

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Ondřej Metelka

Nevaskulární intervence řízené výpočetní tomografií

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci 30. dubna 2021

podpis

Rád bych poděkoval MUDr. Radimovi Kovářovi za odborné vedení bakalářské práce.
Dále bych chtěl poděkovat Bc. Jarmile Adamcové, Tereze Metelkové a celé mojí rodině.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Název práce: Nevaskulární intervence řízené výpočetní tomografií

Název práce v AJ: Non-Vascular CT Guided Interventions

Datum zadání: 2020-11-30

Datum odevzdání: 2021-04-30

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor práce: Ondřej Metelka

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Oponent práce: MUDr. Vojtěch Prášil

Abstrakt v ČJ: Přehledová bakalářská práce se zabývá jednotlivými druhy intervencí, které se provádějí pod kontrolou výpočetní tomografie. V samotném začátku práce je krátký úvod do problematiky včetně historie výpočetní tomografie a jejího následného popisu. Dále jsou popsány samotné druhy výkonů, indikace, kontraindikace, přípravy pacienta a různé používané techniky. Informace popsané v bakalářské práci byly dohledány v databázích EBSCO, Medvik a Google scholar.

Abstrakt v AJ: The overview bachelor thesis deals with individual types of interventions that are performed under the control of computed tomography. At the very beginning of the work is a brief introduction to the issue including the history of computed tomography and its subsequent description. Furthermore, the types of procedures, indications, contraindications, patient preparation and various techniques used are described. The information described in the bachelor thesis was retrieved in databases EBSCO, Medvik and Google scholar.

Klíčová slova v ČJ: CT, Nevaskulární intervence, Perkutánní biopsie, Perkutánní drenáž, Perkutánní punkce, Výpočetní tomografie

Klíčová slova v AJ: CT, Computed tomography, Nonvascular interventions, Percutaneous biopsy, Percutaneous drainage, Percutaneous puncture

Rozsah: 34/0

OBSAH

Obsah

Úvod.....	6
1 Popis řešeršní činnosti.....	8
2 Výpočetní tomografie.....	9
2.1 Ranná historie výpočetní tomografie	9
2.2 Generace CT přístrojů	9
2.3 Princip výpočetní tomografie.....	11
2.4 Typy CT přístrojů.....	11
2.5 Navigační systémy	12
3 Nevaskulární intervence.....	13
3.1 Perkutánní biopsie	14
3.2 Perkutánní punkce	19
3.3 Perkutánní drenáž.....	22
3.4 Periradikulární terapie	26
3.5 Perkutánní termoablace	28
Závěr	30
Referenční seznam	31
Seznam zkratk.....	34

Úvod

Nevaskulární a onkologické intervenční postupy pod CT kontrolou se stále častěji provádějí po celém světě. Tyto metody provádějí hlavně intervenční radiologové a téměř všechny radiologické jednotky poskytují tyto služby. Výkony jsou minimálně invazivní a velmi diagnosticky výnosné, což je velkou výhodou pro pacienta a jeho další terapeutické postupy, čímž se zvyšuje jeho kvalita života a celkové přežití. Prvním krokem většinou bývá perkutánní biopsie, což je minimálně invazivní zlatý standard pro histopatologické hodnocení nádorových lézí. Pokud je podezření na nádorovou diagnózu prokázáno patologem, je u pacientů, kteří nejsou schopni podstoupit klasickou operaci, upřednostňována perkutánní termoablační metoda. Tyto metody se provádějí nejčastěji v lokální, ale i v celkové anestézii, a způsobily revoluci v odstraňování lokálních inoperabilních nádorů. Ablativní terapie nabízejí řadu výhod. Například působí na všechny typy dotyčných nádorových buněk, šetří okolní tkáň a vykazují sníženou míru morbidit a mortality u mladých i starších pacientů. Dále se mohou kombinovat s jinými metodami léčby rakoviny a mohou být v případě potřeby opakovány. Často také vyžadují většinou pouze analgosedaci, pacienta při vědomí a lokální anestezii. Velkou výhodou je také kratší pobyt v nemocnici. U jaterních lézí s typickým CT obrazem lze provést biopsii a ablaci v rámci jednoho výkonu (Mueller-Huelsbeck Jahnke, 2019, s. 1).

Perkutánní biopsie pod CT kontrolou se provádějí u pacientů se známým primárním nádorem, aby se vyloučila metastatická malignita a stanovila se konečná diagnóza. Nebo se dále používá kvůli diferenciaci nádoru, tzn. zda se jedná o nekrózu buněk anebo o životaschopnou nádorovou tkáň ve zbytkových lézích po léčbě. Biopsie prováděná pod CT může být provedena v podstatě v každém orgánovém systému a místě. Celková míra komplikací je nízká. Velkou výhodou je lepší dostupnost a kvalita zobrazování pomocí CT. Nové techniky perkutánní drenáže a efektivnější možnosti antibiotické léčby učinily drenáž pod CT běžnou metodou léčby perkutánních abscesů a abnormálních tekutinových kolekcí. Tato metoda představuje výrazné zlepšení diagnostiky a péče o pacienta v posledních dvaceti letech. Nashromáždění primární a pooperační tekutiny v téměř jakémkoliv orgánovém systému a místě lze tedy nyní léčit bezpečně – perkutánně. Během posledních zjištění bylo odhaleno, že pooperační a následná léčba abscesů punkcí a drenáží pod kontrolou CT vedla ke snížení nemocnosti a úmrtnosti. Dále pak ke kratší hospitalizaci pacientů v nemocnici a s tím snížením nákladům na léčbu (Reiser, Becker, 2009, s. 37).

Vstupní literatura

1. BRÜNING, Roland, Axel KÜTTNER a Thomas FLOHR, 2006. Protocols for Multislice CT. 2nd Edition. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-42689-6.
2. MAHNKEN, Andreas, Kai WILHELM a Jens RICKE, ed., 2013. CT – and MR-Guided Interventions in Radiology. 2nd Edition. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3642335808.
3. REISER, Maximilian, Christoph BECKER, Konstantin NIKOLAOU a Gary GLAZER, 2009. Multislice CT. 3rd Edition. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-33124-7.

Otázka bakalářské práce:

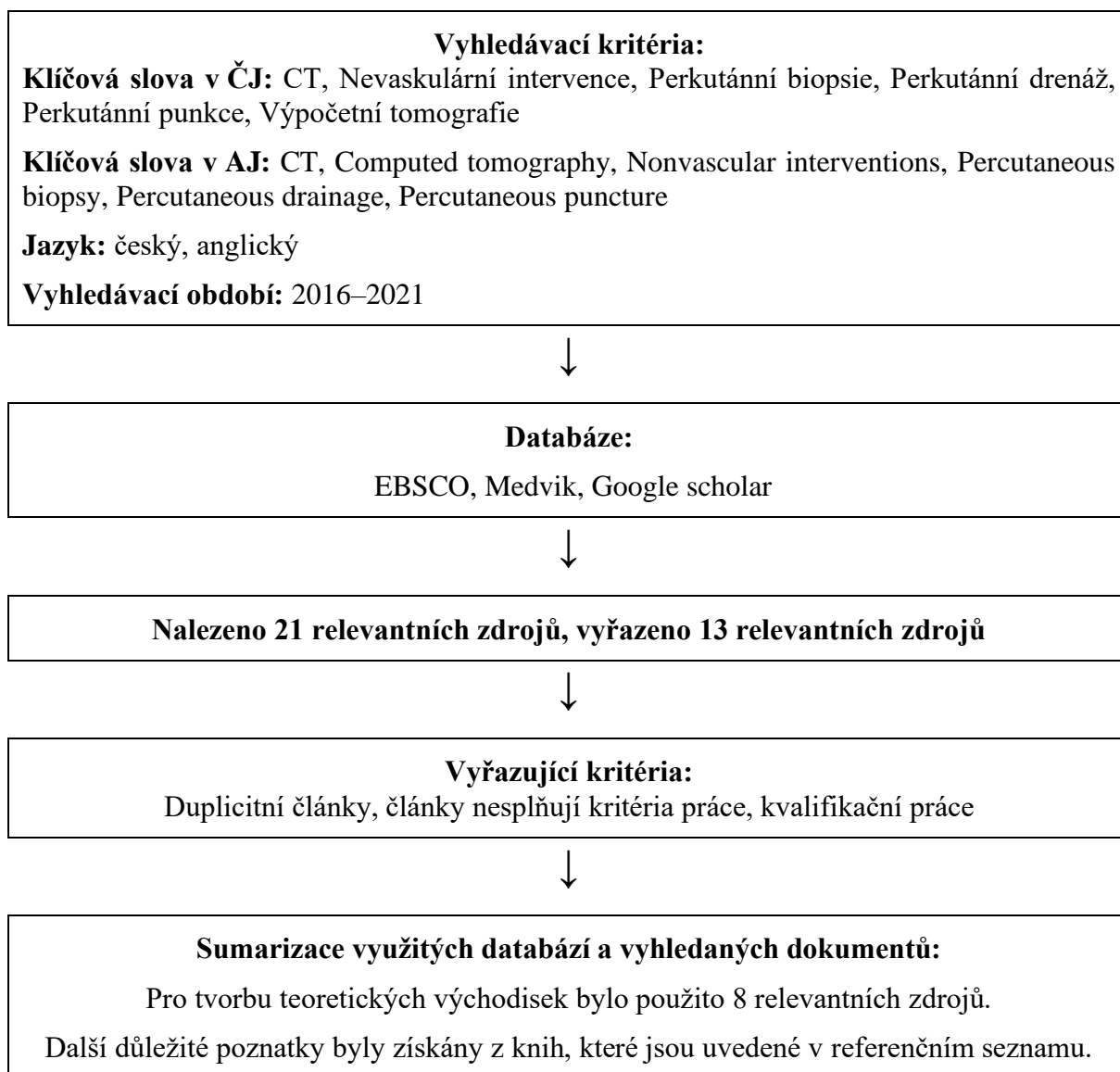
Jaké existují techniky miniinvazivních nevaskulárních výkonů řízené výpočetní tomografií?

