenja. Prednosti mikrovalne ablacije pred RFA su brže postizanje efekta zagrijavanja i koagulacije te uniformnija zona koagulacije, što ju čini sigurnijom za okolna tkiva (14,15).

Krioablacija također spada u metode termalne ablacije i izaziva destrukciju stanica stvaranjem intracelularnih i ekstracelularnih kristalića leda koji uništavaju staničnu membranu i organele (10). Kroz probu lociranu unutar tumorske mase prolazi plin koji uzrokuje brzo hlađenje oko same probe. Hlađenje se odvija u dva ciklusa i postiže temperaturu od -130 °C neposredno u blizini probe te 0 °C na rubu ciljnog područja. Krioablacija se najčešće primjenjuje za tumore bubrega, poglavito male veličine (3,16,17).

Kemijska ablacija je ne-termalna vrsta ablacije koja uključuje perkutanu instilaciju kemijskog sredstva, najčešće etanola ili octene kiseline, u tumorsku masu. Taj kemijski učinak izaziva dehidraciju stanice, denaturaciju proteina i rezultira koagulacijskom nekrozom. Etanol također oštećuje vaskularni endotel i izaziva posljedičnu trombozu koja pospješuje ishemiju tkiva (8). Kemijska ablacija se najčešće koristi za terapiju hepatocelularnog karcinoma (HCC) koji se pojavljuje kao mala, singularna lezija, te u tom slučaju ima uspješnost jednaku kirurškom liječenju (18).

### 2.3 Primjena tehnologije u intervencijskoj radiologiji

Intervencijska radiologija je kao struka iznimno ovisna o tehnologiji i s njom usko povezana. Naravno, to se u prvom redu odnosi na slikovne metode, koje su *conditio sine qua non* intervencijske radiologije. Međutim tehnološki napredak se ističe i u ostalim aspektima struke poput razvoja i primjene materijala potrebnih za intervencije poput katetera, *stentova*, *coilova*, te igala za biopsiju i aspiraciju, koji je također stalno usavršavaju.

Razvojem i dostupnošću slikovnih metoda te razvojem intervencijske radiologije, kirurške procedure koje su zahtijevale dulji boravak u bolnici te velike tkivne rezove, postale su potencijalno ambulantne procedure s manjim brojem komplikacija i kraćim boravkom u bolnici.

Poseban oblik uporabe tehnologije za intervencijsku radiologiju je trening uz simulacije, koji omogućuje pripremu intervencijskih radiologa, kliničku vježbu i pripreme za krizne situacije, ali i razmatranje novih tehnoloških napredaka te je sve više zastupljen u praksi (19).

Uporaba slikovnih metoda se razlikuje u dijagnostičkoj i intervencijskoj radiologiji. Dok je u dijagnostičkoj radiologiji prioritet stavljen na dobivanje slike najviše kvalitete, u intervencijskoj radiologiji prioritet je prikaz u stvarnom vremenu s nižim dozama zračenja uz kompromis po iznimnu kvalitetu dobivenih prikaza. Obično je razlog što su prije same intervencije već snimljene dijagnostičke slikovne metode s najvišom kvalitetom prikaza.

Slikovne metode omogućuju 5 glavnih koraka za intervencijsku proceduru, koji su: predproceduralno planiranje – evaluacija postojećih dijagnostičkih snimaka za plan intervencije, intraproceduralno pozicioniranje – navođenje točne pozicije igle ili katetera tokom intervencije, intraproceduralno praćenje – praćenje tkivnih promjena tokom intervencije, intraproceduralna kontrola – prikaz tokom procedure na temelju kojega se odlučuje o promjenama, bilo pozicije instrumenata bilo trajanju intervencije, i postproceduralna evaluacija – prikazi na temelju kojih procjenjujemo uspješnost obavljene intervencije i potrebu za budućim intervencijama (20).

Dostupan je spektar slikovnih metoda za intervencijske procedure, koje možemo podijeliti na one ionizirajuće i neionizirajuće, od kojih svaka ima svoje prednosti i mane i specifične primjene.

Ultrazvučna sonografija je jedinstvena u nekoliko aspekata. Neionizirajuća je metoda jer ne koristi elektromagnetsko polje, nego zvučne valove visoke frekvencije za karakterizaciju tkiva. Omogućuje prikaz u stvarnom vremenu, ovisna je o izvođaču te ima prednost visoke prenosivosti što omogućuje procedure izvan angio ili hibridne sale. Vrlo je korisna za takve procedure poput torakocenteze, paracenteze ili aspiracije tankom iglom u određenim slučajevima (21). Mane su što je ovisna o izvođaču, te gubi na točnosti kod prikaza struktura koja sadrže veće količine plina, te lošije prolazi kroz kost, pa teže prikazuje organe poput pluća.

Magnetska rezonancija je također neionizirajuća metoda koja ima veliko značenje u dijagnostičkoj radiologiji, ali u intervencijskoj se većinom koristi za predproceduralno planiranje. Iznimno dobro prikazuje meka tkiva, te su snimke visoke kvalitete. No, ova metoda nije pogodna za pacijente koji imaju određene vrste pacemakera, ili bilo kakav drugi metal, te je snimanje dugotrajno i podložno artefaktima, značajno je više cijene i zahtijeva posebnu neferomagnetičnu opremu za izvođenje zahvata. Sve ovo ju čini nepogodnom za korištenje tijekom intervencije te se tako i rijetko koristi.



Fluoroskopija je metoda koja koristi X- zračenje za dobivanje prikaza u stvarnom vremenu i predstavlja jednu od najvažnijih slikovnih metoda za navođenje u intervencijskoj radiologiji (22). Omogućuje intraproceduralni prikaz struktura i njihovog kretanja, te je moguća primjena kontrasta. Najčešće se koristi za vaskularne intervencije. Loša strana je činjenica da se radi o ionizirajućem zračenju koje stoga treba održavati na niskoj razini, a snimanje se aktivira putem pedale na podu sale.

Kompjutorizirana tomografija je slikovna metoda ionizirajućeg zračenja koja koristi pokretni izvor X- zračenja iz različitih projekcija da bi digitalno kreirala trodimenzionalnu sliku prikazanu po slojevima (*slice*). Moguće ju je raditi i uz primjenu kontrasta. Zbog svoje velike preciznosti i kvalitete u prikazu te mogućnost prikaza više slojeva ima važno mjesto u intervencijskoj radiologiji. Razlikujemo aksijalni ili klasični CT i spiralni CT. Kompjutorizirana tomografija u intervencijskoj radiologiji često se koristi za predproceduralno planiranje, ali i intraproceduralno pozicioniranje i kontrolu instrumenata, te postproceduralnu evaluaciju. Kao preproceduralni i postproceduralni modalitet prikaza može biti udružena s drugim intraproceduralnim modalitetima snimanja, na primjer fluoroskopijom kao intraproceduralni modalitet (20,22). CT se pokazala kao metoda superiornija u točnosti u usporedbi s UZV, te dostupnija i praktičnija od MR modaliteta navigacije (23). Glavne mane su vrlo visoka doza zračenja, te potencijalna alergija pacijenta na kontrastno sredstvo.

### **3.INTERVENCIJE POD KOMPJUTORIZIRANOM TOMOGRAFIJOM**

#### **3.1 Kompjutorizirana tomografija**

Kompjutorizirana tomografija je radiološka slikovna metoda koja putem pokretnog izvora X - zračenja i detektora prikazuje trodimenzionalnu sliku ciljnog područja u slojevima. Prikaz po slojevima nastaje digitalnom rekonstrukcijom baziranoj na atenuaciji X-zraka prolaskom kroz tkivo, koja se izražava koeficijentom apsorpcije. Koeficijent apsorpcije ovisan je o vrsti tkiva te posljedičnoj atenuaciji X- zraka prolaskom kroz tkivo i padom na detektor. Detektori i rendgenska cijev nalaze se u kućištu, te se sakupljeni podatci o smanjenju intenziteta X-zračenja uslijed atenuacije pretvaraju u strujne impulse i prenose u računalo koje matematički kreira odgovarajuću sliku po slojevima, i može prikazati i minimalne razlike u atenuaciji (24).

Klasični ili aksijalni CT sastoji se od: 1. jedinice za snimanje s ležajem za pacijenta, 2. kompjuterskog sistema koji sadržava kontrolno računalo, CT slike i procesor za rekonstrukciju CT slike, 3. radne memorije i memorijskog sustava, 4. visokonaponskog sustava i transformatora, 5. skladištenja dokumentacije. Razlikujemo aksijalni i spiralni CT. Glavna razlika je u pomicanju stola i rendgenske cijevi i detektora, što utječe na brzinu snimanja a time i na izloženost većoj ili manjoj dozi zračenja. Kod aksijalnog CT-a stol za snimanje staje na svakom željenom sloju te se rendgenska cijev i detektori simultano rotiraju za snimanje. Ovaj proces traje dulje te zahtijeva veće zadržavanje daha pacijenta, i većinom se primjenjuje za snimanje glave. Spiralni CT podrazumijeva kontinuirano linearno pomicanje stola za snimanje u z osi i kontinuirano simultano rotiranje rendgenske cijevi i detektora. Ovo označava veću efikasnost i brže snimanje. Odvija se u jednom zadržavanju daha pacijenta i izbor je pri snimanju veće površine tijela. Prvi komercijalni CT uređaj razvio je 1967. godine Sir Godfrey Hounsfield, te mu je za to dodijeljena Nobelova nagrada 1979. godine (25). Nakon toga kompjutorizirana tomografija prošla je kroz napredak od četiri generacije, povećavajući broj detektora i skraćivanjem trajanja snimanja. Najnoviji napredak iz četvrte generacije predstavljaju spiralni CT i *dual energy CT* (24).

