

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Veronika Tomšíková

Biopsie za použití radiologických metod

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Olomouc 2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 22. dubna 2022

podpis

Ráda bych tímto poděkovala panu MUDr. Radimu Kováři za odborné vedení v průběhu tvorby bakalářské práce a za cenné rady, které mi poskytl.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Biopsie za použití radiologických metod

Název práce: Biopsie za použití radiologických metod

Název práce v AJ: Using imaging methods for providing biopsy

Datum zadání: 2021-11-30

Datum odevzdání: 2022-04-22

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Veronika Tomšíková

Vedoucí práce: MUDr. Radim Kovář

Oponent práce: MUDr. Tomáš Klimas

Abstrakt v ČJ: Tato přehledová bakalářská práce se zabývá tématem provedení biopsie za použití radiologických metod. Na základě rešeršní činnosti byly dohledány doposud publikované poznatky o historii, principu a rozdělení biopsie. Dále používané instrumentarium, komplikace, indikace a kontraindikace. Práce rovněž předkládá stručný přehled zobrazovacích metod, které jsou využívány pro bioptický výkon a popisuje jednotlivé postupy biopsie pod kontrolou výpočetní tomografie, ultrasonografie, magnetické rezonance a mamografie. Relevantní dokumenty pro tvorbu teoretických východisek byly dohledány v knihách a elektronických vědeckých databázích Google Scholar, EBSCO, Medvik a ResearchGate.

Abstrakt v AJ: This survey bachelor thesis deals with the topic of using imaging methods for providing biopsy. Based on the (literature) research previously published findings about the history, principle and division of biopsy were found. Furthermore, used instruments, complications, indications, and contraindications. This thesis also presents a brief overview of imaging methods that are used for biopsy and describes

individual biopsy procedures under the control of computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance and mammography. Relevant documents for the creation of theoretical background have been found in books and electronic databases as Google Scholar, EBSCO, Medvik and ResearchGate.

Klíčová slova v ČJ: biopsie, vakuová biopsie, core-cut biopsie, aspirační biopsie, transjugulární biopsie, instrumentárium, zobrazovací metody, ultrasonografie, magnetická rezonance, výpočetní tomografie, mamografie

Klíčová slova v AJ: biopsy, vacuum biopsy, core-cut biopsy, fine needle aspiration biopsy, transjugular biopsy, instruments, imaging methods, ultrasonography, magnetic resonance, computed tomography, mamography

Rozsah: 41 stran

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 8 |
| Popis rešeršní činnosti | 9 |
| 1. Intervenční radiologie..... | 10 |
| Nevaskulární intervence | 10 |
| Definice biopsie | 11 |
| Historie biopsie..... | 11 |
| Rozdělení biopsií..... | 12 |
| Aspirační cytologická biopsie (FNAB)..... | 12 |
| Core-cut biopsie (CCB)..... | 12 |
| Vakuová biopsie (VAB)..... | 13 |
| Radiofrekvenční ablace (RFA)..... | 13 |
| Radiofrekvenční ablace lézí prsu (RFA) | 14 |
| Vaskulární intervence | 14 |
| Transjugulární biopsie | 14 |
| 2. Zobrazovací metody | 16 |
| Výpočetní tomografie (CT) | 16 |
| Ultrasonografie (US)..... | 16 |
| Magnetická rezonance (MR) | 17 |
| Mamografie | 18 |
| Skiaskopicko-skiagrafický přístroj..... | 19 |
| Skiagrafie..... | 19 |
| Skiaskopie | 19 |
| 3. Příprava bioptického výkonu..... | 20 |
| Instrumentárium | 20 |
| Indikace a kontraindikace | 23 |
| Komplikace..... | 23 |

| | |
|---|----|
| Úloha radiologického asistenta při intervenčních výkonech | 24 |
| Příprava pacienta | 25 |
| 4. Způsoby navigace biopsie a jejich průběh | 26 |
| Biopsie pod kontrolou výpočetní tomografie | 26 |
| Průběh výkonu pod CT kontrolou | 26 |
| Biopsie pod ultrasonografickou kontrolou | 27 |
| Průběh výkonu pod US kontrolou | 27 |
| Biopsie v mamografii | 28 |
| Průběh core-cut biopsie pod kontrolou mamografie | 28 |
| Průběh vakuové biopsie pod kontrolou mamografie | 29 |
| Průběh aspirační biopsie (fine needle biopsy) | 29 |
| Biopsie pod kontrolou magnetické rezonance | 29 |
| Průběh výkonu pod MR kontrolou | 30 |
| Technika in-bore | 30 |
| Postup při transrektálním zobrazení pomocí MR | 30 |
| Postup při transperineálním zobrazení pomocí MR | 31 |
| Kognitivní fúze | 31 |
| Softwarová fúze | 31 |
| 5. Biopsie v určitých oblastech | 32 |
| Biopsie v oblasti hrudníku | 32 |
| Biopsie kostních struktur | 32 |
| Biopsie v oblasti břicha a pánve | 33 |
| 6. Srovnání CT, US, MRI a RTG kontroly | 35 |
| Závěr | 36 |
| Referenční seznam | 37 |
| Seznam zkratk | 40 |
| Seznam obrázků | 41 |

Úvod

Biopsie neboli odběr vzorků je diagnostickou metodou, která je velice rozšířená, protože nádorové onemocnění v české republice stoupá. S nádorovým onemocněním se v průběhu života setká mnoho jedinců. Ročně je v ČR diagnostikováno více než 87 000 pacientů se zhoubným novotvarem. Proto toto vyšetření hraje klíčovou roli v onkologii. Slouží pro přesnější určení povahy novotvaru, zdali se jedná o benigní či maligní lézi.

Bioptický výkon je definován jako cílené umístění speciální bioptické jehly do patologické léze v živém organismu, za účelem odběru tkáně či buněk pro histologické vyšetření. Pro navigaci jehly a přesný odběr lézí slouží zobrazovací metody, přesněji výpočetní tomografie, ultrasonografie, magnetická rezonance či skiaskopie.

Účelem mé práce je předložit veřejnosti dohledané poznatky o principu provedení biopsie a ujistit je, že se jedná o miniinvazivní a bezbolestné vyšetření.

Cílem přehledové bakalářské práce bylo sumarizovat dohledané a aktuální informace o postupech provedení biopsie pod kontrolou zobrazovacích metod. Cíl práce byl dále specifikován v dílčích cílech:

1. Objasnit rozdíl mezi jednotlivými druhy biopsií.
2. Předložit stručný přehled zobrazovacích metod využívajících se při biopsii.
3. Předložit poznatky o biopsiích v určitých částech lidského těla.