Cíle bakalářské práce:

1. Popsat historii a okrajově uvést druhy výpočetní tomografie.
2. Sestavit seznam používaných intervenčních nevaskulárních metod a jejich popis.

1 Popis rešeršní činnosti

Pro rešeršní činnost v této bakalářské práci byl použit standardní postup vyhledávání s použitím klíčových slov.



2 Výpočetní tomografie

„Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda využívající digitální zpracování dat o průchodu rentgenového záření v mnoha průmětech vyšetřovanou vrstvou.“ Jako při klasickém RTG snímkování, je RTG záření zeslabeno ozařovaným objektem a dopadá na detektory. Jedná se o tomografickou metodu (Nekula, 2005, s.18).

2.1 Ranná historie výpočetní tomografie

Vynález CT skeneru přinesl revoluci do radiologické praxe. Tento mimořádný vynález byl umožněn prací několika jednotlivců, zejména Gotfreyho Newbolda Hounsfielda a Allana Maceoda Cormacka. V roce 1967 Hunsfield začal pracovat na svém prvním CT skeneru. Záření, které použil, pocházelo z gama zářiče Americia-241. Kvůli nízkému výkonu zářiče skenování probíhalo 9 dní a počítač potřeboval na zpracování 28 000 měření 2,5 hodiny. Protože byl tento postup příliš zdlouhavý, byly provedeny různé úpravy. Gama záření Americia 241 bylo nahrazeno rentgenkou. I po těchto úpravách trvalo vytvoření snímku jeden den. Aby mohl Hunsfield posoudit užitečnost tohoto stroje, tak přizval ke studii doktora Jamese Ambrose. Společně získali údaje ze vzorku lidského mozku. Zjištění byla povzbudivá v tom, že nádorová tkáň byla jasně ohraničena od šedé a bílé hmoty. Pokračovali v dalších pokusech na prasečích ledvinách a na mozcích čerstvě zabitých volů, které ukázaly detailnější struktury mozku, jako jsou komory a epifýza. V roce 1971 byl nainstalován první klinický prototyp CT mozku (EMI Mark1) v nemocnici v Anglii. Doba na zpracování obrazu se snížila na 20 minut a později se zavedením pokročilejších výpočetních systémů na 4,5 minuty. V roce 1972 byla tímto strojem skenována první pacientka. Pacientkou byla žena, u které se očekával nález mozkové léze. Obraz jasně ukázal velkou tmavou kruhovou cystu na mozku. Při dalších skenech pacientů bylo evidentní, že se potvrdila užitečnost a schopnost CT přístroje rozlišit rozdíl mezi zdravou a nemocnou tkání. Výzkum doktora Hounsfielda vedl k vývoji použitelného CT skeneru pro zobrazování mozku. Za tuto práci obdržel v roce 1979 Nobelovu cenu (Seeram, 2015, s. 6–7).

2.2 Generace CT přístrojů

První generace: Typ skeneru, který společnost EMI vyrobila v roce 1971, se nazývá CT první generace. CT skener se skládal z rentgenky a jednoho detektoru. Ve skeneru první generace je zdroj rentgenového záření kolimován na úzký svazek paprsku takzvaného tužkového tvaru. Měří se pouze jeden paprsek tužkového tvaru. Zdroj rentgenového záření

a detektor nejprve provedou 160 jednotlivých lineárních měření na skenovacím poli. Po dokončení lineárního měření se rentgenka a detektor otočí o jeden uhlový stupeň a lineární měření se opakuje. Vzhledem k celkovému 4,5 minuty dlouhému sběru dat, během kterého vznikaly vážné problémy s kvalitou obrazu v důsledku pohybů pacienta, bylo třeba čas sběru zkrátit, a to vedlo k vývoji 2. generace CT skeneru.

Druhá generace: I když se stále jedná o translačně rotační skener, struktura a počet paprsků a počet rotací je snižena, a to použitím více tužkových paprsků a více detektorů umístěných vedle sebe do tvaru kružnicové výseče. Tím se snížil počet potřebných rotací a doba pro sběr dat. Skener druhé generace snižuje čas akvizice dat tím, že má místo jednoho detektoru 6 detektorů vedle sebe.

Třetí generace: CT skener 3. generace se skládá z velkého množství detektorů, které jsou umístěny na kruhové výseči naproti zdroji rentgenového záření. Velikost detektorů a počet detektorů je dostatečně velký na to, aby byl celý objekt v poli detektorů po celou dobu vyšetření. Zdroj rentgenového záření a detektory zůstávají vůči sobě po celou dobu akvizice stacionární, zatímco celý přístroj se otáčí kolem pacienta. Lineární pohyb je výrazně eliminován. V raných modelech skeneru třetí generace jsou energie a data z detektoru přenášena pomocí kabelů. To má za následek otáčení gantry po směru i proti směru hodinových ručiček. Zrychlení a zpomalení gantry omezovalo rychlost skenování na zhruba 2 sekundy na rotaci. Pozdější modely používají sběrací kroužek místo kabelů. Tím se docílilo, že gantry se může otáčet konstantní rychlostí a doba skenování se snížila na 0,5 sekundy nebo méně. CT skener 3. generace je nejvíce používaným typem v současnosti. Klíčem k úspěchu bylo zavedení technologie sběracího kroužku a také spirálního CT.

Čtvrtá generace: CT skener 4. generace se skládá z uzavřeného prstence detektorů. Tyto detektory zůstávají nehybné po celou dobu skenování, zatímco rentgenka rotuje kolem pacienta.

Pátá generace: CT skener páté generace nese název tomograf s elektronovým svazkem. Skener páté generace provádí akvizici v krátkém čase (20 až 50 milisekund) a tím dokáže „zmrazit“ srdeční pohyb. Tento úkol je náročný pro CT skenery třetí a čtvrté generace kvůli obrovské gravitační síle na rentgenku a detektor. V CT skeneru páté generace neexistuje žádný mechanický pohyb. Skener nepoužívá jako zdroj rentgenku, ale elektronové dělo. Rotace zdroje je zajišťována elektronovým paprskem. Elektronový paprsek je odkloněn pečlivě navrženými cívkami a dopadá na anodu. Celá sestava je utěsněna ve vakuu. Spodní oblouk prstence představuje anodu, která je kolimována na sadu detektorů v horním oblouku (Hsiehr, 2015, s. 12–16).

2.3 Princip výpočetní tomografie

Rentgenové záření, které vychází z rentgenky, je zúženo kolimační šterbinou do tvaru vějíře a prochází přes (objekt) pacienta. Tímto průchodem je záření zeslabeno a dopadá na detektory. Detektory jsou umístěné do kruhové výseče a převádí dopadlé rentgenové záření na elektrické impulsy. Počítač impulsy vyhodnocuje. Rentgenka a detektory jsou po celou dobu pevně spojeny naproti sobě. Rotací rentgenky a detektoru okolo pacienta o 360 stupňů vznikne 1 vrstva. Během jednoho otočení, které trvá v řádu 0,5 až 7 sekund, získáme z každého detektoru stovky dat. Následně počítač zpracovává data a vytváří z nich obraz vyšetřované oblasti (Nekula, 2005, s.19).

2.4 Typy CT přístrojů

Konvenční CT vyšetření spočívá v jedné rotaci rentgenky i detektorů okolo pacienta, následně se posune stůl s pacientem o požadovaný řez a proces se opakuje. Tato technika skenování byla příliš zdlouhavá a dnes se používá jen na některých pracovištích jako jsou radioterapie (použité k plánování čili lokalizaci tumoru před ozařováním) a taktéž jako zdroj pro fúzi obrazů u některých vyšetřeních na Klinice nukleární medicíny (vyšetření např. při OctreoScanech) (Seidl, 2012, s. 45).

U spirálního (helikálního) CT vyšetření je vše kontinuální oproti konvenčnímu CT. Lehátko s pacientem nepřerušovaně zajíždí do gantry a systém rentgenka – detektor se bez přerušení otáčí okolo požadované vyšetřovací oblasti. Velikost posunu lehátka mezi dvěma rotacemi rentgenky se nazývá pitch-faktor. Udává se v milimetrech a dá se měnit.

MDCT (Multi Detektor CT) nebo MSCT (multi slice CT) neboli mnoha detektorové, víceřezné jsou CT přístroje s několika řadami detektorů umístěnými vedle sebe do prstenců. Tento přístroj během jedné otočky gantry zvládá snímání více datových stop současně. A to až 4, 6, 8, 16, 64, 128 i 320 datových stop. Výzkum a vývoj u těchto přístrojů stále probíhá a zvyšuje se jak rychlost otáček, tak i počet detektorů.