### 3.1.1 CT fluoroskopija

Napredovanjem kompjutorizirane tomografije ona postaje sve češće korištena kao navigacijska metoda u intervencijskoj radiologiji. Međutim, odsutnost prikaza u stvarnom vremenu u nekim intervencijama rezultirala je ponavljanim intraproceduralnim kontrolnim snimanjima te time produljenjem intervencije. Nesigurna lokalizacija i ciljanje vrlo malih lezija također su se pokazali kao prostor za napredak u konvencionalnom CT-u kao navigacijskoj metodi (26). CT fluoroskopija je metoda koja udružuje prednosti CT-a i fluoroskopije te ima vrlo veliku važnost u intervencijskim zahvatima gdje je potreban prikaz u stvarnom vremenu. Kreira prikaz na razinu otprilike 6 sličica po sekundi (*frames per second*) što omogućuje brz i jednostavan *feedback* izvođaču te time ima utjecaj na sigurnost i brzu korekciju vrha igle tijekom insercije i intraproceduralnog praćenja (5,26). Ovime omogućuje bolju uspješnost intervencija koje ciljaju teško dostupne lezije ili lezije male veličine te smanjuje mogućnost komplikacija. Generalno trajanje procedura vođenih CT fluoroskopijom je kraće od onih vođenih konvencionalnom kompjutoriziranom tomografijom (27). Primjenjuje se najčešće kod procedura na dubokim i nedostupnim lezijama, kao što su retroperitonealne mase, ili na organima sa sklonošću fiziološkog

intraproceduralnog pokretanja, kao jetra ili pluća (5). Međutim, nije jednako lako dostupna kao konvencionalna kompjutorizirana tomografija te nosi više doze zračenja. Izbor između CT i CT fluoroskopije je individualan za svaku intervenciju.

### 3.2. Primjena kompjutorizirane tomografije u intervencijskoj radiologiji

Pregled primjene kompjutorizirane tomografije kao metode za navođenje po sustavima te svojim glavnim skupinama intervencija – biopsija, aspiracija, drenaža i ablacija. Prikaz uključuje opis, indikacije, kontraindikacije, komplikacije i uspješnost intervencije.

#### 3.2.1 Glava i vrat

- Biopsija duboko smještenih suprahoidnih masa

Biopsija u području glave i vrata je tradicionalno tretirana kirurškim pristupom, no razvojem perkutane CT-vođene biopsije dostupna je minimalno invazivnom pristupu. Nadalje, lezije smještene u području baze lubanje smatrale su se nedostupnima, te riskantnima za kirurški pristup, slično kao i duboko smještene retrofaringealne lezije. Poznavanje anatomije ciljnog područja je iznimno bitno kako bi se smanjile komplikacije. UZV se koristi kod površinskih ili lako dostupnih lezija, ali zbog prepreka koštanih struktura (mandibule, maksile, mastoida) te aerodigestivnog trakta ispunjenog zrakom, precizan anatomski prikaz je otežan. CT je metoda izbora za navođenje biopsija duboko smještenih lezija zbog svog izvrsnog anatomskog i prostornog prikaza potrebnog za planiranje i izvođenje intervencije. Razvijeni su perkutani pristupi za suprahoidne mase glave i vrata i mase na bazi lubanje – subzigomatični, retromandibularni, paramaksilarni, submastoidni i transoralni (28). CT biopsija (*core needle biopsy*) ili aspiracija tankom iglom (*fine needle aspiration*) pokazale su se kao uspješne i sigurne metode za ovakve tipove lezija (29).

#### 3.2.2. Toraks

- Biopsija pluća

Za lezije pluća koje su lokalizirane periferno, površinski i u kontaktu s pleurom, metoda za nadzor perkutane biopsije može biti UZV. To uključuje otprilike 30% lezija. Za sve ostale, dakle većinu, metoda izbora za nadzor je CT zbog mogućnosti prikaza struktura ispunjenih zrakom (30). Za lezije koje su vrlo pomične, izbor je CT fluoroskopija. Biopsija se izvodi u lokalnoj anesteziji sa

ili bez sedacije. Najčešće se koristi igla 20 G, te se uzimaju dva ili tri uzorka tkiva. Iznimno je bitno napraviti dobru preintervencijsku obradu i plan pristupa i intervencije. Indikacije uključuju: lokaliziranu leziju u početnom stadiju bolesti, leziju nedostupnu bronhoskopskom pristupu, multiple lezije tipa nodula u pacijenta bez dijagnoze maligne bolesti, hilusnu lokalizaciju lezije, potrebu mikrobiološke analize (10). Sve kontraindikacije su relativne i uključuju: hermoragijsku dijatezu ili trenutno korištenje antikoagulacijske terapije uz laboratorijske vrijednosti INR > 1,5 i trombocita < 50 000/ml, emfizem, prisutnost bula, plućnu hipertenziju. Najčešće komplikacije su pneumotoraks i plućno krvarenje, te njihova zastupljenost iznosi 12 – 45% te 5 – 17% (31). Mortalitet za ovu proceduru je procijenjen na otprilike 0.07- 0.15%. Postproceduralno je potrebno ponoviti snimanje CT ili RTG nakon 4 h za isključenje komplikacija, ili ranije ako postoje simptomi razvoja komplikacije.

- Biopsija masa u medijastinumu

CT se koristi kao metoda za navođenje u srednjem i stražnjem medijastinumu, za prednji medijastinum se koristi UZV. Također, CT se koristi za mase nedostupne transbronhalnom pristupu. Komplikacije uključuju ozljedu vaskularnih struktura, perforaciju jednjaka, ozljedu traheobronhalnog stabla, mediastinitis, rupturu perikarda i aritmije. Sveukupna zastupljenost komplikacija u ovoj intervenciji je između 2 – 13%, a uspješnost između 92 – 94% (32). Koristi se igla od 20 G te je preporučeno uzeti najmanje tri uzorka tkiva (33).

- Ablacija karcinoma pluća i metastatskog karcinoma pluća

Karcinomi pluća mogu biti sitnostanični i nesitnostanični. Nesitnostaničnih karcinoma pluća je 83% te se oni dijele u podtipove adenokarcinoma, planocelularnog karcinoma i velikostaničnog karcinoma. Metastatska bolest pluća je vrlo česta kod maligne bolesti drugog sijela, pronađena je na obdukciji preko 50% umrlih od maligne bolesti, ali je često asimptomatska dugo vremena. Kirurško liječenje karcinoma pluća i dalje ostaje prvi izbor liječenja prije intervencijskog. Međutim, kod bolesnika sa solitarnom malignom lezijom u ranom stadiju, koji nisu operabilni u smislu lobektomije, ili bolesnika koji imaju recidiv bolesti u istom plućnom krilu, ili kod bolesnika koji imaju ograničenu metastatsku bolest ali ne bi preživjeli jednu ili multiple lobektomije – prvi je izbor intervencijsko liječenje (6,34). Ono također može biti palijativna metoda liječenja. CT je slikovni modalitet izbora za predproceduralnu obradu te navođenje tijekom intervencije. Predproceduralno CT snimanje je idealno učiniti 4 tjedna prije očekivane intervencije te prikazati:

1. veličinu i broj tumorskih lezija, 2. oblik lezije i lokalizaciju u odnosu prema vaskularnim i ostalim vitalnim strukturama, 3. postojanje plućnog komorbiditeta (npr. prisutnost bula ili infekcije), 4. sigurni perkutani pristup do lezije (34). CT se odabire kao metoda izbora za tumorske lezije smještene unutar pluća, pleure ili intratorakalno, jer omogućuje uočljivost lezije i prikaz pozicije ablacijske probe superiorno ostalim slikovnim metodama zbog prisutnosti zraka. Također, ako je potreban prikaz u stvarnom vremenu koristi se CT fluoroskopija. Najčešće korištena ablativna metoda je RFA, makar u literaturi postoje i pozitivna iskustva s mikrovalnom ablacijom ili krioablacijom (35). Kod RFA, potpuna nekroza se očekuje kod karcinoma manjih od 3 cm, a za veće karcinome djelomična nekroza palijativnog učinka (36). Najčešća komplikacija je pneumotoraks, uz pleuralni izljev i febrilitet. Kontraindikacije uključuju blisko postavljen defibrilator ili drugi metalni objekt zbog mogućnosti pregrijavanja pod utjecajem RFA. Sveukupna uspješnost ablacije karcinoma pluća ili metastatskog karcinoma pluća varira, jer je ovisna o uznapređovalosti osnovne bolesti ili veličini lezije, ali iznosi 38 – 97% po pregledu literature (35).