Popis rešeršní činnosti

V této bakalářské práci byly použity validní a aktuální zdroje k tématu provedení biopsie za použití radiologických metod. V první fázi byly využity knihy z Knihovny Petra Bezruče v Opavě a z online knihovny Bookport. Celkem bylo využito 7 knih v českém jazyce. Další fáze byla zaměřena na elektronické databáze konkrétně Google Scholar, EBSCO, Medvik a ResearchGate, ve kterých byly vyhledány odborné vědecké články. Publikované v posledních deseti letech. Vědecké články byly vyhledány v českém, slovenském a anglickém jazyce. Hlavní použitá klíčová byla biopsie, vakuová biopsie, core-cut biopsie, aspirační biopsie, transjugulární biopsie, instrumentarium, zobrazovací metody, ultrasonografie, magnetická rezonance, výpočetní tomografie a mamografie. V českém jazyce bylo dohledáno 154 článků, z toho 9 jich bylo použito. A v anglickém jazyce bylo nalezeno 239 článků z toho využito bylo 6 článků. V poslední fázi byly použity 2 informační zdroje dostupné online.

1. Intervenční radiologie

Intervenční radiologie je samostatný nástavbový medicínský obor, který vychází z oboru radiologie a podílí se na péči o nemocné, již ne pouhým diagnostickým zobrazováním, ale diagnostickými bioptickými metodami. V první řadě terapeutickými výkony, ať již koncepčně zcela novými, tak i nahrazujícími či usnadňujícími chirurgický výkon. Tyto výkony jsou prováděny pod kontrolou zobrazovacích metod užívaných v radiodiagnostice. Svůj základ mají v perkutánním přístupu a technicky vycházejí z katetrizace (Heřman, 2014, s. 277).

V současnosti intervence poskytuje široké spektrum výkonů v diagnostice a léčbě onemocnění, zvláště nádorových. Diagnostické odběry tkání na histologické vyšetření a stanovení přesného typu nádorového procesu jsou prvním krokem na adekvátní onkologickou či chirurgickou léčbu pacientů. Nevyhnutelností je však přiměřené technické a personální vybavení pracovišť, standardizace jednotlivých postupů a dodržování doporučení uznávaných intervenčních společností na základě evidence based medicine, což výrazně zkvalitňuje terapeutický proces (Uhrin, 2020, s. 103).

Jedná se o dynamicky vyvíjející se specializaci, která umožňuje intervenčním radiologům vykonávat miniinvazivní zákroky s cílem diagnostikovat, ošetřovat a léčit. Tyto metody se stále více používají v multidisciplinárním managementu pacientů s nádorovým onemocněním, který je založený na spolupráci radiologa, chirurga, klinického onkologa a radiačního onkologa.

Výhodou intervenčních výkonů je jejich miniinvazivita spojená s nízkým rizikem komplikací pro pacienta a kratším časem rekonvalescence. K dalším benefitům patří zkrácený čas hospitalizace, se kterým je spojena snížená míra nákladů v porovnání s chirurgickou léčbou. Jde o vyvíjející se obor, naplno využívající nástroje moderních technologií, což umožňuje snižovat míru radiační zátěže pacienta, ale také radiologa (Uhrin, s. 110).

Intervence se dělí na nevaskulární a vaskulární (Heřman, 2014 s. 277).

Nevaskulární intervence

Nevaskulární výkony se provádějí mimo cévní systém. Jedním z nejčastějších intervenčních výkonů prováděných na radiologických odděleních jsou perkutánní biopsie, a to z důvodu, že k lokalizaci nádorů se využívají zobrazovací metody.

Používají se k navigaci nejen u nehmavných povrchových nádorů, ale také ke kontrole hmatných lézí pro vyšší úspěšnost při odběrech (Heřman, 2014, s. 291).

Definice biopsie

Perkutánní biopsie se řadí do nevaskulárních intervencí a jedná se o miniinvazivní zákrok, při kterém jsou vhodným instrumentáři prováděny diagnostické odběry patologických ložisek a tekutin, za účelem histologického či mikrobiologického vyšetření (Malíková, 2019, s. 49). Podle způsobu odběru vzorku rozlišujeme biopsii na perkutánní biopsii naslepo a cílenou biopsii navigovanou (Hůlek, 2018, s. 121). K navigaci lézí určených k biopsii se využívají zobrazovací metody z důvodu vyšší úspěšnosti při odběrech tkání. Nejčastěji je výkon prováděn pod kontrolou ultrazvukové sondy, výpočetní tomografie, magnetické rezonance a také skiaskopie (Malíková, 2019, s. 49). Jedná se o minimálně bolestivý a velmi rychlý výkon (Seidl, 2012, s. 571). Bioptický výkon je velmi důležitý, především při onkologické diagnostice (Ferda, 2015, s. 138).

Celý proces začíná dobře vykonaným diagnostickým zobrazovacím vyšetřením, na jehož základě se určí optimální postup při odběru vzorku. Proces může být ovlivněn aktuálním stavem pacienta, případně alergickou a lékovou anamnézou. U některých pacientů je potřeba úprava hemokoagulačních parametrů nebo krevního obrazu, pro minimalizaci rizika krvácení. Z tohoto hlediska můžeme zákroky rozdělit na dvě skupiny. První jsou zákroky s nízkým rizikem krvácení, to znamená biopsie lézí z povrchových podkožních nebo palpovatelných lokalit (lymfatické uzliny na krku, v axilách, léze na končetinách, hrudní a břišní stěně, v prsou). Druhou skupinou jsou zákroky s vyšším rizikem krvácení, jedná se o biopsie lézí v intraabdominálním, retroperitoneálním, pánevním prostoru, biopsie plic, obratlů a některých částí skeletu (Uhrin, 2020, s. 104).

Historie biopsie

Již v roce 1879 Ernest Besnier použil název biopsie v úvaze o možnosti získávání tkáně. V roce 1883 Paul Ehrlich provedl biopsii jater trokarem na stříkačce. O 12 let později Luigi Lucattello provedl a popsal první jaterní biopsii tenkou jehlou. K většímu rozvoji bioptické metody došlo až v druhé polovině 20. století, kdy Menghini zavedl metodu aspirační biopsie (Hůlek, 2018, s. 10). První zprávy o sestavě biopsií

publikoval Shüpfert roku 1907 ve Francii, kdy tuto metodu využil pro diagnózu nádorů v játrech (Hůlek, 2018, s. 121).

V České republice v Praze se začaly provádět core-cut biopsie až v roce 1996. Také vakuová biopsie nemá dlouhou historii a její technika se stále vyvíjí, první vakuový přístroj pro biopsii prsu byl uveden na trh firmou Johnson a Johnson v roce 1999. A první stereotaktická vakuová biopsie v České republice byla provedena v listopadu roku 2002 v Olomouci (Houserková, 2014, s. 185-186).