DSCT (Dual Source CT), DECT (Dual Energy CT) je CT přístroj se dvěma systémy rentgenka-detektor. Tyto dva systémy jsou v gantry nainstalovány v úhlu 90 stupňů. Akvizice dat může probíhat současně z obou systémů. Při stejném anodovém napětí obou systémů dochází ke zrychlení akvizice, která je např. důležitá u vyšetření srdce (snížení artefaktu obrazu způsobené pohybem srdce) a snížení času expozice. Anebo při expozici s dvojitými energiemi záření získáváme z jednoho místa dva denzní obrazy (Seidl, 2012, s. 49).

Multidetektorové CT s širokými poli detektorů je ideální pro zobrazování velkých anatomických struktur v místě, kde probíhá intervenční výkon. Ovšem k běžným nevasculárním intervencím je možné použít jakýkoliv typ CT přístroje (DECT, MSCT...) (Ahrar, Gupta, 2014, s. 19).

2.5 Navigační systémy

Perkutánní miniinvazivní postupy stále nabývají na důležitosti. Některé postupy se provádí bez kontroly zobrazovacích metod. Tyto postupy používají k orientaci anatomické body, které lze zjistit pohledem nebo pohmatem a používají se pouze v těch anatomických oblastech, ve kterých existuje jen zanedbatelné riziko poškození životně důležitých orgánů (Bale, Widmann [online], 2009).

Vzhledem k technologickému pokroku a v dostupnosti zobrazovacích metod se v posledních desetiletích začal k zobrazování hůře dostupných anatomických struktur používat ultrazvuk (UZV) nebo RTG záření (CT, skiaskopie). Volba optimální zobrazovací techniky je důležitým faktorem pro úspěšnou perkutánní intervenci. Jednotlivé modalitty mají různé výhody a nevýhody, ve smyslu finančních nákladů na vyšetření, přístrojové dostupnosti a možnosti zobrazení ložiska a okolních struktur. Pro úspěšnou intervenci je přehlednost a anatomická znalost stěžejní. Proto volíme modalitu, na které bude ložisko a všechny rizikové okolní struktury jasně viditelné (Bale, Widmann [online], 2009).

3 Nevaskulární intervence

Nevaskulární intervence jsou všechny intervence mimo cévní systém. Jsou rozděleny na diagnostické (biopsie) a terapeutické (punkce, drenáže, ablace, PRT...). Intervenční výkony jdou provádět za pomoci různých zobrazovacích metod. Např. skiaskopie – při ní je možnost zavést jehlu a cévku napřímo, jenže není možné zobrazit patologickou kolekci. U magnetické rezonance je nevýhodou potřeba speciálního instrumentária, dostupnost, časová náročnost a nákladnost vyšetření. Tudiž k nejpoužívanějším zobrazovacím modalitám patří ultrasonografie a výpočetní tomografie. Ultrasonografie má nespornou výhodu, stejně jako MRI, že nepoužívá k vyšetřování ionizující záření. Dále pak má možnost zobrazení RealTime (zobrazení v reálném čase) a má nízkou cenu vyšetření. Ovšem má i své nevýhody, jako je limitace objemem pacienta a horší přehlednost v terénu. Tudiž nejlepší možností zobrazení patologické léze se jeví použití CT přístroje (Krajina, Peregrin, 2005, s. 125).

Gantry na typickém CT skeneru má obvykle průměr 70 cm, ale skenery s velkými gantry mohou mít průměr až 85 cm. Tyto přístroje jsou vhodnější pro intervenční výkony pod CT kontrolou. Široké CT skenery umožňují lepší přístup k pacientovi během intervence. Na CT přístroji jsou velmi důležité ovládací prvky, které umožňují pohyb stolu, jak na samotném přístroji, tak pomocí počítače z ovladovny. Většina výrobců nabízí softwarové balíčky pro intervence pod CT. Tyto počítačové programy velmi pomáhají radiologickým asistentům rychle připravit potřebný vyšetřovací protokol k provedení intervenčního výkonu.

Jak již bylo psáno dříve multidetektorové CT skenery jsou ideální přístroje k intervencím a použití širokého pole skenování pomáhá radiologovi orientovat se v oblasti intervence, například rozpoznat směr jehly v kraniálním a kaudálním směru, ev. moci upravit směr vpichu, pokud dojde ke změně polohy jehly způsobené posunem orgánu během samotné intervence. U multidetektorových CT skenerů je možno využít trojrozměrné rozpoznávání a zobrazování struktur pomocí “vyokňování” (měkkotkáňové, kostní) (Ahrar, Gupta, 2014, s. 19).

Při intervenčních výkonech používá CT dvě techniky navádění. První technika je sekvenční, je to běžné zobrazení používané u každého CT přístroje. Funguje na základě provedení základního skenu se spirálními nebo axiálními řezy, díky nim se vyhledá požadovaná lokalita. Do místa zájmu se zavede jehla a pro ověření její polohy se provede znovu sken. Tento postup se provádí do doby, kdy je jehla v místě zájmu. Výhodou této techniky je přítomnost menší dávky a to, že se právě vyskytuje u všech zařízení. Nevýhodou je délka výkonu a horší zacílení menších ložisek.

Druhou technikou navádění je skiaskopie neboli fluoroskopie. Jedná se o nadstandardní program, který je potřeba k běžným spirálním CT dokoupit. Velkou výhodou této techniky je zobrazení v reálném čase neboli “RealTime” mód při kontinuální rotaci rentgenky. To má za následek vyšší rozlišovací schopnost obrazu a lepší prostorovou orientaci ve 3 rovinách. Největší nevýhodou pro fluoroskopii je množství dávky, které dopadá jak na pacienta, tak i na radiologa. Je nutné proto použít všechny možné zásady radiační ochrany a snížit dopad dávky na personál i pacienta. Dále pak dodržení expozičního času a proudu tak nízko, jak jen je to možné. Hodnota napětí 120 kV se zachovává u obou technik, ale hodnota elektrického proudu u sekvenčního CT je 150–300 mA a u fluoroskopie je snížena na 50 mA. Z důvodu, že je zde přítomnost větších dávek záření se rozvažuje, na jaké spektrum výkonů bude tato technika využita, dále se zde uplatňuje pravidlo optimalizace, klade se důraz na to, aby intervenující lékař omezil zasahování rukou do svazku záření a používat stínění na oblast mimo vyšetření. Výhodou CT skiaskopie je určitě kratší doba výkonu a lepší přístup k malým ložiskům uložených v hloubce (Romans, 2011, s. 3–5; Lucey, Varghese, Hochberg [online], 2007).

3.1 Perkutánní biopsie

Perkutánní biopsie pod CT kontrolou je běžný intervenční radiologický zákrok, který hraje velmi důležitou roli v péči o pacienty. Jedná se o bezpečný a velmi efektivní postup, který je méně invazivní než chirurgická biopsie. Tento druh vyšetření lze provádět pomocí různých zobrazovacích modalit. Perkutánní biopsie je spojována s nízkou morbiditou a mortalitou, proto ji lze využít i u velmi nemocných pacientů, což je velkou výhodou (Arellano, 2011, s. 13).

S rozvojem a zdokonalováním různých zobrazovacích metod (ultrazvuk, magnetická rezonance a výpočetní tomografie) jsou nádory možné detekovat prakticky z kterékoliv části lidského těla. V některých případech stačí jednoduché zobrazování, jindy je potřeba použít kombinaci dvou zobrazovacích metod ke stanovení důkladné diagnózy. Například jednoduché cysty v játrech nebo v ledvinách mohou být dostatečně diagnostikovány jednoduchou metodou zobrazování. Díky vyšetření pomocí výpočetní tomografie je možné zjistit benigní lézi bez nutnosti její biopsie (například jaterní hemangiom). Na druhou stranu tomografické zobrazovací metody nespecifikují typ nádoru, zda je maligní nebo benigní. Avšak k doplnění této chybějící informace může sloužit pozitronová emisní tomografie, která detekuje metabolickou aktivitu tumoru.

Perkutánní biopsie je nejčastěji používaná metoda k potvrzení diagnostikované malignity tumoru. Léčba nemůže být stanovena bez provedení této diagnostiky. Perkutánní biopsie je také velmi důležitá při stanovení šíření tumoru do lymfatických uzlin a vzdálených metastáz. V některých případech je také nezbytné určit typ nádoru a jeho mutace, tedy primodiagnostika. K hodnocení terapie slouží zobrazovací metody CT, PET/CT PET/MR, UZ atd. Kromě odběrů vzorků k diagnostice tumoru lze biopsii využít k určení příčiny dysfunkce či selhání u různých orgánů. Například u pacientů s cirhózou jater a následným selháním jater, u pacientů s renální dysfunkcí nebo selháním ledvin. U těchto pacientů je tato možnost diagnostiky nezbytná.

V průběhu let bylo vyvinuto několik druhů technik k získání vhodného vzorku. Diagnostika probíhá z různých částí těla k určení definitivní patologické diagnózy. Stejně tak existuje několik druhů jehel, každá pro konkrétní aplikaci. Pochopení techniky biopsie může pomoci zajistit bezpečný a úspěšný odběr zasaženého orgánu nebo tumoru (Ahrar, Gupta, 2014, s. 1).