- Drenaža torakalnih kolekcija i apscesa

Za torakalne lokalizacije, drenaža ili aspiracija tekućine ili zraka vođena slikovnim metodama smatra se prvom linijom terapije i zlatnim standardom. Navođenje povećava sigurnost i efikasnost metode pored slijepih intervencija. Lokalizacije intratorakalnih apscesa mogu biti pleuralni prostor, perikard, pluće ili medijastinum. Za drenažu kolekcija ili apscesa UZV je preferirana metoda, ako je moguće, zbog mogućnosti praćenja pozicije instrumenta u stvarnom vremenu, niske cijene i lakoće korištenja. Međutim, kod teško dostupnih kolekcija, za koje je potrebna ekstenzivna preintervencijska priprema i planiranje rute, CT je metoda izbora navođenja (37). CT koristi *stop and shoot* tehniku kod koje se snimaju intraproceduralne kontrole da bi se potvrdila točna lokalizacija instrumenta. Također, tenzijski pneumomediastinum je hitno stanje koje zahtijeva medijastinostomiju ili perkutano postavljanje katetera pod vodstvom CT-a (33). Indikacije uključuju: empijem, inficirane bule, apsces, hidroperikard, tenzijski pneumomediastinum, potreba za mikrobiološkom, biokemijskom ili citološkom analizom. Kontraindikacije su relativne i uključuju hemoragijsku dijatezu, INR > 1,5 i lab trombocite < 50 000/ml, nezaustavljiv kašalj i površinsku infekciju kože. Najčešće komplikacije su pneumotoraks kojem rizik povećava korištenje širih igli ili dreniranje većih kolekcija, krvarenje, plućni edem, ozljeda okolnih

visceralnih struktura i sepsa. Uspješnost je 83%, a pneumotoraks se pojavljuje u 13% slučajeva (38).

### 3.2.3 Abdomen

- Drenaža intraabdominalnih apscesa

Intraabdominalni apscesi su najčešće postoperativna komplikacija ili komplikacija u bolesti određenih intraabdominalnog organa. Unatoč modernoj antimikrobnoj terapiji, uzrokom su intraabdominalne sepse koja je povezana s visokim mortalitetom (33). Antimikrobna terapija, iako neizbježna, zapravo je adjuvantni oblik terapije jer teško prodire u apsces. *Ubi pus, ibi evacua* – stara latinska poslovice nam kaže da svaki gnoj moramo odstraniti. Stoga su perkutana drenaža ili kirurško liječenje apscesa obavezne. S obzirom na anatomske položaj, intraabdominalne apscese možemo podijeliti na 1. intraperitonealne i visceralne, i 2. retroperitonealne. Visceralni i retroperitonealno smješteni apscesi biti će opisani zasebno.

Razvojem minimalno invazivnog pristupa, perkutano postavljanje drenažnog katetera postalo je prva linija terapije kod nekompliciranih intraabdominalnih apscesa (33,39). Kompliciranim intraabdominalnim apscesima smatraju se oni kod kojih osnovna bolest zahtijeva kirurško liječenje, te je za njih i dalje kirurško liječenje prva linija terapije. Ovo je česta situacija kod Crohnove bolesti i spontanog stvaranja intraabdominalnih apscesa kao komplikacija osnovne bolesti. Perkutana drenaža pokazala se inferiornom kirurškom liječenju, s obzirom da je ponovno stvaranje apscesa izostalo samo u 30% slučajeva (40). Međutim, dobra je metoda liječenja kao terapija neposredne opasnosti, uz moguću odgodu ponavljanih operacija (41).

Intraabdominalne apscese možemo podijeliti u tri skupine: jednostavni – unilokularni, umjereno kompleksni – apscesi koji imaju povezanost s gastrointestinalnim traktom, i kompleksni – multilokularni apscesi povezani s nekrozom ili inficiranim karcinomom, poglavito u pankreasu. Indikacije za perkutanu drenažu intraabdominalnih apscesa uključuju 1. karakterizaciju tekućine u kolekciji – gnoj, krv, žuč, urin, limfu ili pankreasne sekretorne enzime, te određivanje inficiranosti ili sterilnosti sadržaja, 2. terapija sespe, 3. simptomatska terapija – olakšavanje osjećaja pritiska i boli zbog lokalnog efekta kolekcije. Apsolutna kontraindikacija je nemogućnost pronalaska sigurnog pristupa kolekciji. Relativne kontraindikacije su 1. koagulopatija, 2. sterilne kolekcije npr. tipa hematoma kod kojih bi postavljanje katetera povećalo šanse za sekundarnu infekciju, 3. ehinokokna cista, 4. tumorski apsces, 5. hemodinamska nestabilnost.

Kao slikovna metoda za navođenje, UZV je praktična metoda zbog svoje prenosivosti, ali je limitirana prikazom superponiranih organa, plina i mekih tkiva pa je time duboko smještene apscese teže vizualizirati, te je izrazito ovisna o iskustvu izvođača. S obzirom na navedeno, CT je preferirana metoda za perkutanu drenažu intraabdominalnih i apscesa (27). Preproceduralno CT je metoda izbora za dijagnostiku i plan intervencije i pristupa. Primjena peroralnog ili rektalnog enteralnog kontrasta, koji treba biti hidrosolubilna i diluiran, je izrazito bitna za točnu dijagnozu, jer crijevne vijuge neispunjene kontrastom mogu oponašati apsces (33). Prije postavljanja drenažnog katetera rutinski se radi aspiracija sadržaja. Koristi se igla 20 G ili 22 G. Aspirira se maksimalno 5 mL sadržaja kako bi se prevenirao kolaps kolekcije za slučaj da postavljanje drenažnog katetera također bude potrebno. Ovisno o kvaliteti sadržaja dobivenog aspiracijom, odlučuje se o nastavku na drenažu odmah, ili prvo analizu po Grammu dobivenog sadržaja. Na drenažu se odlučujemo odmah ako je aspiracijom dobiven gnojni sadržaj, a ako se sadržaj ne doima gnojnim, analiza po Grammu je korisna. Vizualizacija leukocita upućuje na inficiranu kolekciju čak i ako ne može vizualizirati same bakterije, ali vizualizacija samo bakterija upućuje na intestinalnu kontaminaciju te zahtijeva reevaluaciju rute pristupa za izbjegavanje puta kroz crijevne vijuge. Za inserciju drenažnog katetera preferira se Seldingerova tehnika kod većine kolekcija i koristi se 18 G igla (41). Odluka o uklanjanju katetera donosi se ako je drenirani sadržaj volumenom manji od 10 ml u 24 h. Uspješnost intervencije možemo podijeliti na tri tipa apscesa – za jednostavne unilokularne apscese uspješnost iznosi preko 90%, za umjereno kompleksne 80%, za kompleksne multilokularne ili nekrotizirane apscese uspješnost je niža i iznosi u prosjeku 80%, ali može biti niža i do 30 – 50% ovisno o pojedinostima apscesa (13). Ozbiljne komplikacije poput krvarenja zbog ozljede vaskularne strukture ili organa, septičkog šoka, enterične fistule ili peritonitisa su rijetke i pojavljuju se u manje od 5% slučajeva. Ostale komplikacije poput slabijeg krvarenja, boli ili sekundarne infekcije pojavljuju se sveukupno u oko 15% slučajeva.

- Drenaža hepatalnog apscesa

Hepatalni apscesi su najčešće piogene, ameboidne, ehinokokne ili ostale (fungalne, mikobakteroidne, parazitarne) etiologije. U zapadnom svijetu piogena etiologija je najčešća, a pojavljuju se nakon kolecistektomije ili kolecistitisa. Nekad su imali visok mortalitet, preko 50%, no s napretkom antimikrobne terapije i sve češće drenaže mortalitet se smanjio na manje od 5% (33). Izbor slikovne metode za nadzor drenaže ovisi ponajviše o veličini i lokalizaciji samog apscesa. Najčešće korištena metoda je UZV, no kod lokalizacija kod kojih je potrebna iznimna

anatomska preciznost i detaljan prikaz odnosa s vaskularnim strukturama, CT je prvi izbor. To se poglavito odnosi na apscese smještene blizu dijafragme, te male i duboko smještene apscese (13). Perkutano postavljanje drenažnog katetera pokazalo se uspješnije od aspiracije tankom iglom, s uspješnosti 95% u odnosu na 78% (42).

- Drenaža apscesa pankreasa

Pankreasni apsces je kasna komplikacija akutnog pankreatitisa i pojavljuje se oko 4 tjedna nakon akutne upale. Etiologija je najčešće alkoholna. Apscesi su često kompleksni, multilokularni i komplicirani debrisom iz okolne likvefaksijske nekroze pankreasa, što je najteža komplikacija akutnog pankreatitisa (43). Mortalitet je otprilike 20% bez terapijske intervencije. Terapija izbora je perkutana drenaža inficirane pseudociste kojoj prethodi aspiracija sadržaja (33). Indikacije za perkutano liječenje su: bol, suspektna infekcija kolekcije, veličina > 5cm, rast i bilijarna opstrukcija. Često su potrebne multiple intervencije s postavljanjem multiplih katetera tokom jedne intervencije. Slikovna metoda za nadzor intervencije je UZV ili CT ovisno o lokalizaciji kolekcije te mogućnosti vizualizacije. CT je preferirana metoda zbog potrebe anatomske preciznosti i točnosti te mogućnosti oštećenja okolnog tkiva pankreasa. Prikaz apscesa pankreasa na CT-u je loše ograničena kolekcija ispunjena tekućim sadržajem, gnojem. Generalno je potrebno CT snimku abdomena ponavljati svakih 7-10 dana u pacijenata s nekrozom pankreasa za isključenje nastanka apscesa. Za apscese lokalizirane na glavi i tijelu pankreasa koristi se pristup kroz gastrokolični ligament, a za apscese repa pankreasa koristi se pristup kroz lijevi prednji pararenalni prostor (43). Dugoročna uspješnost rezolucije pseudociste nakon perkutane drenaže je oko 50%.

- Ablacija hepatocelularnog karcinoma

Maligni tumori jetre mogu biti primarni i sekundarni.