Rozdělení biopsií

Aspirační cytologická biopsie (FNAB)

Nejstarší technikou v odběru tkáně je aspirační biopsie. Do devadesátých let 20. století byla jedinou bioptickou metodou užívanou nejen pro aspiraci tekutinových kolekcí a cyst, ale také pro biopsii solidních lézí v prsu. Technika této biopsie je velmi jednoduchá, většinou se provádí pod ultrazvukovou kontrolou, technikou volné ruky (free hand method). Méně často lze využít i stereotaktické zaměření. K odběru tkáně se využívají aspirační děla a jehly o velikosti 20-18 Gauge (G). V případě odběru solidní léze je proveden nátěr na sklo a v případě aspirace tekutiny je použita zkumavka. Komplikace tenkojehlové aspirační punkce se neuvádějí (Houserková, 2014, s. 184).

Core-cut biopsie (CCB)

Zavedení core-cut biopsie pro získání velmi přesné histologické diagnózy, znamenalo zásadní změnu v přístupu k léčbě rakoviny. Z tkáňových vzorků odebraných při CCB lze stanovit přesnou histologickou diagnózu, grade tumoru, jeho imunoprofil, což má význam pro predikci onkologické léčby. Tato technika biopsie je jednoduchá, ale vyžaduje zejména u miniinvazivních lézí vzdělanost radiologa (Houserková, 2014, s. 185). Core-cut biopsie je také užitečná jako doplněk k FNAB v případech předchozí nedidiagnostické nebo neurčité FNAB (Nachiappan, 2014, s. 290).

Některé bioptické systémy využívají sadu instrumentů na jedno použití, například jednorázové core bioptické jehly Maxcore a Monopty. Ale ve většině případů se používají tzv. bioptická děla, do kterých se vkládají bioptické jehly opakovaně, například bioptické dělo Magnum nebo EvoCore. Jehly, které se využívají jsou ve velikosti od 18 do 12 G. Zlatým standardem je 16 G jehla. U biopsií prsu pak 14G eventuálně 12G. (Houserková, 2014, s. 185).

V mnoha studiích se prokazuje zvýšené riziko komplikací core-cut biopsie oproti FNAB. Avšak obecně platí, že CCB má vyšší diagnostickou výtěžnost než FNAB. Úspěch FNAB závisí na získání dostatečného počtu životaschopných buněk a je ovlivněna odborností operátora. CCB má naopak výhodu získávání většího množství tkáně (Gaurav, 2019, s. 4).

Vakuová biopsie (VAB)

Cílem této techniky bioptického odběru za asistence vakua je odebrání většího množství tkáně z léze. Technika provedení odběru tkáně u vakuové biopsie je jiná než u CCB. Při této metodě biopsie nedochází k opakovaným vstupům bioptické jehly do tkáně, ale jehla je zavedena na jedno místo a za asistence vakua je tkáň přitažena do odběrového okénka jehly a rotujícím nožem jsou postupně při současném otáčení jehly odebrány tkáňové vzorky. Výhodou vakua je i současná aspirace tekutin a možnost proplachu odběrové dutiny nebo aplikace lokálního anestetika. Výkon je prováděn pod stereotaktickou kontrolou nebo metodou volné ruky pod kontrolou ultrazvuku. Je možné využívat také magnetickou rezonanci k navigaci vakuové biopsie u lézí, které nelze detekovat na mamografii a ultrazvuku. Vakuová biopsie je velká bioptická metoda využívající jehly 11-6 G. Touto bioptickou metodou lze získat velké množství tkáně, která nelze srovnávat se vzorky z core-cut biopsie. Zavedení vakuové biopsie koncem devadesátých let 20.století znamenalo velký posun v mamární diagnostice (Houserková, 2014, s. 186).

Radiofrekvenční ablace (RFA)

Principem je tepelná destrukce tkáně při využití tepelných účinků elektrického proudu o vysoké frekvenci 200-1200 kHz. Elektrický proud probíhá mezi dvěma elektrodami – mezi katetrem umístěným v ložisku a plochou elektrodou připevněnou na povrchu těla. Destruktivní účinek na tkáň vzniká jen v těsné blízkosti hrotu katetru. Dochází zde ke koagulační nekróze a ireverzibilnímu zničení buněk vlivem tepla (50 - 110° Celsia).

Patří mezi jednu z možností léčby nádorů jater. Ablaci lze provádět perkutánně pod kontrolou CT, USG či laparoskopicky pod kontrolou peroperační ultrasonografie. Obvykle bývá prováděna v analgosedaci (Vomáčka, 2015, s. 150).

Radiofrekvenční ablace lézí prsu (RFA)

Hovoříme o bioptickém systému, využívající k odnětí tkáně z prsu vysokofrekvenční elektrochirurgické zařízení za vakuové podpory. Jde o diagnostickou biopsii, i když myšlenkou této biopsie je odebrání kompletní léze v jediném vzorku s neporušenou strukturou. Radiofrekvenční ablace lze provést pod ultrazvukovou a stereotaktickou kontrolou. Jedná se o první biopsii, která umožňuje odběr léze v jediném kompaktním vzorku. Princip provedení se od vakuové biopsie liší. Systém se skládá z řídicí jednotky s vysokofrekvenčním zdrojem energie, ze zdroje vakua, bioptické rukojeti, do které se vkládá bioptická jehla a elektrody, která uzavírá elektrický obvod mezi bioptickou jehlou a řídicí jednotkou.

Před biopsií je nutné nalepit elektrodu na kůži pacienta kontraparalelně k místu biopsie, poté aplikovat lokální anestezii 0,5 % Marcain. Léze se zaměří stereotakticky, nebo pod kontrolou ultrazvuku naprosto přesně, protože během výkonu nelze provést korekci polohy jehly a odběr pomocí radiofrekvenční energie nelze opakovat. Ideálně by měla být špička jehly před odběrem asi 3 mm v ložisku nebo těsně při jeho okraji a směřovat přesně do centra léze. V průběhu biopsie je léze vzata do drátěného košíčku, který se při vyšetření postupně vysouvá z jehly. Po ukončení výkonu a vytažení jehly z prsu, se uvolní vzorek tkáně z košíčku a provede se snímek odebraného vzorku (Houserková, 2014, s. 188).

Vaskulární intervence

Mezi vaskulární intervence patří léčebné miniinvazivní postupy, které se provádějí na nekoronárním cévním (tepenném i žilním) řečišti, včetně extrakraniální a intrakraniální cerebrální cirkulace. Řadí se sem například transjugulární biopsie jater (Heřman, 2014, s. 277).

Transjugulární biopsie

Transjugulární biopsie se užívá jako alternativní metoda k perkutánní biopsii jater. Především u pacientů se závažnými poruchami koagulace, tzn. v případě, že hodnoty koagulace jsou tak vysoké, že by bioptický vpich přes stěnu břišní mohl způsobit závažné krvácení a ohrozit tak život pacienta, nebo dále u nemocných s morbidní obezitou a tenzním ascitem.