3.1.1 Indikace

Perkutánní biopsie se stala nedílnou součástí diagnostického vyšetření pacientů s rakovinou, kde je k vytvoření léčebného plánu nezbytná přesná patologická diagnóza. Perkutánní biopsie pod CT také poskytuje důležité informace o lokálním šíření nádoru, o postižení lymfatických uzlin a přítomnosti vzdálených metastáz. Zjišťování malignit a identifikace nádorových markerů jsou zásadní v cílené farmakoterapii a individuální léčbě rakoviny. K získání potřebné tkáně pro analýzu molekulárních biomarkerů u pacientů se stále více používají biopsie. Perkutánní biopsie pod CT se používají nejen v počáteční diagnóze, ale také během léčby, aby se vyhodnotila reakce na léčbu, zda je léčba účinná či nikoliv a na konci léčby, aby posloužila k další terapii. Kromě získání maligní nebo nemaligní tkáně lze pomocí perkutánní biopsie pod CT zjistit příčinu orgánové dysfunkce u pacientů s parenchymálními chorobami, jako jsou pacienti s jaterní cirhózou, selháním ledvin, a další. Perkutánní biopsie se také často používá k získání materiálu pro mikrobiologickou analýzu u pacientů se známou nebo suspektní infekcí. Mezi další možné indikace perkutánních biopsií můžeme zařadit:

- Určení povahy léze (maligní, benigní).
- Staging maligních nádorů.
- Identifikace nádorových receptorů.
- Stanovení a rozsah parenchymálního onemocnění (Pua, Covey, 2019, s. 182–183).

3.1.2 Bioptické jehly

Bioptické jehly lze rozdělit do dvou širokých kategorií na základě jejich mechanismů odběru vzorků na FNAB a CCB.

FNAB (fine needle aspiraion biopsy) – jedná se o metodu, při které se provádí nasátí obsahu ložiska pod tlakem. Tyto jehly mají obecně malý průměr a tkáň spíše rozřezávají, než oddělují, a snaží se získat spíše jednotlivé buňky než kousky tkáně. Proto se používají k získávání vzorků pro cytologické vyšetření. K odběru se nejčastěji používá velikost jehly 16 Gauge (G), nutno podotknout, že čím vyšší číslo, tím je jehla tenčí. Pro biopsie se také běžně používají páteřní jehly. Ve srovnání s jinými jehlami mají spinální jehly menší vnitřní lumen a silnější stěnu. Aspirační jehly malého kalibru způsobují minimální narušení tkáně. Úhel zkoseného hrotu je dalším důležitým faktorem, který je velmi přínosný. Menší úhel poskytuje lepší vzorek než větší úhel. Některé aspirační jehly jsou vybaveny ostrou špičkou trokaru a tupým hrotem mandrénu (Ahrar, Gupta, 2014, s. 1–3).

Tyto jehly mívají na sobě radiokontrastní značky, zpravidla po centimetrech, také bývají dvoudílné, složené z mandrénu s hrotem (nejčastěji trokarový hrot) a kanyly, která může mít různě tvarovaná zakončení (ostrý hrot) podle typu punktované tkáně (např. zoubkované ostří u Franzenovi jehly určená k punkci plic). Aspirační jehly pracují na Menginiho principu. Tj. díky ostrému okraji jehly dochází k nařezání tkáně a následnou aspirací (vytvoření podtlaku ve stříkačce) dojde k nasátí malého množství buněk patologické léze. Všeobecnou snahou intervenčního lékaře je dostat se jehlou do středu ložiska. Po vytažení mandrénu rotuje kanylou a mírně s ní pohybujeme nahoru a dolů ve směru vpichu. Současně aspiruje speciální stříkačkou napojenou na jehlu, nebo použije obyčejnou stříkačku napojenou na mechanický aspirátor tzv. handler. Jehlu poté vytáhne a její obsah rozetře na sklíčko, které fixujeme v 96% roztoku alkoholu a odešleme na cytologii. Celé vyšetření je rychlé, poměrně jednoduché a finančně nenáročné, ovšem bez možnosti odběru větších vzorků tkáně nebo odběru z tuhých ložisek.

CCB (Core-cut Biopsy) je metoda, která využívá k odběru tkáně speciální řezací Core-cut jehly. Pomocí “nastřelení” této jehly dojde k získání vzorku tkáně ve formě malého válečku, který je vhodný pro histologickou analýzu. Máme k dispozici automatickou (mechanickou) bioptickou jehlu, která funguje ve třech krocích. Jehla se nejprve natáhne (dojde ke stlačení vystřelovací pružiny), dále zavedeme jehlu těsně k ložisku a do ložiska vysuneme z jehly mandrén s hrotem. V posledním kroku uvolníme pružinu, která nám vystřelí jehlu do ložiska a dojde k uříznutí kompaktního válečku bioptované tkáně – tím je proveden vlastní odběr. Nevýhodou je cena speciální jehly a nemožnost jejího opakovaného použití.

Kvalitu odebíraného vzorku určuje rychlost vystřelení jehly – síla pružiny. Největší sílu pružiny mají bioptická děla, která přes počáteční investici jsou znovupoužitelná a časem zlevňují cenu výkonu. Hlavní součástí bioptického děla je pevná ocelová pružina, nabíjecí mechanismus a vyměnitelné jednorázové punkční jehly. Provedení je stejné jako v předchozím případě. Až dvojnásobně většího vzorku bioptované tkáně docílíme použitím automatické podtlakové jehly (“Full Core Biopsy Gun”). Jednorázové použití a velké náklady na její pořízení jsou její velkou nevýhodou. Při opakovaných odběrech vzorků z jednoho ložiska nebo při špatné dostupnosti je možné použít zavaděč. Ten vytvoří kvalitní pracovní kanál pro bioptické jehly (Boudný, Válek, 2000, s. 8).

Další možností dělení jehel je podle zakončení. Jedná se o jehly koncové nebo boční. Koncové Core-cut jehly první generace byly v zásadě aspirační jehly s naostřeným hrotem pro řezání. Bylo vyvinuto několik různých typů jehel s různými úhly zkosení a hroty. Nejjednodušší řezací jehla vyřízne válec tkáně při pohybu vpřed. Při rotaci a pohybu vpřed se jehla prořízne do tkáně a odebere malý vzorek tkáně. Boční bioptické Core-cut jehly jsou například používané při pleurální biopsii u pacientů s pleurálním výpotkem. Tyto jehly mají u špičky zářez. Jakmile je jehla zavedena do pleurální dutiny, je boční hrana jehly připravena k zachycení pleury a odběru vzorku tkáně. K získání adekvátního vzorku je často potřeba opakovaného odběru (Ahrar, Gupta, 2014, s. 1–3).

3.1.3 Příprava a popis provedení výkonu

Pro případ nutnosti podání kontrastní látky i.v. je pacient lačný (nejíst a nepít 4 hodiny před výkonem), provádí se kontrola aktuálních výsledků laboratorního vyšetření na krvácivost a srážlivost, vysvětlí se mu výkon a podepíše informovaný souhlas. Ve spolupráci s anesteziologem provádíme výkon v lokální anestezii. K samotnému výkonu je třeba nachystat sterilní stůl s pomůckami a instrumentáři k výkonu. Přípravu provádí radiologický asistent nebo zdravotní sestra a většinu se používají již předem připravené sterilní sety. Před samotným rozbalením setu je potřeba udělat dezinfekci povrchu stolu. Asistent provede chirurgické mytí rukou a navlékne si sterilní rukavice, díky nimž může manipulovat se sterilním materiálem. Set je možné po domluvě s dodávající firmou připravit podle individuálních potřeb oddělení, ale měl by vždy obsahovat:

- sterilní roušku na povrch stolu,
- perforovanou roušku (s otvorem) na přikrytí pacienta,
- sterilní tampony a čtverce,

- nádobku na dezinfekci,
- černou jehlu a 10ml stříkačku na lokální znecitlivění,
- jednorázový skalpel nebo jen čepelku skalpelu na malou incizi kůže v místě vpichu
- bioptickou jehlu ev. bioptické dělo (pro CCB),
- spojovací hadičku (nejlépe šroubovací, aby nedošlo k rozpojení hadičky a jehly během aspirace) pro FNAB,
- šroubovací stříkačku většího objemu,
- ev. jehelec s jehlou a šitím,
- náplast k ošetření místa vpichu po výkonu (Craig, Hatfield, 2021, s.502).

Před úvodní lokalizací léze, napoložujeme pacienta tak, aby byla léze dobře přístupná pro lékaře a aby pacient vydržel v této poloze po celou dobu výkonu. Na kůži pacienta připevníme rentgenkontrasní značku (kovový drátek nebo mřížku). Provedeme přehledné vyšetření. Zvolíme úroveň, v níž se nalézá ložisko určené k biopsii, zaměříme hloubku a úhel vpichu jehly na monitoru CT počítače a pomocí centračního paprsku zakreslíme na kůži pacienta značku značkovačem nebo otiskem otlaku pouzdra jehly. Vydezinfikujeme místo vpichu, připravíme sterilní operační pole a umrtvíme místo vpichu (podáváme 1% mesocain 10 ml v případě potřeby i více) ev. provedeme analgosedaci. Podle tloušťky jehly se provede malá incize na kůži a poté se zavede bioptická jehla k patologickému útvaru. Odběr se provádí podle určené techniky biopsie. Nejlépe opakovaně při Core-cut biopsii vějířovitě. Po vytažení jehly provedeme sterilní ošetření rány a provedeme kontrolní sken pro detekci případných komplikací po vpichu. Materiál, který získáme, je buď rozetřen na sklíčko anebo umístěn do fixačního roztoku (Krajina, Peregrin, 2005, s. 126; Ferda, Mírka, Baxa, 2015, s. 138).