Među primarnim malignim tumorima jetre ističe se hepatocelularni karcinom (HCC), koji je relativno čest u određenim geografskim područjima i povezan s visokom incidencijom kroničnom infekcijom virusa hepatitisa B (HBV) i virusa hepatitisa C (HCV) te uznapredovalom generaliziranom cirozom jetre (44). Priroda karcinoma je multicentrična, te iako je inicijalno prisutna jedna lezija, s napredovanjem bolesti će se pojaviti više sličnih lezija. Imajući na umu generaliziranu bolest jetre kao podlogu nastanka HCC, definitivna metoda liječenja je transplantacija jetre (33). No, transplantacija je opcija za samo mali broj bolesnika, te su kirurška



resekcija i minimalno invazivne ablativne metode dobile na značaju kao alternativna terapija. Pristup terapiji je jednako kompleksan kao i sama bolest, te je odluku o transplantacijskom, kirurško resekcijskom ili ablativnom liječenju potrebno donijeti individualizirano u multidisciplinarnom timu (45). Odlučujući faktori su veličina i broj lezija, lokalizacija, funkcija jetre, pretpostavljeni preostali volumen jetre postoperativno te da li su pacijenti kandidati za operativno liječenje općenito.

Uvjeti za kiruršku resekciju su 1. ciroza jetre A po skali Child-Pugh, dob < 70 godina, bilirubin < 1.5, transaminaze manje od trostruke normalne vrijednosti, odsutnost portalne hipertenzije te isključen rizik od hemoragije iz ezofagealnih varikoziteta, AFP < 400 ng/mL, singularna lezija dostupna anatomskoj resekciji te isključenje tromboze portalne vene.

Ablativno liječenje dolazi u obzir ako su: 1. prisutne 3 nodulske lezije manje od 3 cm ili jedna lezija manja od 5 cm, isključena je vaskularna ili ekstrahepatalna invazija tumora, procijenjena funkcija jetre 0 ili 1 po skali Eastern Cooperative Oncology group (ECOG) te ciroza jetre po skali Child-Pugh A ili B (34).

Apsolutne kontraindikacije za ablativno liječenje su difuzni ili infiltrativni tumor, vaskularna invazija, lokalizacija tumora udaljenog manje od 1 cm od velikog žučnog voda, ekstrahepatalna invazija bolesti, nekorektibilna koagulopatija i nemogućnost pronalaska sigurnog pristupa tumoru. Relativne kontraindikacije su blizina žučnog mjehura, želuca ili crijeva (34).

Slikovna metoda nadzora ablacijskih intervencija je CT ili CT fluoroskopija zbog potrebe detaljnog anatomskog prikaza, a uvelike ovisi o dostupnosti opreme i iskustvu izvođača. CT je koristan u predproceduralnom planiranju i kod korištenja drugog intraproceduralnog slikovnog modaliteta, a smatra se standardom za postproceduralnu evaluaciju (46). Tijekom intervencije potrebno je nekoliko kontrola ili prikaz u stvarnom vremenu da bi se nadzirala pokrivenost tumora ablacijom te moguće zahvaćanje okolnih zdravih tkiva. Moguće je koristiti i UZV – CT platformu za spajanje prikaza (image fusion). Neke studije pokazuju kako je MR dobra alternativna metoda zbog mogućnosti detaljnog prikaza mekih tkiva te vrlo dobre termalne senzitivnosti, a loša strana su cijena i nedostupnost (47).

Najčešće korištena ablativna metoda je radiofrekvencijska ablacija (RFA) zbog svoje uspješnosti, dostupnosti te niske razine komplikacija. Najveći uspjeh ima u lezija do 3 cm veličine i postiže potpunu nekrozu u manje od 1 h u 90% slučajeva. Velike komplikacije RFA su najčešće intraperitonealno krvarenje, hepatalni apsces, ozljeda žučnog voda, hepatalna dekompenzacija te

opekline te se sveukupno pojavljuju u oko 0.5% - 4.1 % slučajeva (45). Mortalitet je 0.1% - 0.5%. Novija metoda mikrovalna ablacija (MWA) pokazuje prednosti kao što su viša konstantna intratumorska temperatura, kraće vrijeme ablacije, mogućnost korištenja multiplih ablacijskih proba za simultano tretiranje više lezija te se pokazala sigurnija za okolne strukture zbog uniformnije zone nekroze tumora. Prema tome, MWA treba razmotriti kao prvi izbor kod tumora većih od 3 cm ili u blizini velikih vaskularnih struktura (14).

Prva korištena ablativna metoda bila je kemijska ablacija perkutanom injekcijom etanola (PEI) (18). Koristi se za pojedinačne lezije manje od 3 cm, te postiže potpunu nekrozu u 80% slučajeva. Također se koristi kod inkapsuliranih tumora. Komplikacije su oštećenje okolnih tkiva te moguće zahvaćanje Glissonove kapsule koje je izrazito bolno (33). Za solitarne lezije veličine preko 10 cm, u novije vrijeme se koristi CT vođena perkutana brahiterapija s ciljnom dozom 15 – 30 Gy (48).

- Ablacija metastatskog karcinoma jetre

Hepatalne metastaze su najčešća lokalizacija udaljenih metastaza karcinoma kolona, koji spada u tri najčešća karcinoma u populaciji. Sveukupno će oko dvije trećine bolesnika razviti hepatalne metastaze, a u trenutku dijagnoze ih već ima 10% do 25% bolesnika (49). Kirurška resekcija se smatra jedinom terapijskom metodom, uz sistemsko kemoterapijsko liječenje. Međutim, samo 25% bolesnika su kandidati za potpunu kiruršku resekciju. Stoga se lokoregionalno ablativno liječenje može koristiti adjuvantno ili palijativno. Koristi se kod pacijenata s manje od 4 metastatske lezije, te lezijama koje su manje od 5 cm, idealno manje od 3 lezije manje od 3 cm (50). Kao i kod ablacije hepatocelularnog karcinoma, najčešći odabir slikovnog modaliteta za navođenje je CT ili CT fluoroskopija, ali pristup je individualan i ovisi o lokalizaciji lezije, iskustvu izvođača i optimalnoj vizualizaciji lezija. Najbolji rezultati se polučuju kod kirurške resekcije primarnog sijela karcinoma, djelomične resekcije hepatalnih metastatskih lezija i adjuvantne ablacije, te adjuvantne i neoadjuvantne sistemske kemoterapije (49).

#### 3.2.4. Pelvis

- Drenaža dubokih pelvičnih apscesa

Pelvični apscesi su komplikacija operacija u abdomenu ili pelvisu, često povezani s apendicitisom, divertikulitisom ili Mb Crohn. Antimikrobna terapija je adjuvantna, dok je drenaža terapija izbora. Uspješnost perkutane drenaže je preko 80%, te je postala preferirana metoda pored kirurške drenaže (33). Duboko smješteni pelvični apscesi predstavljaju izazov za drenažu zbog mnogih

preklapanja struktura. Stoga je potrebno odabrati pravi pristup za smanjenje morbiditeta i komplikacija. Ističe ih se nekoliko. Transglutealni kroz foramen ischiadicum major i ispod *m. piriformis*, transrektalni pristup za apscese prostate, transvaginalni pristup za ponavljajuće endometriozne ciste te presakralni pristup pokazali su se sigurnima i uspješnima s vrlo malo komplikacija (51–53). Slikovna metoda za nadzor može biti UZV, CT ili CT fluoroskopija, ovisno o lokalizaciji apscesa te iskustvu izvođača. UZV ima prednosti prikaza u stvarnom vremenu i dostupnosti, ali anatomska okolina crijevnih vijuga koje sadržavaju zrak ili apscesa djelomično ispunjenog zrakom može utjecati na nedovoljno jasan prikaz te otežano pozicioniranje i postavljanje drenažnog katetera. Zbog toga postoji rizik od perforacije rektuma ili vaginalnog forniksa i posljedične infekcije. CT omogućuje bolji prostorni prikaz i kontrast za točniju lokalizaciju kolekcije i detekciju pridruženih neurovaskularnih struktura. Stoga, sve češće je CT ili CT fluoroskopija slikovni modalitet izbora za nadzor intervencije. Komplikacije su pelvični hematomi i bol. Bol se javlja u čak 20% odraslih pacijenata (54). Tijekom procedure potrebne su regionalna anestezija te sedacija.

### 3.2.5. Retroperitonej

- Drenaža retroperitonealnih apscesa

Retroperitonealni apscesi su rijetki, ali često životno ugrožavajući. S obzirom na lokaciju i ekstenzivnost možemo ih podijeliti na renalne, paranefritičke i perinefritičke. Etiologija najčešće uključuje ascendentnu uroinfekciju Gram negativnim bakterijama ili prethodnu urološku operaciju. Klinička slika je nespecifična zbog čega imaju visok morbiditet i mortalitet, a uključuje nespecifičnu bol u abdomenu, febrilitet, tresavicu, malaksalost i manjak apetita. Stoga se dijagnoza postavlja kasno. Dostupnost CT-a uvelike doprinosi ranom postavljanju dijagnoze i boljoj prognozi. Rano prepoznavanje i postavljanje dijagnoze najviše utječe na smanjenje mortaliteta. Apscesi veličine do 3 cm mogu se liječiti konzervativno, no oni veći od 3 cm ili oni koji ne odgovaraju na antimikrobnu terapiju zahtijevaju drenažu (55). Uspješnost kirurške drenaže je 87%. Perkutana drenaža retroperitonealnih apscesa ima uspješnost 86% i mortalitet 1,5% (56). UZV kao slikovni modalitet navođenja ima prednost dostupnosti, no ograničenja su nedovoljno dobre vizualizacije retroperitoneuma, potencijalnu zamjenu retroperitonealne mase hematomom, urinomom ili masnim tkivom, te nemogućnost prepoznavanja i vizualizacije kolekcija manjih od 2-3 cm. CT je slikovna metoda više senzitivnosti i specifičnosti za detekciju retroperitonealnih masa, s

dijagnostičkom uspješnosti oko 95% (55). Omogućuje detekciju masa veličine do 1-2 cm, te može precizno prikazati septirane ili lobulirane kolekcije. Također, definira sadržaj apscesa otkrivajući zrak ili prisutnost nivoa. Omogućuje prikaz i dijagnozu drugih bolesti urogenitalnog trakta koje mogu pridonijeti formaciji apscesa. U postproceduralnoj evaluaciji potrebna je potvrda nestanka kolekcije na CT snimci kao kriterij za odstranjenje drenažnog katetera.