Biopsie je prováděna pod vedením rentgenové kontroly a v lokální premedikaci. Během celého výkonu je u pacienta monitorován puls, elektrokardiograf a saturace krve kyslíkem. Tato metoda je obtížnější než perkutánní biopsie, ale její výhodou je možnost opakovaných odběrů v případě dobře zvládnuté techniky výkonu.

Transjugulární biopsii je nutné provádět pouze na specializovaných pracovištích, které mají pro tento výkon speciálně vybavenou vyšetřovací místnost, která musí obsahovat: rentgenologický přístroj, elektrokardiografický monitor s tlakovým modulem, snímač pro měření invazivního tlaku a pulzní oxymetr.

Před výkonem je potřeba, aby pacient alespoň 2 hodiny nic nepřijímal per os. Také je nutné oholit místa v okolí punkce, podle ordinace lékaře aplikovat sedativa před výkonem a zkontrolovat laboratorní výsledky pacienta (hematologické vyšetření).

Při výkonu pacient leží na lůžku na zádech, lékař zdezinfikuje místo vpichu, provede lokální anestezii v okolí místa punkce, provede malý nářez kůže a poté provede punkci samotné žíly. Vlastní výkon se provádí přes jugulární žílu, poté horní dutou žílou, pravou srdeční síní a dolní dutou žílou. Punkční set se zavede až do jaterní žíly. Katetrizuje se pravá nebo střední jaterní žíla. Polohu zavedeného katetru kontrolujeme pomocí nástřiku kontrastní látky, která se vizualizuje na rentgenovém přístroji. Do katetru se zavede jehla a využitím true-cut nebo aspirační techniky. Lékař požádá pacienta, aby se několikrát zhluboka nadechl, vydechl a po posledním výdechu zadržel dech na několik sekund. Až potom provede samotnou punkci jater přes jaterní žílu, odebere vzorek jaterní tkáně a jehlu vytáhne. Poté může pacient opět klidně dýchat (Pražský, 2013).

2. Zobrazovací metody

Výpočetní tomografie (CT)

Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda, využívající digitální zpracování dat o průchodu rentgenového záření, v mnoha průmětech vyšetřovanou vrstvou (Heřman, 2014, s. 21). Tato metoda využívá vlastností rentgenového záření, především jeho schopností diferencovaně se absorbovat v tkáních s různým složením (Vomáčka, 2015, s. 42).

Svazek záření vychází z rentgenky, který je vycloněn do tvaru vějíře, jehož šířka určuje řez zobrazované vrstvy. Záření projde pacientem a dopadne na detektory uložené v kruhové části. V detektorech se registruje množství dopadnutého záření, které je převedeno na elektrický signál a odesláno ke zpracování do počítače. Během expozice jedné vrstvy se systém rentgenka a detektory otáčí okolo pacienta o 360°. Během rotace se změří stovky dat, ze kterých počítač zrekonstruuje obraz (Heřman, 2014, s. 22).

Vyšetření výpočetní tomografií probíhá tak, že jako první je zhotoven digitální snímek (topogram) vyšetřované oblasti. Rentgenka ani detektory se nepohybují a pacient ležící na pohyblivém stole projede během expozice otvorem v gantry. Na snímku se naplánuje rozsah vyšetření a následuje vlastní vyšetření (Heřman, 2014, s. 23).

CT umožňuje vyjádřit matematicky v hodnotách denzity, tzv. Hounsfieldových jednotkách (HU), intenzitu absorpce rtg. záření. Základní stupnice denzit je v rozmezí od -1000 HU po +3096 HU (Vomáčka, 2015, s. 42). Na CT obrazech skenů jsou denzity reprezentovány stupni šedi (Heřman, 2014, s. 22).

Ultrasonografie (US)

Ultrasonografie je zobrazovací metoda využívající odrazů vln ultrazvuku od rozhraní tkání s různou akustickou impedancí (hustotou) (Heřman, 2014, s. 17). Jedná se o podélné mechanicko-elastické kmity šířící se prostředím, vlnění, jehož nositelem jsou samotné molekuly prostředí. Při průchodu hmotou se v ní ultrazvukové vlny odráží na makroskopických rozhraních dvou prostředí s různou impedancí, rozptylují se na mikroskopických rozhraních struktur, lámou se na rozhraní dvou prostředí a absorbují se, to znamená, že při průchodu hmotou postupně ztrácí svoji energii (Vomáčka, 2015, s. 38).

V diagnostice se používají frekvence ultrazvukového vlnění nad hranicí slyšitelného zvuku, tj. nad 20kHz, v praxi využíváme frekvence od 1-15 MHz k zobrazení měkkých tkání a tekutin. Zdrojem ultrazvuku jsou látky s piezoelektrickými vlastnostmi. Jedná se o krystaly, při jejichž stlačení vzniká na povrchu elektrický potenciál. Při přívodu elektrického potenciálu na jeho povrch se zase krystal deformuje a po přerušení proudu se rozkmitá (Vomáčka, 2015, s. 38). Před přiložením ozvučovací hlavičky na povrch těla je nutné použít kontaktní gel, díky němu je odstraněná tenká vrstva vzduchu mezi kůží a sondou, která by bránila přechodu vlnění do vyšetřované oblasti. Sondy, které využíváme jsou nejčastěji sektorové, lineární a konvexní. Existují také speciální sondy určené pro endosonografické vyšetření, které jdou zavést do lumina orgánů (Heřman, 2014, s. 17-18).

Magnetická rezonance (MR)

Při vyšetření magnetickou rezonancí je pacient uložen do silného magnetického pole. Při vyšetření je vyslán krátký radiofrekvenční impulz a po jeho skončení se snímá magnetický signál, který vytvářejí jádra atomů vodíku v těle pacienta. Atomová jádra se skládají z protonů a neutronů. Protony jsou kladně nabitě a rotují kolem své dlouhé osy, tento pohyb nazýváme spin (Vomáčka, 2015, s. 47). V důsledku rotace jader kolem své osy vzniká kolem jader s lichým protonovým číslem magnetické pole, které se nazývá magnetický moment (Heřman, 2014, s. 25). Nejdůležitějším prvkem je vodík, protože jeho jádro tvoří pouze jeden proton. Vodík je hojně obsažen v lidské tkáni a jeho magnetický moment je relativně silný a lze jej dobře změřit. V lidském těle jsou osy protonů vodíku orientovány náhodně, jejich magnetické momenty se navzájem vyruší, proto je magnetický moment navenek roven nule. Pokud umístíme protony do statického magnetického pole, označujeme jej B_0 , protony se uspořádají rovnoběžně se siločárami B_0 . Většina protonů je v paralelním postavení, pouze menší část je otočena v antiparalelním postavení (Vomáčka, 2015, s. 47).