3.1.4 Kontraindikace

Kontraindikace zahrnují koagulopatii, hemodynamickou nestabilitu nebo absenci bezpečného přístupu k cílovému místu. V případě jednostranné pulmektomie je také kontraindikací výkonu biopsie ze zbylé plíce. Nespolupracující pacient nebo pacient, který není schopen tolerovat umístění vpichu, může také znemožňovat použití této metody (Pua, Covey, 2019, s.182–183).

3.1.5 Komplikace

Komplikace po perkutánní biopsii lze obecně rozdělit na obecné a orgánově specifické. Při jakékoli biopsii mohou nastat obecné komplikace zahrnující krvácení, infekci, perforaci sousedních struktur a poškození orgánu. Riziko krvácení se obecně stupňuje se zvyšujícím se kalibrem jehly, sklonem jehly, druhem jehly nebo problematickým umístěním orgánů. Krvácení, které vyžaduje transfuzi krve, je málo časté. Může dojít k poranění cílového orgánu nebo orgánu, který leží v dráze vpichu. K poraněním vyžadující další zásah dochází u méně než 2 % pacientů. Infekce je vzácně se vyskytující komplikace po perkutánní biopsii. Častou komplikací spojenou s plicní nebo mediastinální biopsií je pneumotorax, ale může se také vyskytnout i u jiných biopsií, jako jsou biopsie horní části břicha, ve kterých se prochází pleurálním prostorem. Dalšími příklady orgánově specifických komplikací jsou hemoptýza po plicní biopsii a hematurie po renálních biopsiích. Podle pokynů Society of Interventional Radiology (SIR) pro perkutánní biopsii by měly být komplikace kategorizovány jako drobné nebo závažné. Mezi drobné komplikace patří ty, které nemají žádné následky. Mezi závažné komplikace se řadí ty, které vyžadují léčbu a hospitalizaci anebo způsobují trvalé následky nebo smrt. Například pneumotorax vyžadující hrudní drén po perkutánní biopsii plic lze považovat za drobnou nebo významnou komplikaci, v závislosti na délce pobytu v nemocnici a trváním zavedení hrudního drénu. Pneumotorax nebo hrudní drén by byl považován za menší komplikaci, pokud by byl léčen ambulantně nebo v rámci krátkodobého pobytu v nemocnici. Na druhou stranu, pokud by pobyt v nemocnici trval déle než 48 hodin a hrudní drén zůstal na místě po dobu delší než 3 dny, bylo by to považováno za závažnou komplikaci (Pua, Covey, 2019, s.192–193).

3.2 Perkutánní punkce

Perkutánní punkce je nabodnutí tělní dutiny, tekutinové kolekce za účelem diagnostickým nebo terapeutickým. Využívají se nejčastěji u ložisek plicního, jaterního a ledvinového parenchymu a abscesů v meziobratlových prostorech. Punkce pod CT lze teoreticky použít k propíchnutí kolekce jakéhokoliv místa v těle, kromě některých oblastí, které jsou nějak omezené. Před vpichem musí být určeny různé parametry, jako jsou poloha jehly a směr propíchnutí, aby bylo zajištěno, že jehla pronikne podél průřezu RTG záření. Punkci a intervence všeobecně smí provádět jen proškolený intervenční lékař. Nicméně i zkušenému lékaři u složitých punkcí může zákrok trvat déle a během operací se zvyšuje dávka RTG záření z CT (Barolli, Li, Enokido, 2021, s. 360–361).

Počítačová tomografie byla poprvé použita pro diagnostické punkce v roce 1975. Od té doby byly postupy vyšetření pomocí výpočetní tomografie vylepšeny a zmodernizovány. Došlo ke zlepšení kontrastu tkání a lepšímu rozlišení. Tyto novinky vedly ke zvýšení přesnosti a snížení míry komplikací souvisejících s vyšetřením (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 267).

3.2.1 Indikace

Perkutánní punkce se indikuje u pacientů s podezřelými lézemi v parenchymových orgánech, měkkých tkáních a kostech, které nelze upřesnit jinou neinvazivní zobrazovací metodou (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 267).

3.2.2 Kontraindikace

Vzhledem k tomu, že punkce pod CT kontrolou patří mezi relativně časté vyšetření, je třeba se vyhnout komplikacím, které by mohly ohrozit pacienta. Kromě neúmyslného poranění orgánu je hlavním rizikem každého perkutánního zákroku krvácení. Proto je nezbytná kontrola koagulačních faktorů. Obecně musí být antikoagulační léčba ukončena dostatečně včas předem před samotným provedením výkonu. Pokud se k antikoagulaci používají heparin nebo modernější látky (tiklopidin) je potřeba před plánováním vyšetření zkontrolovat koagulační parametry (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 267).

3.2.3 Punkční jehly

Slouží k punkci dutých orgánů, cév, žlučovodů, abscesů, cyst atd. K punkčním jehlám patří i původní Seldingerova jehla. Je možné skrze ně aspirovat obsah ložiska nebo přes něj zavést vodící drát a uplatnit Seldingerovu metodu. Délka jehly se udává v centimetrech (zpravidla v násobku pěti) a jejich vnitřní rozměr je udáván v G. Velká řada výrobců označuje velikost jehly podle barev plastové části, ovšem není tomu tak vždy (např. 18G – růžová silná, 22G – černá tenká). Jehly dělíme podle rozličných parametrů:

- a. podle hrotu – klasický zkosený hrot a trokarový hrot s ostrou špičkou
- b. podle počtu součástí jehly
 - jednodílná, určená převážně pro punkci cévy při angiografických vyšetřeních, při nichž se počítá s punkcí jen přední stěny cévy
 - dvoudílná, složena ze dvou částí, pevného kovového či plastového “obalu” a vnitřního mandrénu s hrotem
 - třídílná (původní Seldingerova) jehla, vnější část je pevný tupý obal, střední část náboj s kónicky tvarovaným koncem a vnitřní část tvoří mandrén s trokarovou

(do diamantu tvarovanou špičkou) nebo “pencil point” špičky (tvar ořezané tužky)

- c. podle průměru, rozdělené na klasické a ultratenké jehly
- ultratenká jehla (tzv. Chiba) je atraumatická jehla s možností opakovaných vpichů s malým rizikem komplikací, její nevýhodou je, že je měkká a má tendenci uhýbat při průniku ze své osy do stran
 - klasické jehly vycházejí z původní Seldingerovy jehly a nejčastěji se používají tyto tři typy: ostrá se zkosenou zevní kanylou a mandrénem, tupá se zužujícím koncem zevní kanyly směřující k ostré špičce vnitřní části jehly – mandrénu, nebo jednoduchá jehla – ostrá zkosená kanyla bez mandrénu (Boudný, Válek, 2000, s.7).

3.2.4 Postup vyšetření

Prvním povinným krokem je nastudování všech vyšetření, která byla pacientovi dosud provedena. Je na intervenčním radiologovi, zda se provede intervence pod CT nebo se zvolí jiný postup (např. chirurgický zákrok). Pokud se doporučí provedení punkce pod CT kontrolou, pacient musí být informován o průběhu, rizicích a možných komplikacích během zákroku.

Před vyšetřením je nutno zkontrolovat hodnoty krve (srážlivost a krvácivost). Obecně by měl platit počet krevních destiček nad 50 mm³. Dále je nutné poučit pacienta a podepsat informovaný souhlas. Připraví se sterilní stůl s následujícími pomůckami:

- sterilní rouška na povrch stolu,
- perforovaná rouška (s otvorem) na přikrytí pacienta,
- sterilní tampony a čtverce,
- nádobka na dezinfekci,
- černá jehla a 10ml stříkačka na lokální znecitlivění,
- jednorázový skalpel nebo jen čepelku skalpelu na malou incizi kůže v místě vpichu,
- punkční jehla (dle výběru intervenčního lékaře),
- spojovací hadička (nejlépe šroubovací, aby nedošlo k rozpojení hadičky a jehly během aspirace),
- šroubovací stříkačka většího objemu,
- ev. jehelec s jehlou a šitím,
- náplast k ošetření místa vpichu po výkonu (Craig, Hatfield, 2021, s.502).

Pacient je položen na vyšetřovací stůl v poloze, která je určena po zhodnocení předchozích vyšetření, aby měl lékař k ložisku dobrou přístupovou cestu. U většiny intervencí se pro plánování provádí skenování spirální oblasti. Skenování lze provést s nebo bez použití kontrastní látky k identifikaci cévních struktur nebo oblasti abnormálních nebo patologických lézí. Dále je třeba rozhodnout, zda musí být zákrok proveden v nádechu, výdechu nebo u volně dýchajícího pacienta. V ideálním případě je rentgen kontrastní mřížka nebo kovový drátek již fixován na pacientově pokožce. Předpokládané místo vpichu lze hodnotit buď na axiálních snímcích, nebo na multiplanárních projekcích. Pokud je nutné dvojité úhlové propíchnutí, je možno gantry naklonit, aby byly poskytnuté snímky rovnoběžné se směrem punkčního traktu. Zaměření na monitoru CT počítače pomyslné dráhy propíchnutí (délka a úhel).