- Biopsija nadbubrežne žlijezde

Biopsija nadbubrežne žlijezde radi se pod nadzorom UZV ili CT, ovisno o lokalizaciji i veličini lezije. Zbog mogućih komplikacija ozljede okolnih anatomskih struktura, CT je metoda izbora zbog superiornog prostornog prikaza te prikaza lezije bolje rezolucije. Najčešća indikacija je potreba za patohistološkom karakterizacijom tkiva lezija koje ne pokazuju karakterističan izgled na dijagnostičkoj CT ili MR snimci (8). Za biopsiju se koristi igla 19 G ili 20 G, ponekad obje da bi se simulirala tamponada i zaustavilo krvarenje kao komplikacija. Komplikacije uključuju oštećenje ipsilateralnog bubrega ili jetre, peritonitis te perforaciju crijeva. Najčešći pristupi su desni lateralni transhepatalni ili lijevi anteriorni transhepatalni, a transrenalni pristup se izbjegava kad god je to moguće (46).

- Ablacija karcinoma bubrega

Incidencija malih lezija karcinoma bubrega je u porastu. CT urografija s kontrastom je standard za planiranje operativnog ili ablativnog liječenja. Omogućuje gradaciju stadija bolesti (*staging*), karakterizaciju renalne mase i evaluaciju blizine mase kanalnom sustavu bubrega, crijevnim vijugama, ureteru i okolnim neurovaskularnim strukturama ili organima. Parcijalna nefrektomija je i dalje zlatni standard u liječenju 1A stadija bolesti, no budući da velik broj bolesnika nisu kandidati za kirurško liječenje, smjernice uključuju ablativno liječenje kao kurativnu terapijsku metodu (6). Indikacija za ablativno liječenje je biopsijom potvrđena maligna bolest stadija 1A, lezija manja od 4 cm, u bolesnika koji nisu kandidati za kirurško liječenje zbog komorbiditeta ili im je potrebna pošteđna terapija zbog kronične bubrežne bolesti ili mogućeg budućeg nastajanja karcinoma na genetskoj podlozi (16). Kontraindikacije uključuju tumor povezan s velikim krvnim žilama, nekorektibilnu koagulopatiju, akutnu infekciju bubrega, tumor veličine preko 4 cm. Komplikacije uključuju subkapsularno krvarenje, rasap tumora, ozljedu uretera i neuropatsku bol. Najčešće korištene ablativne metode su RFA i krioablacija, koje se mogu izvoditi perkutano ili laparoskopski (17). Za navođenje kod perkutanih ablacija najčešće se koristi CT ili CT fluoroskopija. Prednost je dostupnost, dobra prostorna i kontrastna rezolucija

koja omogućuje točan prikaz lezije i okolnih tkiva. Moguće je praćenje krioablacije u stvarnom vremenu, no nije moguće praćenje RFA, zbog čega je krioablacija preferirana metoda pred RFA (46). Uspješnost je 83 % (57).

### 3.2.6 Ostalo

- Biopsija kosti

Biopsija kosti potrebna je za patohistološku diferencijaciju potencijalno malignih lezija. Indikacije su potencijalno primarno maligna lezija, benigna lezija te infekcija kosti. Perkutana biopsija je metoda izbora s obzirom na značajno manje komplikacija (1.1%) u odnosu na otvorenu kiruršku biopsiju (16%) (58). Najčešće se koristi igla 14 - 16 G. Komplikacije uključuju krvarenje i frakturu. Kod primarno malignih lezija, najviše primarnog sarkoma, treba na umu imati rizik rasapa tumora, te odluku o pristupu biopsiji donijeti unutar multidisciplinarnog tima (59). Za primarne sarkome, operacija bi mogla biti poštena po ud, ako ne dođe do rasapa po traktu pristupa od biopsije, te se zbog toga mora proširiti operacija da uključuje i en block biopsijski trakt pristupa (58). CT je slikovna metoda izbora za navođenje biopsija zdjeličnih kostiju ili kralježnice zbog potrebe iznimne anatomske točnosti prikaza i prostorne rezolucije, a kompleksnosti anatomije zdjeličnog područja. Za potrebe prikaza u stvarnom vremenu, izbor je CT fluoroskopija. Nadalje, ako je lezija vidljiva jedino drugim slikovnim modalitetima, PET-CT ili MR, navođenje CT-om i dalje je moguće putem određivanja povjerljivih anatomske točaka, i korištenja intuitivnih navigacijskih sustava. Za biopsiju perifernih kostiju slikovni modalitet može biti UZV. Uspješnost perkutane biopsije kostiju je 74% - 96% (59).

- Terapija boli

Kronična pelvična bol je rasprostranjen sindrom koji pogađa velik dio populacije, točnije 6% - 25%. Može biti idiopatska, ili se javiti nakon poznate podležće bolesti ili traume. Čest uzrok je neuropatija, a najčešće pogođeni živci su femoralni, genitofemorali, ilioinguinalni ili pudendalni živci (60). Neuropatija može biti posljedica kompresije ili inflamacije živca. CT ili CT fluoroskopija su slikovne metode za nadzor zbog detaljnog anatomske prikaza, te svoje dostupnosti i niže cijene u odnosu na MR. CT vođene perineuralne injekcije su terapija izbora ponajviše za duboko smještene strukture. Injicira se 1-3 mL 1% lidokaina i/ili 4mg/mL otopine deksametazona. Koristi se uža igla, 22 G ili više. Apsolutne kontraindikacije uključuju koagulopatiju (trombociti < 50 000, INR > 1,5), sistemske ili lokalne infekcije, nedostupnost

sigurnog pristupa živcu, trudnoću, te primljenu maksimalnu dozu kortikosteroida zbog druge bolesti (46). Relativne kontraindikacije uključuju alergiju na lijek te upitnu etiologiju na fizikalnom pregledu. Intervencija se smatra uspješnom ako se bol smanji za 50% od početne, te je uspješnost 87% (60).

### 3.3 Otežavajući čimbenici kod korištenja kompjutorizirane tomografije kao alata za navođenje

Kod intervencije vođene CT-om, pomoću slikovnih zapisa određuje se putanja do ciljnog organa te relativni položaja instrumenata prema ciljnom organu. Ove informacije su od iznimne koristi izvođaču za lociranje ciljnog organa, plan intervencijskog puta, kontrolu pozicije instrumenta te prilagodbu položaja (61). Kao otežavajući čimbenici u ovim intervencijama ističu se nedostatak prikaza u stvarnom vremenu i doza zračenja viša nego u ostalim slikovnim metodama navođenja. CT vođene intervencije rade se generalno kod teško dostupnih lokalizacija kod kojih je potrebna visoka preciznost. S obzirom na to, put do ciljnog organa je često kompleksan i potrebno je zaobići prepreke u obliku drugih struktura. To zahtjeva pristup različit od aksijalnog, često kosi (20). Kod nedovoljno točne pozicije instrumenta, komplikacije su češće. Informacije dostupne prije izvođenja procedure iz planiranja su lokacija lezije, mjesto ulaska instrumenta i dubina na kojoj se nalazi lezija. Mjesto ulaska instrumenta se određuje uz rešetku, elektronsku rešetku ili laser. Ono što nedostaje su informacije o putanji i lokalizaciji instrumenta nakon ulaska a sve do postizanja ciljne dubine lezije (62). Zbog potrebe za točnom lokacijom instrumenata tijekom procedure, a manjkom prikaza u stvarnom vremenu kod konvencionalne kompjutorizirane tomografije, snimanja se tijekom intervencije ponavljaju što dovodi do ponavljanog ozračivanja (23). Mogućnost prikaza u gotovo stvarnom vremenu nudi CT fluoroskopija, međutim tad su doze zračenja još više. Mogućnosti smanjenja doze zračenja u CT i CT fluoroskopijom vođenim intervencijama su od velikog interesa, te su pronađeni različiti načini kako to postići. Također, teško kontroliranje disanja kod određenih pacijenata otežava samu izvedbu intervencije te postoji mogućnost alergijske reakcije na kontrastno sredstvo.

## 4. DOZE ZRAČENJA

Visoka doza zračenja jedna je od najvećih mana kompjutorizirane tomografije kao metode za navođenje u intervencijskoj radiologiji. Kod CT fluoroskopije, doze zračenja su još više zbog kontinuiranog snimanja za dobivanje prikaza u gotovo stvarnom vremenu. U odnosu na dijagnostička snimanja, kod intervencijske primjene kompjutorizirane tomografije, doze zračenja su više zbog ponavljanog snimanja i dužeg vremena snimanja. Postoje značajne razlike u zabilježenim dozama zračenja među različitim tipovima intervencija, te zbog pojave komplikacija i produljenja intervencije ili postavljanja različitih moda uređaja (4). Obzirom na sve veću zastupljenost kompjutorizirane tomografije kao metode navođenja, doza zračenja i mogućnost njenog smanjenja su od velikog značaja i predmet mnogih istraživanja.