Statické magnetické pole způsobuje také precesi. Je to rotační pohyb v transverzální rovině, po obvodu pomyslného kužele. Protony ale nerotují synchronně, jsou rozfázované (Vomáčka, 2015, s. 47). Jestliže bude aplikován radiofrekvenční pulz o takové frekvenci, která je shodná s frekvencí precese protonu, dojde na principu rezonance k vychýlení magnetického momentu z původního směru o určitý úhel a také k sladění precese všech protonů. Po ukončení pulzu dochází k návratu do původního stavu. Tato doba je označována jako relaxační čas. Čas nutný

k návratu vychýleného magnetického momentu je označován jako relaxační čas T1 a rozsynchronizování precese jako relaxační čas T2. Tyto časy se při MR vyšetření neměří přímo, ale na jednotlivých sekvencích se porovnávají jejich rozdíly. Signál, který získáme po sérii různých radiofrekvenčních pulzů, má stejný charakter, jde o elektromagnetické vlnění, které se dá registrovat pomocí přijímacích cívek a měřit jeho velikost. Série radiofrekvenčních pulzů, která je nutná k získání měřeného signálu je označována jako sekvence. K vysílání a přijímání signálu se používají cívky a abychom získaly co nejkvalitnější obrazy, musí být cívky uloženy co nejbliže k vyšetřované oblasti (Heřman, 2014, s. 26).

V diagnostickém zobrazování magnetickou rezonancí musíme lokalizovat polohu jednotlivých protonů v trojrozměrném prostředí, k tomu používáme přídatná gradientní pole. Ty jsou vložena do hlavního statického pole ve třech na sebe kolmých rovinách. Po zapnutí gradientních cívek můžeme částečně změnit sílu B0 tak, že v žádném místě trojrozměrného prostoru nebude stejná. Cívky poté určují rovinu řezu a šířku vrstvy. Síla gradientního magnetického pole je podstatně menší než B0. Silné gradientní pole má vysoký rozdíl mezi opačnými konci. Rychlost, po kterou gradientní pole působí, ovlivňuje délku vyšetřování a síla umožňuje rychlejší registraci dat a vyšší rozlišení (Vomáčka, 2015, s. 48).

Mamografie

Jedná se o rentgenové vyšetření prsu speciální měkkou snímkovací technikou využívající nízké kilovoltáže k diagnostickému zobrazování. Rentgenka se skládá z molybdenové a rhodiové anody, primární svazek je filtrován speciálními filtry (Vomáčka, 2015, s. 113).

Aby na snímku byl zachycen celý prs včetně částí u hrudní stěny je zapotřebí dostatečné komprese prsu, proto je mamograf vybaven dvojicí výměnných kompresních destiček. Komprese zlepšuje kontrast obrazu, vyrovnává tloušťku prsu v různých částech, zmenšuje sumaci struktur, redukuje pohybovou neostrost způsobenou například dýchacími pohyby hrudníku a redukuje dávku záření. Mamografy obsahují indikátor, který měří sílu komprese prsu, obvykle se pohybuje v rozmezí okolo 70 až 150 N (Daneš, 2014, s. 177). V praxi se provádějí 2 projekce, kraniokaudální a šikmé mediolaterální se sklonem 45°. Dále u nejasných nálezů při sumaci u kraniokaudálních projekcí se mohou doplnit rolované snímky anebo další

mediolaterální šikmé projekce pod jiným úhlem, pokud není zachycená axila nebo je nález nejasný (Vomáčka, 2015, s. 113).

Intervenční diagnostické výkony jsou standartem v mamární diagnostice. Cílem diagnostických intervencí prsu je jednoznačně identifikovat ložiskový nález. Přesnost intervenčních výkonů je kontrolována pomocí zobrazovacích metod, například US, MR nebo mamografickou kontrolou (Skovajsová, 2009, s. 357).

Skioskopicko-skiagrafický přístroj

Jedná se o mobilní přístroj pro skioskopii a skiagrafii, konstruovaný pro analogové a digitální zobrazení. Rentgenka je pevně spojena se zesilovačem ramenem ve tvaru C tak, že osa rentgenového svazku rentgenky prochází osou zesilovače. Konstrukce umožňuje pohyb o 360 °, snadno zajíždí pod operační stůl a lze vyšetřovat ve všech rovinách. Každé rameno je vybaveno laserovým zaměřovačem pro přesnou peroperační navigací (Vomáčka, 2015, s. 24).

Skiografie

Při skiagrafii vzniká záření v rentgence, které projde vyšetřovanou oblastí, poté je registrováno a převedeno na výsledný obraz. Funguje na principu rozdílné hodnoty pohlcení procházejícího svazku rentgenového záření ve tkáních (Heřman, 2014, s. 14).

Skioskopie

Jedná se o diagnostickou metodu, která používá dynamického zobrazení rentgenového obrazu.

Skioskopie neboli prosvěcování umožňuje kontinuální sledování objektu pomocí rentgenového obrazu. Rentgenka vydává záření kontinuálně, které prochází vyšetřovaným objektem a dopadá na skiaskopický štít. Štít obsahuje luminiscenční látku, která mění dopadající záření na viditelné světlo. Ke štítu je připojen zesilovač obrazu, ze kterého je obraz snímán videokamerou a zobrazen na monitoru. Nejnovější technologie pracují s přímou konverzí rentgenového záření na elektrické signály (Heřman, 2014, s. 15).

3. Příprava bioptického výkonu

Instrumentárium

Před samotným výkonem se připravuje sterilní stolek s instrumentáriem potřebným k výkonu. Připravují se zkumavky a sklíčka na odebraný materiál, stříkačka, sterilní tampóny, krytí, dezinfekce na kůži, rukavice, skalpel, lokální anestetikum (Mezocain) a adekvátní jehly s bioptickým dělem (Vomáčka, 2015, s. 112).

Pro odběr patologické léze je nutné použít speciální bioptické jehly, jejichž úkolem je vyříznout sloupec tkáně, který je následně odeslán k histologickému zpracování (Malíková, 2019, s. 49). Bioptické jehly se používají tenkostěnné různých průměrů. Rozlišují se dva typy, a to jehly do průměru 1 mm (25 – 18Gauge) a jehly nad 1 mm (20 – 9G).

Jehly do jednoho průměru jsou určeny pouze pro cytologické vyšetření, jedná se o fine needle aspiration biopsii (Heřman, 2014, s. 291). Nazýváme je mechanické neboli aspirační jehly, které mohou mít různě tvarované hroty a umožňují získat trsy buněk. Jsou nasáty pomocí podtlaku vyvinutého stříkačkou, fungují na Menginiho principu (Ferda, 2015, s. 138). Aspirační jehly se už dlouho považují za účinnou techniku pro bezpečný odběr vzorků z hluboko uložených lézí s vysokou senzitivitou v diagnostice maligních onemocnění. Více studií však popisují vyšší míru úspěšnosti při core-cut biopsii, při kterých se získávají přiměřené vzorky tkáně a umožňují tak přesnost v diagnostice specifických histologických vyšetřeních (Šálek, 2020, s. 137).