Radiolog poté provede lékařské mytí rukou a oblékne si plášť včetně chirurgické čepice, roušky a rukavic. Oblast punkce se vydezinfikuje a pacient se zakryje perforovanou rouškou, kterou fixujeme na těle pacienta. Po další dezinfekci kůže se provede lokální anestézie. Pomocí stříkačky pro lokální anestezii se lékař poprvé přiblíží k zamýšlenému cíli. U pacientů je povinná opatrná lokální anestezie, zejména při kostních punkcích. Jakmile je jehlou s anestetikem téměř dosaženo cíle, postup se opakuje s punkční jehlou. Po ukončení intervence se místo vpichu ošetří sterilním lepením. Provádí se CT skeny cílové oblasti, aby se vyloučily bezprostřední komplikace v místě vpichu.

V závislosti na použitém postupu by měl pacient obvykle udržovat klid na lůžku po dobu 2–4 hodin, nejlépe ležet na místě vpichu. Během této doby by měl být pravidelně sledován. Po plicních punkcích by měl být přibližně po 2 hodinách proveden alespoň jeden rentgen hrudníku, aby se vyloučil pneumotorax. Po punkcích v horní části břicha je možné zvážit rentgenové vyšetření hrudníku v závislosti na průběhu intervence. U pacientů se sníženou schopností srážení krve nebo po punkcích s rizikem krvácení jsou zapotřebí další kontroly hemoglobinu v krvi (Mahnken, Wilhelm, Ricke, 2013 s. 17–20).

3.3 Perkutánní drenáž

Drény (z anglického slova drain) slouží k odvodu výměšků. Pomocí drénů zajistíme trvalý odvod těchto výměšků, často škodlivých pro tělo pacienta (Boudný, Válek, 2000, s 33).

Perkutánní pod CT patří mezi hlavní metody používané v oblasti nevaskulární intervenční radiologie. Od 80. let 20. století se tato metoda stále rozvíjí a stává se hojně využívanou kvůli minimálnímu invazivnímu postupu odstranění infekčního fokusu (Arellano, 2011, s. 33).

Perkutánní drenáž se používá u pacientů s infekčním fokusem nebo kolekcí, kterou nelze jinak vyřešit. Tato technika není vhodná jen pro léčbu abscesů, ale je také přínosná pro všechny typy odběru patologických tekutin téměř v každém orgánovém systému včetně urinomů, hematomů a dalších. Pod CT kontrolou lze odebrat kolekci tekutiny téměř kdekoliv. Zejména v pánevní nebo podbřišní oblasti a také v oblasti hrudní, z důvodu dobrého sledování průběhu katetrů, drenážních nástrojů či zaváděcích lokalizačních pomůcek. Jelikož je perkutánní drenáž vysoce efektivní procedura s nízkou mírou komplikací, která vyžaduje pouze krátký pobyt v nemocnici, je tato technika vhodnější než chirurgické řešení. Ovšem pouze tehdy je-li možné zajistit dostatečný přístup k místu kolekce tekutiny (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 259–262).

3.3.1 Indikace

Existuje celá řada možných indikací, mezi základní se řadí onemocnění vedoucí k abscesům a jiným hromaděním tekutin, které se mohou vyskytovat ve všech oblastech těla. Indikace pro perkutánní drenáž lze tedy obecně používat u následujících indikací. K získání diagnostického vzorku pro mikrobiologickou, laboratorní nebo cytologickou analýzu. K odsátí obsahu z infekční nebo symptomatické léze. A k léčbě symptomatické nahromaděné léze. Minimální invazivní léčba abscesů je hlavním důvodem využívání perkutánní drenáže. Abscesy obecně vyžadují kombinaci drenáže a antibiotik. Výjimkou jsou malé abscesy (menší než 3 cm), které někdy vymizí samotnou antibiotickou léčbou. Ty s klasickou velikostí však často vyžadují aspiraci pomocí jehly k získání potřebného materiálu pro kultivaci. Mezi další důležité indikace pro perkutánní drenáž patří symptomatické odběry tekutin způsobující bolest nebo obstrukci střeva nebo močovodu (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 259–262).

3.3.2 Kontraindikace

Neexistují žádné absolutní kontraindikace perkutánní drenáže, pokud existuje bezpečná přístupová cesta k lézi. Relativní kontraindikace perkutánního odtoku zahrnuje poruchu srážení krve a neschopnost pacienta spolupracovat. Tyto problémy však lze vyřešit v případě potřeby vhodnými farmaky. Další relativní kontraindikací je četnost fokusů, pokud je 3 a více je vhodnější chirurgická revize (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 259–262).

3.3.3 Příprava pacienta

Perkutánní drenáž lze standardně provádět v lokální anestezii. Někdy je však nutná analgosedace nebo dokonce celková anestézie. Před jakoukoliv drenáží je potřeba provést odběry krve s aktuálními hodnotami hemokoagulace (aPTT – Aktivovaný tromboplastinový čas) včetně počtu krevních destiček. Warfarin musí být nahrazen i.v. nízkomolekulárním heparinem (LMWH). Je vhodné zajištění i.v. přístupu pro možnost podání analgetik (Novalgin či pokročilejší farmakoterapie jako Dormicum) Poloha pacienta je klíčová pro úspěšné provedení punkce. Při samotném vyšetření polohujeme pacienta do určené polohy v závislosti na oblasti léze a možnosti přístupu k dané oblasti. Obě paže nebo alespoň jedna musí být zvednutá za hlavou, aby byl zajištěn obraz bez artefaktů z kostí horní končetiny. V každém případě musí být poloha pacienta stabilní a pohodlná, protože musí být zachována během celého intervenčního postupu (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 259–262).

3.3.4 Nástroje a technika

V případě diagnostické aspirační drenáže může stačit ultra tenká jehla (19–22 G), jinak se používají katetry typu pig tail nebo J-katetry s bočními otvory. Velikost katetru musí odpovídat viskozitě tekutiny. Katetry se zvyšujícími se průměry lumenu se používají ve viskóznějších tekutinách. Mají i různé délky od 20 do 40 cm. Je nezbytné umístit boční otvory katetru dovnitř léze, zejména do abscesů. Pokud toto nelze provést, zvýší se možnost šíření infekčního nebo jiného materiálu do jiných míst v lidském těle. V zásadě existují dvě různé punkční techniky – koaxiální Seldingerova metoda nebo přímá jednokroková – One-step (trokarová) technika. Výběr techniky záleží na preferencích operátora dle osobní zkušenosti. Jednokrokovou techniku lze doporučit v přímých a méně závažných situacích, zatímco koaxiální Seldingerova technika se často používá při horší dostupnosti, aby se snížilo riziko komplikací souvisejících s propíchnutím (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 259–262).

Drény bývají vyrobené z rozličných materiálů, které podléhají dynamickému vývoji a zdokonalování použitých materiálů. Jsou vyrobeny např. z polyethylenu, polyuretanu, nylonu, teflonu či materiály s nesmáčivým (hydrofilním) povrchem. Ba i dokonce s TempTip (rozpuštěným hrotem). Jsou označovány jednotkou F (French), která udává průměr katetru, jež odpovídá asi $\frac{1}{3}$ mm. Pro potřeby nevasculárních intervencí pod CT se používají rozměry od 6 do 16 F, kde platí: čím vyšší číslo tím silnější drén. Katetry lze rozdělit podle tvaru a způsobu použití na:

- a. Drény pro trokarovou techniku. Jsou tvořeny vnitřní tenkou částí (mandrén) s ostrou špičkou, která je zavedena do pevné kovové výztuhy. Spolu jsou tyto dvě části zavedeny

do flexibilního měkkého drénu. Je důležité, aby jednotlivé části do sebe zapadaly a spolu vytvořili kónickou špičku, ze které vyčnívá několik mm ostrý hrot mandrénu a aby tento přechod byl plynulý. Dále je důležité, aby nedošlo k předsunutí ostatních částí celého komplexu přes ostrou špičku.

- b. Drény pro Seldingerovu techniku. Nemají vnitřní mandrén ani kovovou výztuhu, mohou mít plastovou výztuhu s volným vnitřním kanálem určeným pro vodičí drát. Zavedení toho drénu probíhá již po zavedení vodiče, který je umístěn v ložisku. Je důležité brát na zřetel, že vnitřní průsvit drénu v místě hrotu musí co nejpřesněji odpovídat šířce vodičího drátu.
- c. Jednocestný rovný zevní drén. Slouží ke krátkodobé drenáži. U těchto drénů je důležité, jak je fixován v místě kolekce. Jedná se o typy, kterým se po vytažení vnitřní výztuhy ohne špička do tvaru "J" nebo zatažením za nit sroluje do tvaru prasečího ocásku (pig tail). Katétr Mallecot vytváří po vytažení výztuh na špičce katetru růžici.
- d. Dvoucestný drén (např. van Sonnenberg). Obsahuje ve stěně vlastního drénu kanálek, končící u hrotu drénu, díky němuž můžeme ložisko současně proplachovat a drenovat. Uplatňuje se u drenáží v oblasti hrudníku a břicha, které mají ložisko s nekrotickým obsahem (Boudný, Válek, 2000, s 33).