Procijenjene su doze zračenja za intervencije vođenje kompjutoriziranom tomografijom koje su podijeljene u pet kategorija: 1. ablacija, 2. aspiracija, 3. biopsija, 4. drenaža i 5. injekcija. Procijenjene kožne doze (*skin dose*) iznosile su prosječno: ablacija -  $728 \pm 382$  mGy, aspiracija -  $130 \pm 104$  mGy, biopsija -  $128 \pm 81$  mGy, drenaža -  $152 \pm 105$  mGy i injekcija -  $195 \pm 147$  mGy. Procijenjene efektivne doze iznosile su prosječno: ablacija -  $119.7 \pm 50.3$  mSv, aspiracija -  $20.1 \pm 11.0$  mSv, biopsija -  $13.8 \pm 9.2$  mSv, drenaža -  $25.3 \pm 15.4$  mSv i injekcija -  $9.1 \pm 5.5$  mSv (61). Rizik determinističkog učinka (eritema, gubitka kožnih dlačica) se doima vrlo niskim jer kožna doza zračenja nije prešla graničnu vrijednost od 2 Gy niti u jednoj kategoriji (63).

Razvijene su različite tehnike kao metode smanjenja doze zračenja po pacijenta i izvođača. Prva i osnovna je uporaba olovnih pregača, zaštitnih naočala i rukavica i olovnog prekrivala za pacijenta kao zaštitne opreme. Konkretno za izvođenje procedure, moguće je suziti prozor snimanja na ograničeni ciljni prostor i u planiranju i u samom izvođenju intervencije. Neke studije pokazuju da je optimalno kranio-kaudalnu duljinu prozora u planiranju smanjiti na 7.5 cm, a to je moguće uz analizu prethodnih dijagnostičkih snimki za evaluaciju anatomske topografije (64). Također, smanjenju doze zračenja pridonijet će smanjen broj kontrolnih snimki za lociranje instrumenta. Kvaliteta prikaza u intervenciji ne mora biti jednaka onoj kvaliteti dijagnostičke pretrage, te je potrebno prilagoditi postavke uređaja na intervencijski mod. Ističe se smanjenje miliamperaže na niže vrijednosti, iz početka na najniže moguće te se jakosti struje povisuju samo ako se prikaz pokaže neadekvatnim (5). Jakosti struje iznad 10 mA su ograničene na procedure u kojima je ciljna lezija vrlo mala ili suptilno vidljiva, najčešći ciljni organ u ovim slučajevima je jetra. Dodatna

metoda u slučajevima teško vidljive lezije u jetri jest aplikacija 50 mL kontrasta jednom kada je instrument u blizini potencijalne lezije (64). Na taj način se lezija lokalizira puno brže te je zračenje smanjeno. Postproceduralna kontrolna snimanja ponekad mogu biti izostavljena ili zamijenjena RTG ili UZV snimanjem, no potreban je individualiziran pristup. Ako se postproceduralno snimanje izvodi CT-om, prozor i postavke trebaju biti jednake kao za predproceduralno planiranje.

Velika prednost CT fluoroskopije je njezina mogućnost prikaza u gotovo stvarnom vremenu, no to uz sebe nosi i značajno visoke doze zračenja. Duljina trajanja procedure obično je kraća u korištenju CT fluoroskopije u odnosu na konvencionalnu kompjutoriziranu tomografiju za navođenje (5,27). Načini smanjenja razine zračenja primjenjuju se jednako kao i za konvencionalnu kompjutoriziranu tomografiju. Tehnika specifična za CT fluoroskopiju je intermitentno korištenje u odnosu na kontinuirano, te se ona i najviše koristi u praksi. Dodatna metoda je *quick check* tehnika u kojoj se prikazuje po jedan sloj uskog intervencijskog prozora u duljini od 1.2 sekunde te služi za provjeru pozicije instrumenta (5). *Quick check* tehnika smanjuje vrijeme fluoroskopskog zračenja na četvrtinu ili sedminu prosječnog, ovisno o proceduri.

## **5. BUDUĆNOST PROCEDURA VOĐENIH KOMPJUTORIZIRANOM TOMOGRAFIJOM**

Intervencijske procedure počivaju na uspješnoj lokalizaciji i pristupu ciljanom organu i leziji. Pristup je često kompleksan i može biti otežan zbog loše vizualizacije, male veličine ciljane lezije ili blizine ostalih anatomskih struktura koje je lako oštetiti. Zbog toga se komplicirane procedure, pogotovo zahtjevne biopsije ili ablacije, povezuju s proceduralnim rizikom, dugim vremenom trajanja i većom duljinom izlaganju zračenju. Stoga je precizno navođenje izuzetno važno u intervencijskim procedurama. Trenutni slikovni modaliteti navođenja, UZV, fluoroskopija, CT, MR, imaju svoja ograničenja uporabe zbog nedovoljno dobre vizualizacije lezije, pokreta lezije ili ciljnog organa, te doze zračenja ili nekompatibilnosti instrumenta s magnetom ako je modalitet MR (62). U posljednja dva desetljeća napredak tehnologije u medicinskim znanostima rezultirao je razvijanjem nove generacije navigacijskih sustava za pomoć u navođenju. Zajedno sa sve većim razvojem robotike, ove metode doprinose pomicanju okvira intervencijske radiologije. Trenutni i budući razvoj teže trodimenzionalnom prikazu organa, lezije, instrumenta i okolne anatomije u stvarnom vremenu s izvrsnom prostornom i vremenskom rezolucijom te mogućnošću upravljanja iz daljine (65). Postoje elektromagnetni, optički, robotski navigacijski sustavi, kao i platforme za



spajanje prikaza (*image fusion guidance*). Ovi sustavi trebali bi olakšati izvođenje procedure, poboljšati preciznost i lokalizaciju lezije, skratiti vrijeme trajanja procedure te potencijalno poboljšati uspješnost terapije.

Elektromagnetni navigacijski sustav (EM) koristi se modelom medicinskog GPS-a (*global positioning system*) ljudskog tijela, a služi lokalizaciji instrumenta relativno prema predproceduralnom planiranju te simulira unutarnji pogled na organe (62). GPS se postavlja tako da se označe tzv. povjerljive točke (*fiducials*) na prepoznatljive anatomske strukture u predproceduralnom planiranju ili da se anatomska struktura prepozna na dva modaliteta snimanja. Česta povjerljiva točka kod ablativnih intervencija u jetri je bifurkacija portalne vene. Elektromagnetni generator je smješten u neposrednoj blizini pacijenta i stvara nisko-frekventno lokalno elektromagnetno polje oko ciljnog područja intervencije. Sitni elektromagnetni senzorni *coil*-ovi smješteni su na vrhu instrumenta, te sustav locira njihovu lokaciju unutar elektromagnetnog polja relativno prema povjerljivim točkama koje su locirane na pacijentu (66). Za sada dobiveni podatci pokazuju mogućnost pristupa lezijama za biopsiju ili ablaciju koje su bez EM navigacijskog sustava nedostupne (62). Ograničenje metode jest pogreška prema registraciji ciljne lezije (*target registration error*) koja označava razliku između virtualne i realne lokacije instrumenta (67). U pilot studijama pokazala se do 1.1 mm (66). Također, ograničenje kod ablativnih procedura je potreba korištenja navigacijske EM igle koja je paralelna s ablacijskom probom te interferencija generiranog EM polja s vanjskim EM poljem, dakle učinkovitost navigacije kod MR intervencija je vjerojatno niža nego kod drugih modaliteta. Sustav nije detaljno istražen pri vaskularnim intervencijama.

Optički navigacijski sustav je alternativa EM navigaciji. Također koristi povjerljive točke postavljene na pacijentu, koje registrira optički senzor u obliku sitne videokamere postavljene na instrumentu izvan pacijenta i podatke uključuje u navigacijski *software* (67). Potrebno je prije insercije instrumenta poravnati navigacijsku kameru s povjerljivom točkom i time se generira putanja instrumenta u *software*-u. Metoda se pokazala korisnom kod drenaže aspcesaa. Ograničenje je što se sustav nadzora odnosno kamera nalazi na dršku instrumenta, za razliku od EM navigacije gdje je na vrhu instrumenta, te se najbolje može koristiti s rigidnim instrumentima kojima se putanja neće promijeniti jednom kad prođu ulaznu točku, npr. fleksibilna igla se može savinuti ili okrenuti (68). Ciljna registracijska pogreška je manja od 1 mm (65).

*Image fusion* je proces spajanja više prikaza, snimljenih u različito vrijeme i iz različite perspektive, jednog ili više slikovnih modaliteta u jedan jedinstveni slikovni prikaz. Predproceduralno planiranje uključuje snimanje jednog od anatomske najdetaljnijih modaliteta, CT, PET- CT ili MR, a spaja se s modalitetom prikaza u stvarnom vremenu npr. UZV. Najčešće se koristi tijekom CT vođenih procedura, a spajanje je s UZV za dobitak navođenja u stvarnom vremenu (67). Često se koristi zajedno s EM navigacijskim sustavom tako da su senzori smješteni u transduktoru UZV. Najvažniji dio *image fusion* je registracija, odnosno prostorno podudaranje prikaza koji se koriste. Registracija (*registration*) označava prijenos podataka različitih prikaza u tzv magnetni prostor, odnosno njihovo ujedinjenje (68). Postiže se snimanjem iz odabranih modaliteta u isto ili različito vrijeme i u različitim ravninama, te označavanje određenih povjerljivih točaka (poznatih anatomske struktura) na svakom od njih, te kreiranje ostatka prikaza relativno prema povjerljivim točkama (65). Registracija je od iznimne važnosti, kako bi se omogućilo točno lokaliziranje lezije, a smanjilo terapijsko djelovanje na zdravo tkivo oko lezije. Postoje rigidna ili ne-rigidna registracija, te manualna ili semi-automatizirana registracija. Ne-rigidna registracija je fleksibilna i označava prilagođavanje prikaza u vremenu da bi uzela u obzir deformaciju organa zbog disanja ili pokreta pacijenta. Najbolje rezultate pokazuje semi-automatizirana non-rigidna registracija (62,68).