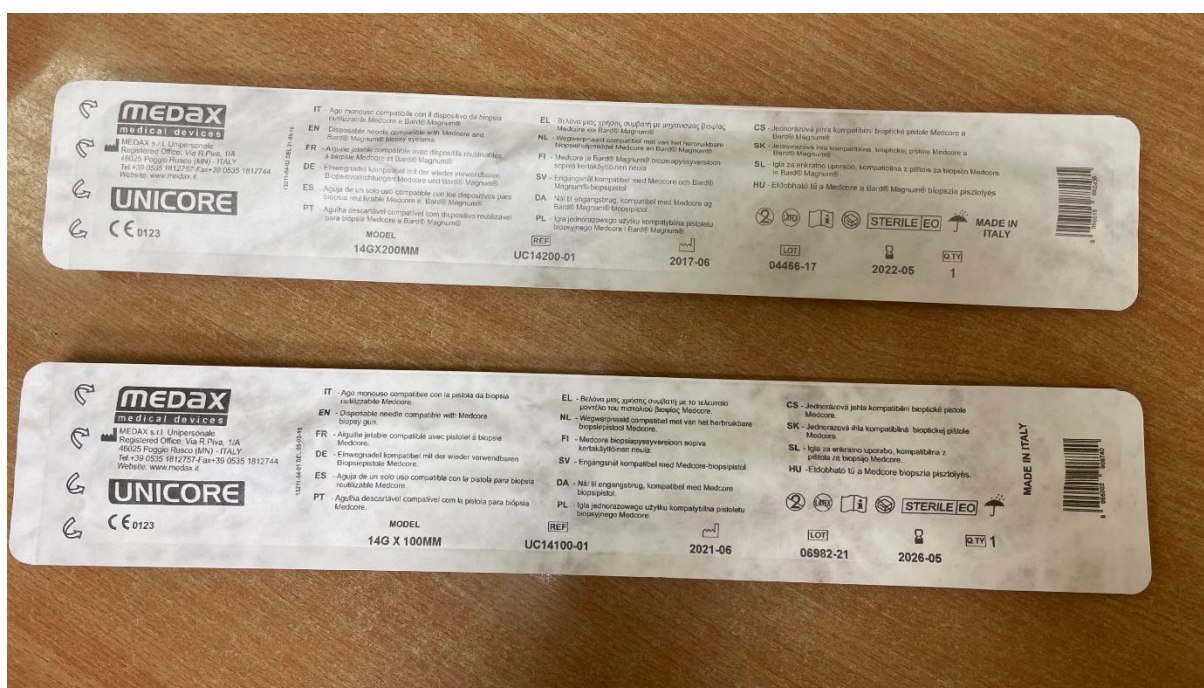
Naopak jehly nad 1 mm průměru (obvykle do 2 mm) jsou širší a mají různě upravenou špičku pro snadné odříznutí tkáně (Heřman, 2014, s. 291). Tyto jehly se nasazují do bioptických děl a umožňují získat kompaktní válečky tkáně, které jsou vhodné pro histologické vyšetření. Jedná se o automatické jehly (bioptické dělo) pracující na Tru-cut principu. V některých případech musí dojít k přímému odběru chirurgem (Ferda, 2015, s. 138).

Obrázek 1: Jednorázové bioptické jehly



(Zdroj: vytv. autor)

Obrázek 2: Jednorázové bioptické jehly



(Zdroj: vytv. autor)

Postup jehlové biopsie obvykle zahrnuje použití koaxiální jehly, která se zavede do blízkosti léze nebo do ní, z níž mají být odebrány vzorky, s následným vícenásobným odběrem pomocí řezacího nástroje pro biopsii jádra. Běžně používaný

typ bioptické jehly se skládá z řezací vnější kanyly obklopující vnitřní stylus s bočním zářezem, který funguje jako vzorkovací komora. Bioptická jehla je zase připojena k pružinové pistoli, což umožňuje odběr vzorků tkáně buď poloautomatickým, nebo plně automatizovaným způsobem.

Poloautomatické bioptické pistole (často jednorázové a lehké) nabízejí příležitost provádět zobrazování a tím se ověří poloha jehly. Automatické bioptické pistole (zejména nejednorázové) poskytují větší objemy vzorků tkáně a vyšší míru úspěšnosti v přesnosti a negativních prediktivních hodnotách ve srovnání s poloautomatickými děly, ale nenabízejí zobrazení přesné polohy odběru (Thunswärd, 2021, s. 4-5).

Obrázek 3: Bioptické dělo BARD Magnum



(Zdroj: vytv. autor)

Obrázek 4: Bioptické dělo BARD Magnum



(Zdroj: vytv. autor)

Indikace a kontraindikace

Indikací k výkonu je určit, zda patologický útvar má charakter benigní či maligní neboli určit histologickou podstatu útvaru. Přitom dochází k určení diagnózy, staging známého onemocnění či potvrzení nebo vyvrácení recidivy (Heřman, 2014, s. 291).

Mezi relativní kontraindikace patří nedostatečná bezpečná přístupová cesta pro bioptickou jehlu, nespolupráce či neklid pacienta. Absolutní kontraindikací je nekorigovaná koagulopatie, proto je nutné před výkonem provést vyšetření koagulačních parametrů (Seidl, 2012, s. 572).

Komplikace

Komplikace navigované biopsie závisí na celkovém stavu pacienta, cílovém orgánu, typu použité jehly a přístupové cesty při realizaci samotné biopsie. Nezávažné komplikace, jako je diskrétní krvácení, bolest nebo nezávažný pneumotorax při plicních biopsiích nejsou časté, ale dají se lehce zvládnout, přičemž biopsie může být spojená o se vznikem závažných komplikací (Šálek, 2020, s. 137).

Komplikace transtorakálních biopsií můžeme rozdělit na méně závažné vyžadující většinou sledování pacienta bez potřeby hospitalizace a závažnější

komplikace vyžadující hospitalizaci, případně také terapii. Mezi nejčastější komplikace patří pneumotorax, asymptomatický s průměrnou incidencí okolo 25 % a symptomatický s průměrnou incidencí okolo 6 %. Další častou komplikací je intraparenchymatózní krvácení s výskytem průměrně u 18 % pacientů, zřídka v průměru u 4 % pacientů klinicky se projevující jako hemoptýza. Méně častými komplikacemi intrathorakálních zákroků je vzduchová embolie anebo intrabronchiální krvácení (Uhrin, 2020, s. 104).