Jednokroková trokarová technika se provádí tak, že se nejprve do nashromážděné tekutiny v těle vpíchne referenční jehla. Poté se paralelně s referenční jehlou zavede do hloubky drenážní katetr, který obsahuje ostrý mandrén. Důležitý je během této techniky dostatečný řez kůže a podkožní tkáně skalpelem nebo chirurgickými kleštěmi. Jinak může dojít k uvíznutí drenážního katétru. Když se katetr dostane přes stěnu abscesu, lékař obvykle cítí, že počáteční odpor náhle ustoupí. Centrální mandrén se odstraní a pomocí drenážního katétru se poté odsaje tekutina. Obsah ložiska je aktivně odsátý do stříkačky a pak je drén napojený na drenážní vak. V případě vysoce viskózní kapaliny lze podávat fyziologický roztok. Nakonec je katetr přišitý k pokožce nebo fixován pomocí speciálního lepícího fixačního zařízení. Okamžitě po umístění drenáže se provede kontrolní CT sken, aby se zjistilo, zda nejsou přítomny žádné další nahromaděné abscesy (Reiser, Becker, Nikolaou, 2009, s. 527).

Při intervencích Seldingerovou technikou dochází k napíchnutí ložiska Seldingerovou jehlou a zavedením vodičího drátu, po němž můžeme rovnou vést katetr nebo zaváděcí pouzdro pro lepší manipulaci, či výměnu instrumentária. Seldingerova jehla má tři části – zevní tupou kanylu, střední distálně kónický náboj a vnitřní mandrén s ostrým hrotem (Boudný, Válek, 2000, s 7).

3.3.5 Komplikace

Komplikace jsou pozorovány přibližně u 10 % pacientů podstupujících perkutánní drenáž. Jelikož je stěna abscesu vysoce vaskularizovaná, je u ní možnost průchodu bakterií a vzniku bakteriémie. Toto může být někdy způsobeno samotným umístěním drenážního katétru. Podávání širokospektrých antibiotik před intervencí pomůže předcházet dalším následkům. Krvácení je další možná komplikace relativně běžná u všech intervenčních výkonů, ale pravděpodobnost relevantního krvácení lze minimalizovat farmakologickou přípravou u pacientů s poruchou srážlivosti před samotnou drenáží. V dobře prokrvených orgánech, jako je slezina nebo játra, lze subkapsulárnímu nebo parenchymálnímu krvácení zabránit použitím malých katetrů. Pokud byla drenáž úspěšně zavedena do abscesu procházejícího střevy a jeden nebo více bočních otvorů komunikuje s lumen střeva, pak může i střevní tekutina odtékat perkutánně skrze drenážní katetr. Tedy neúmyslná perforace střeva jehlou (Seldingerova technika) nebo samotným drenážním katetrem (technika trocar) představuje komplikaci, která vyžaduje chirurgickou revizi. V případě, že se u pacienta po zavedení drenáže objeví příznaky peritonitidy, je nutný okamžitý chirurgický zákrok. Mezi další možné komplikace můžeme zařadit:

- Septický šok.
- Bakteriémie vyžadující nový významný zásah.
- Krvácení vyžadující transfuzi.
- Superinfekce (zahrnuje infekci odběru sterilní tekutiny).
- Transgrese střev vyžadující intervenci.
- Pleurální přestup vyžadující intervenci (břišní výkony).
- Pleurální přestup vyžadující intervenci (výkony na hrudi) (Reiser, Becker, Nikolaou, 2009, s. 532).

3.4 Periradikulární terapie

Radikulární nebo pseudoradikulární bolest je jednou z nejčastějších poruch páteře. Většina pacientů trpí akutní nebo chronickou hernií disku, degenerativním poškozením páteře nebo pooperační epidurální fibrózou. Vedle parestézie je hlavním příznakem bolest. Primárním cílem terapie je odstranění bolesti. Zablokování nervového kořene injekcí lidokainu poprvé popsal Macnab v roce 1971. Od té doby bylo provedeno několik studií o vlivu lokální aplikace kortikosteroidů. Souhrnně lze říci, že nejlepšího výsledku studie bylo dosaženo injekcí, která obsahovala kombinaci lokálních anestetik a kortikosteroidů, ve srovnání s injekcí pouze

lokálních anestetik. Jednoduchým vysvětlením přínosu kortikosteroidů je skutečnost, že tkáň jádra meziobratlové ploténky má zánětlivé vlastnosti vedoucí k intraneurálnímu edému, což je velmi důležitý faktor v patogenezi ischiatické bolesti. Aplikací kortikosteroidů kolem kořene nervu a epidurálního prostoru se sníží lokální edém a zánět díky uvolňování zánětlivých enzymů, jako je fosfolipáza A2 (Mahnken, Wilhelm, Ricke, 2013 s. 304–306).

Periradikulární terapie pod CT se využívá u pacientů s radikální nebo cervikální radikulopatií a je bezpečnou a efektivní terapií, která minimalizuje nutnost chirurgického zákroku. Tato metoda byla zavedena již v roce 1989. PRT nervového kořene je prvním krokem před operativním zákrokem u pacientů s radikulopatií v důsledku herniovaného jádra meziobratlové ploténky nebo spinální stenózy. Chirurgický zákrok je potřebný pouze u pacientů trpících radikulopatií s nebo bez malého smyslového nebo motorického deficitu, ale je nutný pouze v případě, když bolest nelze potlačit neoperativním způsobem (Mahnken, Wilhelm, Ricke, 2013 s. 304–306).

3.4.1 Postup vyšetření

U periradikulární terapie kořenů nervů by měla být špička jehly umístěna ventrálně k příčnému výběžku obratle. Nejbezpečnějším přístupem je propíchnutí dorzolaterální části krku přímo do příčného výběžku. Po kontaktu s kostí můžeme postupně pokračovat do konečné polohy. Tento přístup poskytuje největší bezpečnost, kvůli zabránění kontaktu s vertebrální tepnou. Průměrná doba tohoto postupu je méně než 20 minut. Obvykle se postup provádí ambulantně. Dohled nad pacientem je obvykle jen 30 minut po ukončení léčby. Ovšem někdy není korelace mezi dermatomem a nervovým kořenem jasně definována. V tomto případě by měl být doporučen koncept postupné terapie. Je lepší léčit jen nervový kořen způsobující velmi závažné příznaky v první den léčby. Pokud se u ošetřeného dermatomu vyskytne reakce a stále přetrvává bolest nebo parestézie, měla by být o 3 týdny později provedena kombinovaná léčba stejného nervového kořene a následným zásahem do kořene nad nebo pod. Tato léčba by se měla provádět opakovaně, dvakrát s odstupem nejméně tří týdnů, aby se dokončil cyklus léčby. Po jednom cyklu léčby se doporučuje interval minimálně šesti měsíců. Ve výjimečných případech může být interval snížen. Je však třeba vzít v úvahu nepříznivé účinky při distribuci kortikosteroidů (Mahnken, Wilhelm, Ricke, 2013 s. 304–306).

3.5 Perkutánní termoablace

Do perkutánních termoablací je možné zařadit radiofrekvenční ablací (RFA), laserovou intersticiální termoterapii (LITT), mikrovlnnou ablací (MWA) a kryoablaci. Tyto metody patří mezi minimálně invazivní terapie při léčbě jaterních a nehepatických onemocnění. Radiofrekvenční ablace pod CT je významná v potenciální léčebné terapii primárních a sekundárních nádorů jater. V současné době se radiofrekvenční ablace pod CT používá u primárních a sekundárních malignit plic, karcinomu ledvin a při léčbě symptomatických kostních nádorů a nádorů měkkých tkání. Procesy termální ablace ničí nádorové tkáně buď teplem nebo chladem v ohraničené oblasti. Radiofrekvenční ablace je nejrozšířenější termální ablační terapie. Principem radiofrekvenční ablace je indukce třetího tepla způsobeného pohybem iontů. Proto musí být aplikován vysokofrekvenční elektrický proud (375–480 kHz), což vede ke koagulaci tkáně. Elektrický proud je uzavřen mezi dvěma elektrodami. U většiny aktuálně dostupných radiofrekvenčních zařízení existuje jedna aktivní elektroda umístěná v cílové tkáni a disperzní elektrody (uzemňovací podložky) umístěné na povrchu těla. V bipolárních a multipolárních radiofrekvenčních zařízeních jsou elektrody umístěny v cílové tkáni a nejsou potřeba žádné uzemňovací podložky. Při bipolární vysokofrekvenční ablací je elektrický obvod uzavřen mezi dvěma vysokofrekvenčními elektrodami umístěnými v nebo na okraji nádoru. V multipolární radiofrekvenční ablací jsou kombinovány více než dvě elektrody, což umožňuje následnou aktivaci každé možné dvojice elektrod (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 275).