Navigacijski roboti predstavljaju mogućnosti unaprijeđenog praćenja i manevriranja instrumentima. Razvijeno je mnogo različitih vrsta ovisno o potrebama intervencije. Za sada su ograničeni svojom veličinom, te trenutno nema razvijenih robotskih navigacijskih sustava za MR intervencije u stvarnom vremenu (67). Za CT intervencije, robot je smješten pored stola uz CT te koristi mehanički sustav senzora i upravljanja, najčešće optički sustav navigacije i specijalizirani *software* (69). Ograničenje ovih novih tehnologija je vrijeme postavljanja dodatne opreme i cijena po proceduri (62). Iako ubrzavaju trajanje same procedure, postavljanje dodatne opreme ju istodobno usporava. Za inače nedostupne lezije otvaraju opciju intervencije, ali lezije koje se bez dodatnih navigacijskih sistema ne smatraju nedostupnima, vješti intervencijski radiolozi mogu izvesti proceduru sigurno i brzo, te ih postavljanje dodatne opreme i navikavanje na istu zapravo usporava. Nadalje, cijena ovih sustava vrlo je visoka te je to ograničavajući čimbenik uvođenja u redovnu kliničku praksu za mnoge centre. Zasižno je da će se ovi sustavi s vremenom sve više razvijati i koristiti, i jednog dana će preuzeti klasičnu intervencijsku radiologiju kakvu sada poznajemo.

## 6. ZAKLJUČAK

Kompjutorizirana tomografija se pokazala kao vrijedan i često nezamjenjiv alat za navođenje u intervencijskoj radiologiji. Omogućuje visoku preciznost anatomskog prikaza te vrlo dobru vizualizaciju i lokalizaciju lezija. Zbog toga je iznimno korisna u terapiji teško dostupnih lezija, najviše u toraksu i abdomenu. Često se koristi za biopsiju, ablaciju ili drenažu duboko smještenih lezija teško vidljivim drugim slikovnim metodama. Ograničenja su nedostatak prikaza u stvarnom vremenu te doza zračenja koja je viša nego u ostalim slikovnim metodama. CT fluoroskopija omogućuje prikaz u gotovo stvarnom vremenu ali to uključuje i visoku dozu zračenja. Postoje mnoge razvijene tehnike kako smanjiti dozu zračenja, i ona je predmet mnogih istraživanja. Nadalje, s napredovanjem tehnologije intervencijska radiologija i onkologija će pomicati svoje okvire te mnoge tehnologije koje su već sad u začecima ili su razvijene postat će široko dostupne. Ističu se navigacijski sustavi, robotska tehnologija i *image fusion*.

## **7. ZAHVALE**

Prvenstveno zahvaljujem svojoj mentorici doc.dr.sc. Jeleni Popić na srdačnoj pomoći, savjetima i strpljenju tijekom pisanja ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na kontinuiranoj podršci tijekom studija.

## 8. LITERATURA

1. Baum RA, Baum S. Interventional radiology: A half century of innovation. *Radiology*. 2014;273(2):S75–91.
2. Rousseau H, Vernhet-Kovacsik H, Mouroz PR, Otal P, Meyrignac O, Mokrane FZ. Future of interventional radiology. Vol. 48, *Presse Medicale*. Elsevier Masson SAS; 2019. p. 648–54.
3. Wallace MJ. Image-Guided Interventions in Oncology. *Surg Oncol Clin N Am*. 2014;23(4):937–55.
4. Leng S. Radiation dose in CT-guided interventional procedures: Establishing a benchmark. *Radiology*. 2018;289(1):158–9.
5. Paulson EK, Sheafor DH, Enterline DS, McAdams HP, Yoshizumi TT. CT fluoroscopy-guided interventional procedures: Techniques and radiation dose to radiologists. *Radiology*. 2001;220(1):161–7.
6. Keefe NA, Z J Haskal, A W Park, Angle FJ. *IR Playbook*. IR Playbook. Cham, Switzerland: Springer US; 2018.
7. Barth KH, Mertens MA. Interventional radiology: An overview. *Med Clin North Am*. 1984;68(6):1647–76.
8. Kok HK, Ryan E, Asadi H, Lee M. *Interventional Radiology for Medical Students*. 2018th ed. Dublin, Ireland: Springer;
9. Ziv E, Durack JC, Solomon SB. The Importance of Biopsy in the Era of Molecular Medicine. *Cancer J*. 2016;22(6):418–22.
10. Athreya S. *Demystifying Interventional Radiology*. 2016th ed. Hamilton, Canada: Springer International Publishing;
11. Jaffe TA, Nelson RC. Image-guided percutaneous drainage: a review. *Abdom Radiol*. 2016;41(4):629–36.
12. Robert B, Yzet T, Regimbeau JM. Radiologic drainage of post-operative collections and

- abscesses. *J Visc Surg.* 2013;150(3):S11–8.
13. VanSonnenberg E, Wittich GR, Goodacre BW, Casola G, D'Agostino HB. Percutaneous abscess drainage: Update. *World J Surg.* 2001;25(3):362–9.
  14. Izzo F, Granata V, Grassi R, Fusco R, Palaia R, Delrio P, et al. Radiofrequency Ablation and Microwave Ablation in Liver Tumors: An Update. *Oncologist.* 2019;24(10):990–1005.
  15. Vogl TJ, Nour-Eldin NEA, Hammerstingl RM, Panahi B, Naguib NNN. Microwave Ablation (MWA): Basics, Technique and Results in Primary and Metastatic Liver Neoplasms - Review Article. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren.* 2017;189(11):1055–66.
  16. Ismail M, Nielsen TK, Lagerveld B, Garnon J, Breen D, King A, et al. Renal cryoablation: Multidisciplinary, collaborative and perspective approach. *Cryobiology.* 2018;83:90–4.
  17. Cazzato RL, Garnon J, Ramamurthy N, Koch G, Tsoumakidou G, Caudrelier J, et al. Percutaneous image-guided cryoablation: current applications and results in the oncologic field. *Med Oncol.* 2016;33(12).
  18. Clark TWI. Chemical Ablation of Liver Cancer. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2007;10(1):58–63.
  19. Mirza S, Athreya S. Review of Simulation Training in Interventional Radiology. *Acad Radiol.* 2018;25(4):529–39.
  20. Solomon SB, Silverman SG. Imaging in interventional oncology. *Radiology.* 2010;257(3):624–40.
  21. Phenix CP, Togtema M, Pichardo S, Zehbe I, Curiel L. High intensity focused ultrasound technology, its scope and applications in therapy and drug delivery. *J Pharm Pharm Sci.* 2014;17(1):136–53.
  22. Hesper T. *Imaging Modalities in Scfe.* 2017; Available from: <https://drive.google.com/file/d/0B1ABhjRK2HELOTJPCnJneGV3OVk/view>
  23. Rouchy RC, Moreau-Gaudry A, Chipon E, Aubry S, Pazart L, Lapuyade B, et al.

- Evaluation of the clinical benefit of an electromagnetic navigation system for CT-guided interventional radiology procedures in the thoraco-abdominal region compared with conventional CT guidance (CTNAV II): Study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*. 2017;18(1):1–11.
24. Rubin GD. Computed tomography: Revolutionizing the practice of medicine for 40 years. *Radiology*. 2014;273(2):S45–74.
  25. Kalender WA. X-ray computed tomography. *Phys Med Biol*. 2006;51(13).
  26. Boiselle P, White C. CT Fluoroscopy. *New Tech Thorac Imaging*. 2001;(December 2000):91–116.
  27. Silverman SG, Tuncali K, Adams DF, Nawfel RD, Zou KH, Judy PF. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: Techniques, results, and radiation exposure. *Radiology*. 1999;212(3):673–81.
  28. Gupta S, Henningsen JA, Wallace MJ, Madoff DC, Morello FA, Ahrar K, et al. Percutaneous biopsy of head and neck lesions with CT guidance: Various approaches and relevant anatomic and technical considerations. *Radiographics*. 2007;27(2):371–90.
  29. Wu ENH, Chen YL, Toh CH, Ko SF, Lin YUC, Ng SH. CT-guided core needle biopsy of deep suprahyoid head and neck lesions in untreated patients. *Interv Neuroradiol*. 2013;19(3):365–9.
  30. Tsai IC, Tsai WL, Chen MC, Chang GC, Tzeng WS, Chan SW, et al. CT-guided core biopsy of lung lesions: A primer. *Am J Roentgenol*. 2009;193(5):1228–35.
  31. Heerink WJ, de Bock GH, de Jonge GJ, Groen HJM, Vliegenthart R, Oudkerk M. Complication rates of CT-guided transthoracic lung biopsy: meta-analysis. *Eur Radiol*. 2017;27(1):138–48.
  32. Lee HN, Yun SJ, Kim JI, Ryu CW. Diagnostic outcome and safety of CT-guided core needle biopsy for mediastinal masses: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol*. 2020;30(1):588–99.
  33. Kadir S. *Teaching Atlas of Interventional Radiology: Non-Vascular Interventional*