Obtíže při kostních biopsiích se v průměru vyskytují u 2 % pacientů, přičemž klinicky významné komplikace dosahují 1 %. Nejčastěji se setkáváme s krvácením a následným hematodem, které se vyskytují v 2,5 % případů, přičemž zhoršení koagulačních anebo krevních parametrů nemusí znamenat vyšší riziko krvácení. Mezi méně časté komplikace patří fraktury, infekce, poškození nervů anebo zanesení maligních buněk v průběhu punkčního kanálu (Uhrin, 2020, s. 105).

Nejčastější komplikací při biopsiích břicha a pánve je krvácení, které se vyskytuje u 0,5 – 10,9 % případů, průměrně v 2 %, z toho závažné krvácení s klinickými projevy a nutností terapie se vyskytuje v rozmezí 0,1 – 4,6 % případů, přičemž menší zkušenost intervenčního radiologa nezvyšuje riziko krvácení. Mezi méně časté obtíže se řadí zanesení infekce, hemotorax, pneumotorax, pankreatitída, zanesení nádorových buněk do punkčního kanálu a smrt. V literatuře se můžeme setkat i s komplikacemi jako je biliární peritonitida anebo AV fistula. Celková míra komplikací se výrazně liší mezi pracovišti a pohybuje se v rozpětí 6–20 %, přičemž vyšší míra komplikací je asociována jen s hypervaskulárními tumory (Uhrin, 2020, s. 105). Při cílené biopsii prostaty jsou známy vzácné i mírné komplikace, například hematurie a krvácení z konečníku a infekce močových cest, které mohou ve vzácných případech vést k bakterémii a urosepsi (Verma, 2017, s. 347).

Úloha radiologického asistenta při intervenčních výkonech

Radiologický asistent (RA) vykonává velmi odpovědnou práci, proto je důležité, aby měl odbornou přípravu a požadované znalosti. Musí také znát používaný materiál, průběh jednotlivých výkonů, posloupnost úkonů lékaře, znát možná rizika komplikací a správně na ně reagovat. Samozřejmostí je orientovat se v rentgenové anatomii, plnit požadavky radiologa a znát techniku postprocessingové úpravy obrazu.

Důležitá je komunikace RA s pacientem před výkonem, během i po výkonu, protože RA je právě tou první osobou, která vysvětlí pacientovi, co se bude při výkonu provádět, co výkon obnáší a jak má pacient spolupracovat (Vomáčka, 2015, s. 63-64).

Před samotným výkonem radiologický asistent připravuje sterilní stolek k odpovídajícímu použití s připraveným instrumentáři. Pro cytologické punkce připravuje zkumavky a sklíčka na odebraný materiál, dezinfekci na kůži, tenké jehly pro odběr materiálu a bioptickou pistoli. Při core-cut biopsiích připravuje sterilní stolek s rukavicemi, dezinfekcí na kůži, lokálním anestetikem, speciální bioptickou jehlou (16-14 G) nebo bioptické dělo s adekvátní jehlou, která se do děla vkládá, se zkumavkami pro fixaci odebraných vzorků, sterilními tampony a krytím. RA je také zodpovědný za správnou funkci a stav technického vybavení potřebného k výkonu. (Vomáčka, 2015, s. 112).

Příprava pacienta

Bioptické výkony mohou vyžadovat určitou přípravu také ze strany pacienta. Jedná se například o přípravu střev, čistou tekutou stravu nebo nic v ústech. Vždy před každým lékařským zákrokem musí pacient informovat svého lékaře, jaké léky a doplňky stravy užívá, z důvodu nutnosti vysadit některé léky, jako je aspirin nebo nesteroidní protizánětlivé léky (Krans, 2018).

Před každým intervenčním výkonem je nutné mít od pacienta podepsaný informovaný souhlas. Nemocnému je potřeba vysvětlit o jaký druh výkonu se jedná, probrat jeho onemocnění a možnosti způsobu léčby. Měl by znát možné komplikace a rizika výkonu. Pokud pacient odmítne léčebný výkon, musí podepsat negativní reverz. U obou těchto dokumentů je třeba uvádět datum, čas a podpisy lékaře a pacienta, ale i svědka, například zdravotnického personálu či příbuzného pacienta.

Pacient přichází k intervenčnímu výkonu lačný, ale hydratovaný. Je nutné znát hladiny obstrukčních enzymů, bilirubinu, CRP a hodnoty o funkci ledvin (kreatin, urea). Pacient musí uvést jeho medikaci a alergologickou anamnézu (Vomáčka, 2015, s. 61).

4. Způsoby navigace biopsie a jejich průběh

Výkony prováděné pod kontrolou zobrazovacích metod jsou označovány jako cílená biopsie ložiska (Seidl, 2012, s. 571).

Biopsie pod kontrolou výpočetní tomografie

Biopsie realizovaná pod kontrolou CT je široko účinná a bezpečná metoda s vysokou mírou diagnostické přesnosti na potvrzení nebo vyloučení malignity. Citlivost, specifická a přesnost této metody se liší v závislosti od cílového orgánu a použité techniky při biopsii. Pod CT kontrolou rozlišujeme dvě techniky, aspirační biopsii a core-cut biopsii (Šálek, 2020, 136). Navádění s CT se často používá při provádění biopsií lézí v plicích, kostech nebo hlubokých strukturách (Thunswärd, 2021, s. 4).

Mezi významné plusy core-cut biopsie se zařazuje miniinvazivnost s realizací v lokální anestezii, rychlá dostupnost s možným rychlým začátkem následné onkologické léčby, možnost vyhnout se chirurgického zákroku pro pacienta, nižší morbidita a mortalita v porovnání s chirurgickou biopsií (Šálek, 2020, 136).

Průběh výkonu pod CT kontrolou

Celý výkon vede radiolog a radiologický asistent vždy za sterilních podmínek a v lokální anestezii. Je nutné pomocí výpočetní tomografie vyhledat vhodné místo pro vpich a následný odběr vzorku. Před vpichem provedeme dezinfekci kůže na vybraném místě a sterilně zakryjeme okolí místa výkonu (Ferda, 2015, s. 138).