3.5.1 Indikace

Termální ablace je indikovaná u pacientů trpících primárními a sekundárními nádory jater. U pacientů s renálním karcinomem, u primárních a sekundárních malignit plic a nádorů měkkých tkání (Brüning, Küttner, Flohr, 2006, s. 275).

3.5.2 Radiofrekvenční ablace

Radiofrekvenční ablace (RFA) je tepelná modifikace termoablace. Sonda vytváří elektrický proud, který prochází tělem pacienta na uzemňovací podložku umístěnou jinde na těle pacienta (typicky na břišní stěně nebo noze). Proud se koncentruje na špičce jehly, což má za následek lokalizované zahřívání. Když dosáhne tkáň teploty vyšší než 50 °C, dojde k poškození tkáně a vzniku nekrózy. Doba trvání ablačního postupu závisí na počtu a velikosti ložisek, které mají být odstraněny, a obtížnosti umístění sondy. Procedury obvykle trvají

1 až 3 hodiny. RFA se nejčastěji provádí pod počítačovou tomografií. Pro zajištění přesného umístění jehly a omezení komplikací je právě CT nezbytné. K odhadu ablační zóny lze navíc použít nepřímé známky nádoru, jako je tvorba plynových bublin nebo jemné změny ve struktuře tkáně (Weiss, Gross, 2017, s. 618–619).

3.5.3 Mikrovlnná ablace

Mikrovlnná ablace (MWA) také zahrnuje umístění jehlové sondy do nádoru pod vedením CT. Sonda funguje jako anténa, která přenáší mikrovlnnou energii do okolní tkáně. Tato energie vede k rychlému přeskupení molekul (dielektrická hystereze), které způsobí rychlé zahřátí a destrukci tkáně. Mikrovlnná ablace typicky vytváří rovnoměrnější zónu s rychlejším ohřevem ve srovnání s radiofrekvenční ablací, zejména proto, že mikrovlny jsou účinnější při procházení spálenými a nekrotickými tkáněmi. MWA také prokázala lepší klinické výsledky v léčbě větších nádorů (větší než 5 cm) ve srovnání s RFA. Mikrovlnná ablace se také nejčastěji provádí pod vedením CT kvůli relativní snadnosti použití a nižším nákladům (Weiss, Gross, 2017, s. 618–619).

3.5.4 Kryoablace

Kryoablace používá metodu rychlého zchlazení tkáně, při které dochází k poškození (destrukci) tumorózního ložiska. Ochlazení se dosáhne rychlou expanzí plynu (např. argonu) uvnitř jehlové sondy, přičemž nejúčinnější jsou teploty okolo $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po ochlazení se tkáň na několik minut rozmrazí. Cykly zmrazování a rozmrazování vedou k buněčné smrti mnoha mechanismy, včetně přímé okamžité buněčné toxicity, opožděné apoptózy a ischemického poškození. Každý cyklus zmrazení a rozmrazení se opakuje alespoň dvakrát, přičemž každý cyklus trvá 5 až 20 minut. Kryoablace obvykle trvá déle než radiofrekvenční ablace a mikrovlnná ablace kvůli potřebě více cyklů zmrazení a rozmrazení a použití více sond. Na rozdíl od mikrovlnné a vysokofrekvenční ablace je zóna kryoablace jasně vizualizována pomocí CT. Proto je kryoablace často upřednostňována u nádorů blízkých kritickým strukturám, které mohou být během ablace neúmyslně poškozeny, a u menších nádorů, u nichž je trvání procedury srovnatelné s MW a RF ablací. V případech odstranění větších nádorů se používá několik sond umístěných 1 až 2 cm od sebe a do 1 cm od vnějšího okraje nádoru, aby bylo zajištěno úplné pokrytí (Weiss, Gross, 2017, s. 618–619).

Závěr

Přehledová bakalářská práce se zabývá nevasculárními intervencemi pod kontrolou CT. V první části byla popsána výpočetní tomografie. Hlavní část práce tvoří jednotlivé používané techniky. Nejprve byla popsána biopsie, u které je zmíněn popis, indikace, kontraindikace a postup vyšetření. Další neodmyslitelně důležitou technikou je perkutánní drenáž. V následující kapitole byla definována punkce včetně indikací, popisu a komplikací. Poté následuje periradikulární radioterapie a termoablace.

V úvodu práce byly formulovány dva cíle. Popsat historii a okrajově uvést druhy výpočetní tomografie. Sestavit seznam používaných intervenčních nevasculárních metod a jejich popis. Oba cíle byly po studiu publikované literatury naplněny.

Referenční seznam

AHRAR, Kamran a Sanjay GUPTA, ed., 2014. Percutaneous Image-Guided Biopsy. New York: Springer-Verlag New York. ISBN 978-1461482161.

ARELLANO, Ronald, 2011. Non-Vascular Interventional Radiology of the Abdomen. New York: Springer-Verlag New York. ISBN 978-1441977311.

BALE, Reto a Gerlig WIDMANN, 2009. Navigated CT-guided interventions. Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies [online]. 16(4), 196-204 [cit. 2021-03-31]. ISSN 1364-5706. Dostupné z: doi:10.1080/13645700701520578

BAROLLI, Leonard, Kin LI, Tomoya ENOKIDO a Makoto TAKIZAWA, ed., 2021. Advances in Networked-Based Information Systems: The 23rd International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2020). Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 978-3030578107.

BOUDNÝ, Jaroslav a Vlastimil VÁLEK, 2000. Moderní diagnostické metody. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. ISBN 80-7013-298-1.

BRÜNING, Roland, Axel KÜTTNER a Thomas FLOHR, 2006. Protocols for Multislice CT. 2nd Edition. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-42689-6.

CRAIG, Anne a Anthea HATFIELD, 2021. The Complete Recovery Room Book. 6th Edition. New York: Oxford University Press. ISBN 978-0198846840.

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN, [2015]. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén. ISBN 9788074921643.

HSIEH, Jiang, 2015. Computed Tomography: Principles, Design, Artifacts, and Recent Advances. Third Edition. Bellingham: SPIE Press. ISBN 978-1628418255.

KRAJINA, Antonín a Jan H. PEREGRIN, 2005. Intervenční radiologie: miniinvazivní terapie. Hradec Králové: Olga Čermáková. ISBN 8086703088.

LUCEY, Brian C., Jose C. VARGHESE, Aaron HOCHBERG, Michael A. BLAKE a Jorge A. SOTO, 2007. CT-Guided Intervention with Low Radiation Dose: Feasibility and Experience. American Journal of Roentgenology [online]. 188(5), 1187-1194 [cit. 2021-04-03]. ISSN 0361803X. Dostupné z: doi:10.2214/AJR.06.0378

MAHNKEN, Andreas, Kai WILHELM a Jens RICKE, ed., 2013. CT – and MR-Guided Interventions in Radiology. 2nd Edition. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3642335808.

MUELLER-HUELSBECK, Stefan a Thomas JAHNKE, 2019. Complications in Non-vascular Interventional Therapy and Interventional Oncology: Case-based Solutions. New: Thieme. ISBN 978-3132412873.

NEKULA, Josef, 2005. Radiologie. 3. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 8024410117.

PUA, Bradley, Anne COVEY a David MADOFF, 2019. Interventional Radiology: Fundamentals of Clinical Practice. New York: Oxford University Press. ISBN 978-0190276249.

REISER, Maximilian, Christoph BECKER, Konstantin NIKOLAOU a Gary GLAZER, 2009. Multislice CT. 3rd Edition. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-33124-7.

ROMANS, Lois, 2011. Computed Tomography for Technologists: A Comprehensive Text. Maryland: Wollters Kluwer Health / Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 978-0781777513.

SEERAM, Euclid, 2015. Computed Tomography: Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control. 4th Edition. Australia: Elsevier books. ISBN 0323312888.

SEIDL, Zdeněk, 2012. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4108-6.

TASLAKIAN, Bedros, Aghiad AL-KUTOUBI a Jamal HOBALLAH, ed., 2016. Procedural Dictations in Image-Guided Intervention: Non-Vascular, Vascular and Neuro Interventions. Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 978-3319408439.

WEISS, Mark a Wendy GROSS, ed., 2017. Anesthesia Outside the Operating Room An Issue of Anesthesiology Clinics. Pennsylvania: Elsevier books. ISBN 978-0323545402.

Seznam zkratek

AP	předozadní
aPTT	aktivovaný tromboplastinový čas
CCB	Core-cut Biopsy
cm	centimetr
CT	výpočetní tomografie
DECT	Dual Energy CT
DSCT	Dual Source CT
F	french, velikosti průměrů katétrů
FNAB	fine needle aspiraion biopsy
G	gauge, velikosti průměrů jehel
i.v.	intravenózní aplikace
kHz	kilohertz
kV	kilovolt
LITT	laserová intersticiální termoterapie
LMWH	nízkomolekulárním heparin
MDCT	multi detektorové CT
ml	mililitr
mm	milimetr
mm ³	milimetr krychlový
MR	magnetická rezonance
MSCT	multi slice CT
MWA	mikrovlnná ablace
PET	pozitronová emisní tomografie
PET/CT	pozitronová emisní tomografie/výpočetní tomografie
PET/MR	pozitronová emisní tomografie/magnetická rezonance
PRT	periradikulární terapie
RFA	radiofrekvenční ablace
RTG	rentgen
SIR	Society of Interventional Radiology
UZ	ultrazvuk