- Procedures. Vol. 244, Radiology. 2007. 380–380 p.
34. Gandhi RT, Physician A, Radiology I, Cardiac M, Clinical A, Clinical A, et al. (Practical guides in interventional radiology) Faintuch, Salomão\_ Gandhi, Ripal T.\_ Ganguli, Suvranu-Interventional oncology-Thieme (2015). Thieme; 2015.
  35. Zhong L, Sun S, Shi J, Cao F, Han X, Bao X, et al. Clinical analysis on 113 patients with lung cancer treated by percutaneous CT-guided microwave ablation. *J Thorac Dis.* 2017;9(3):590–7.
  36. Matsuoka T, Okuma T. CT-guided radiofrequency ablation for lung cancer. *Int J Clin Oncol.* 2007;12(2):71–8.
  37. Frederick-Dyer K, Ahmad A, Arora SS, Wile G. Difficult biopsy and drainage: just say yes. *Abdom Radiol.* 2016;41(4):706–19.
  38. VanSonnenberg E, D’Agostino HB, Casola G, Wittich GR, Varney RR, Harker C. Lung abscess: CT-guided drainage. *Radiology.* 1991;178(2):347–51.
  39. Park J, Charles HW. Intra-Abdominal Abscess Drainage: Interval to Surgery. *Semin Intervent Radiol.* 2012;29(4):311–3.
  40. Clancy AC, Boland T, Deasy J, Mcnamara D, Burke JP. A Meta-analysis of Percutaneous Drainage Versus Surgery as the Initial Treatment of Crohn’s Disease-related Intra-abdominal Abscess. *J Crohns Colitis.* 2015;10(2):202–8.
  41. Plackett TP, Naeem M. Percutaneous CT-Guided Drainage of a Postoperative Intra-Abdominal Abscess in a Combat Environment. *Mil Med.* 2015;180(3):e375–7.
  42. Cai YL, Xiong XZ, Lu J, Cheng Y, Yang C, Lin YX, et al. Percutaneous needle aspiration versus catheter drainage in the management of liver abscess: A systematic review and meta-analysis. *Hpb.* 2015;17(3):195–201.
  43. Maniatis P, Delis S, Fagrezos D, Bakoyiannis A, Dervenis C, Papailiou J. The Interventional Radiological Procedures of the Infections of Pancreas. *Infect Disord - Drug Targets.* 2012;10(1):5–8.
  44. Hartke J, Johnson M, Ghabril M. The diagnosis and treatment of hepatocellular



- carcinoma. *Semin Diagn Pathol*. 2017;34(2):153–9.
45. Xu XL, Liu X Di, Liang M, Luo BM. Radiofrequency ablation versus hepatic resection for small hepatocellular carcinoma: Systematic review of randomized controlled trials with meta-analysis and trial sequential analysis. *Radiology*. 2018;287(2):461–72.
  46. Kri Kandarpa, L Machan JDD. *Handbook of interventional radiologic procedures*. 5th editio. Philadelphia, United States: Lippincott Williams and Wilkins;
  47. Kurumi Y, Tani T, Naka S, Shiomi H, Shimizu T, Abe H, et al. MR-guided microwave ablation for malignancies. *Int J Clin Oncol*. 2007;12(2):85–93.
  48. Ricke J, Wust P. Computed Tomography-Guided Brachytherapy for Liver Cancer. *Semin Radiat Oncol*. 2011;21(4):287–93.
  49. Kow AWC. Hepatic metastasis from colorectal cancer. *J Gastrointest Oncol*. 2019;10(6):1274–98.
  50. Mayo SC, Pawlik TM. Current management of colorectal hepatic metastasis. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol*. 2009;3(2):131–44.
  51. Zhao N, Li Q, Cui J, Yang Z, Peng T. CT-guided special approaches of drainage for intraabdominal and pelvic abscesses One single center’s experience and review of literature. *Med (United States)*. 2018;97(42).
  52. Peng T, Dong L, Zhu Z, Cui J, Li Q, Li X, et al. CT-guided Drainage of Deep Pelvic Abscesses via a Percutaneous Presacral Space Approach: A Clinical Report and Review of the Literature. *Acad Radiol*. 2016;23(12):1553–8.
  53. Robert B, Chivot C, Fuks D, Gondry-Jouet C, Regimbeau JM, Yzet T. Percutaneous, computed tomography-guided drainage of deep pelvic abscesses via a transgluteal approach: A report on 30 cases and a review of the literature. *Abdom Imaging*. 2013;38(2):285–9.
  54. Harisinghani MG, Gervais DA, Hahn PF, Cho CH, Jhaveri K, Varghese J, et al. CT-guided transgluteal drainage of deep pelvic abscesses: Indications, technique, procedure-related complications, and clinical outcome. *Radiographics*. 2002;22(6):1353–67.

55. Carlos Capitán Manjón 1, Angel Tejido Sánchez, José D Piedra Lara, Víctor Martínez Silva, Guillermo Cruceyra Betriu, Antonio Rosino Sánchez, Cristobal García Peñalver OLG. Retroperitoneal Abscesses--Analysis of a Series of 66 Cases. *Scand J Urol Nephrol*. 2003;37(2):139–44.
56. Rubilotta E, Balzarro M, Lacola V, Sarti A, Porcaro AB enit., Artibani W. Current clinical management of renal and perinephric abscesses: a literature review. *Urologia*. 2014;81(3):144–7.
57. Zagoria RJ, Hawkins AD, Clark PE, Hall MC, Matlaga BR, Dyer RB, et al. Percutaneous CT-guided radiofrequency ablation of renal neoplasms: Factors influencing success. *Am J Roentgenol*. 2004;183(1):201–7.
58. Espinosa LA, Jamadar DA, Jacobson JA, DeMaeseneer MO, Ebrahim FS, Sabb BJ, et al. CT-guided biopsy of bone: A radiologist's perspective. *Am J Roentgenol*. 2008;190(5):283–9.
59. Oñate Miranda M, Moser TP. A practical guide for planning pelvic bone percutaneous interventions (biopsy, tumour ablation and cementoplasty). *Insights Imaging*. 2018;9(3):275–85.
60. Wadhwa V, Scott KM, Rozen S, Starr AJ, Chhabra A. CT-guided perineural injections for chronic pelvic pain. *Radiographics*. 2016;36(5):1408–25.
61. Leng S, Christner JA, Carlson SK, Jacobsen M, Vrieze TJ, Atwell TD, et al. Radiation dose levels for interventional CT procedures. *Am J Roentgenol*. 2011;197(1):97–103.
62. Sánchez Y, Anvari A, Samir AE, Arellano RS, Prabhakar AM, Uppot RN. Navigational Guidance and Ablation Planning Tools for Interventional Radiology. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2017;46(3):225–33.
63. Yang K, Ganguli S, De Lorenzo MC, Zheng H, Li X, Liu B. Procedure-specific CT dose and utilization factors for CT-guided interventional procedures. *Radiology*. 2018;289(1):150–7.
64. Lamba R, Corwin MT, Fananapazir G. Practical dose reduction tips for abdominal interventional procedures using CT-guidance. *Abdom Radiol*. 2016;41(4):743–53.

65. Kagadis GC, Katsanos K, Karnabatidis D, Loudos G, Nikiforidis GC, Hendee WR. Emerging technologies for image guidance and device navigation in interventional radiology. *Med Phys*. 2012;39(9):5768–81.
66. Chehab MA, Brinjikji W, Copelan A, Venkatesan AM. Navigational Tools for Interventional Radiology and Interventional Oncology Applications. *Semin Intervent Radiol*. 2015;32(4):416–27.
67. Wood BJ, Kruecker J, Abi-Jaoudeh N, Locklin JK, Levy E, Xu S, et al. Navigation systems for ablation. *J Vasc Interv Radiol*. 2010;21(SUPPL. 8):S257–63.
68. Boulkhrif H, Luu HM, van Walsum T, Moelker A. Accuracy of semi-automated versus manual localisation of liver tumours in CT-guided ablation procedures. *Eur Radiol*. 2018;28(12):4978–84.
69. Kettenbach J, Kronreif G. Robotic systems for percutaneous needle-guided interventions. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2015;24(1):45–53.

## 9. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 29.04.1994. u Zagrebu. Pohađala sam XV. gimnaziju u Zagrebu te sam jednu godinu provela na razmjeni u državi Washington u Sjedinjenim Američkim Državama.

Potom sam upisala Medicinski fakultet u Zagrebu. Tijekom studija bila sam demonstrator na Zavodu za anatomiju i kliničku anatomiju, Zavodu za medicinsku biologiju i Zavodu za patofiziologiju. Dvije godine sam bila član Odbora za razmjene u udruzi studenata medicine CroMSIC. U sklopu CroMSIC-a bila sam na studentskoj praksi u Lisabonu 2015. i u Vilniusu 2019. godine. Bila sam član vodstva Studentske sekcije za radiologiju. Na kongresu CIRSE (Cardiovascular and Interventional radiological Society of Europe) sudjelovala sam u Lisabonu 2018. i u Barceloni 2019. godine, a na ET (European Conference on Embolotherapy) kongresu u Valenciji 2019. godine. U organizaciji Medicinskog fakulteta u Rijeci završila sam 4. Školu intervencijske radiologije.

Slobodno vrijeme najradije posvećujem boravku u prirodi. Završila sam Planinarsku školu u sklopu Planinarskog društva Grafičar, te uspješno odhodała planinarsku utrku Highlander Velebit.