Před samotnou biopsií je realizováno navigační CT na lokalizaci léze a na realizaci plánovaní vedení optimálního směru při biopsii. Léze jsou lokalizované pomocí zrekonstruovaných CT skenů s tloušťkou 2,5 mm. Optimální trajektorie jehly je plánovaná na diagnostickém monitoru, na měření vzdálenosti léze od kožního krytu jsou využívány elektronické kurzory. Tato informace umožní výpočet vstupního bodu k lézi. Vstupní bod je značený na kůži pacienta pomocí korelace se světelným paprskem z CT skeneru. Po zavedení jehly je realizované kontrolní CT skenování, aby se potvrdila poloha jehly ve vztahu k lézi. Po ověření správné polohy následuje odběr bioptického materiálu, který se opakuje několikrát. Každý odebraný vzorek tkáně pomocí biopsie, je po výkonu umístěn na sklíčko a je vložen do fixačního 10% roztoku formalínu (Šálek, 2020, s. 137). Počet odebraného bioptického materiálu závisí na

úspěšnosti odběru. Pokud se odběr technicky povede a vzorky jsou reprezentativní, pak jsou 2 vzorky dostačující. Reprezentativnost posuzujeme makroskopicky, pokud jsou vzorky tuhé a padají ke dnu jsou považovány za reprezentativnější než vzorky, které se rozpadají na hladině (Veverková, 2016, s. 103).

Celý výkon probíhá za hospitalizace pacienta, kdy se po výkonu je nutné ležet v klidu na lůžku a po dobu 24 hodin pravidelně monitorovat fyziologické funkce. V případě odběru z prsní tkáně, pacient odchází po krátkém čase domů (Seidl, 2012, s. 572).

Biopsie pod ultrasonografickou kontrolou

Velkou výhodou provádět biopsii pod ultrasonografickou kontrolou je možnost navigace bioptické jehly v reálném čase, což výkon velmi urychluje. V případě že se ložisko nachází v oblasti, která není dobře viditelná pomocí US, je vhodné využít k navádění výpočetní tomografii (Malíková, 2019, s. 138).

Při biopsii pomocí ultrazvukové kontroly lékař drží v jedné ruce sondu a druhou rukou bioptuje. Na monitoru kontroluje, zda je odběr prováděn správně (Heřman, 2014, s. 18).

Průběh výkonu pod US kontrolou

Pacient je umístěn na vyšetřovacím stole v takové poloze, aby byl umožněn optimální přístup k lézi v závislosti od lokalizace patologie. V případě ultrazvukové kontroly stojí radiolog poblíž pacienta, ať má anatomicky nejvíce intuitivní přístup. K určení vhodného přístupu k lézi se provádí předběžná kontrola oblasti zájmu pomocí ultrasonografie. Pacient je požádán, aby se během výkonu nehýbal, nepolykal, záleží v jaké oblasti se vyšetřuje (Nachiapan, 2014, s. 288).

Výkon pod US kontrolou je prováděn také za sterilních podmínek. Po zarouškování a dezinfekci místa je aplikováno do kůže a do místa odběru lokální anestetikum (nejčastěji Marcain, Lidocain). Poté se skalpelem provede incize na kůži a zavede se jehla pomocí ultrasonografické navigace. Po zavedení jehly realizujeme výstřelem odběr několika vzorků. Před výstřelem je možné za použití dopplerovské techniky zkontrolovat polohu jehly, léze, cévního svazku a změřit si délku výstřelu vzhledem k poloze léze. Po ukončení odběru je nutné místo incize ošetřit a sterilně překrýt (Veverková, 2016, s. 103).

Biopsie v mamografii

Intervenční výkony v mamodiagnostice se dělí na diagnostické (odebírání vzorků tkáně, duktografie) a terapeutické výkony (odsávání obsahu cyst).

Nejdéle užívaná bioptická technika je aspirace tenkou jehlou (FNAB), užívaná pro biopsii solidních lézí velmi omezeně a její hlavní význam je v aspiraci tekutinových lézí. Core-cut biopsie je standardní metoda pro získání histologické diagnózy u solidních lézí prsní žlázy. Mezi nejnovější bioptické metody patří odběr většího množství tkáně z prsu pomocí vakua. Jedná se o vakuovou biopsii, která dokáže stanovit velmi přesnou diagnózu u lézí, kde core-cut biopsie může podhodnotit diagnózu. Dále existuje radiofrekvenční ablace, která je vysoce přesnou bioptickou metodou a dokáže odebrat ložisko v jednom vzorku tkáně. Jako jediná metoda je schopná zachovat hodnotitelný okraj ložiska a může tak přispět k inovaci terapeutických metod u miniinvazivních maligních lézí prsu (Houserková, 2014, s. 183).

Zaměření ložiska se provádí buď mamograficky s přidáním stereotaxe, nebo za kontroly ultrasonografie. Stereotaktický zaměřovač je buď oddělitelnou součástí mamografu, nebo je sním spojen, čemuž se říká stereotaktický stůl. Při použití stereotaktického nástavce je žena po celou dobu vyšetření v sedě, což je pro pacientku náročné. Stereotaktický stůl se používá, kdy pacientka leží na břiše, tento způsob vyšetření je lepší, protože lůžko je anatomické a prs je fixovaný a komprimovaný. Nejprve jsou provedeny snímky ve dvou šikmých projekcích, aby se zaměřilo ložisko, poté se snímky opakují již s vpravenou jehlou (Uhrin, 2020, s. 104).

Průběh core-cut biopsie pod kontrolou mamografie

Core-cut biopsie pod mamografickou kontrolou je velice podobná CCB pod ultrazvukovou sondou. Podstatným rozdílem je zavedení bioptické jehly. Zatímco core-cut biopsie pod US je prováděna metodou volné ruky, tak při navigované biopsii mamografickými snímky je bioptická jehla ve stereotaktickém zaměřovači. Výhodou metody je počítačové zpracování navádění do místa odběru.

Při samotném výkonu pacientka sedí u stereotaktického zaměřovače, prs je položen na podložce stolku a je kompresován. Poté radiologický asistent provede dva stereosnímky oboustranně v šikmých projekcích a na těchto snímcích lékař zaznačí

střed léze, do kterého se pomocí počítačového software navede držák jehly. Po zaměření léze a nastavení držáku jehly se provede znecitlivění místa incize. Následně je proveden nástřel bioptickým dělem. Umístění hrotu jehly je ověřeno novými snímky a následně je odebráno 5-7 vzorků. Místo je po výkonu ošetřeno a sterilně překryto (Skovajsová, 2009, s. 358-359).

Průběh vakuové biopsie pod kontrolou mamografie

Vakuová biopsie je prováděná pomocí speciálního systému. Na základě nejkratší vzdálenosti od cílové léze a mamografického pohledu, na kterém byla léze nejlépe vidět, je pacientka polohována a je provedena komprese prsu. Pro identifikaci léze je pořízen průzkumný snímek a po potvrzení léze se získají stereotaktické párové snímky a vypočítají se souřadnice léze. Kůže se vyčistí a podá se lokální anestetikum podél očekávané dráhy jehly. Bioptická jehla je umístěna proximálně k cílové lézi a jsou získány stereotaktické snímky pro potvrzení správného umístění jehly. Poté se získá vzorek a provede se rentgenový snímek vzorku k potvrzení přítomnosti kalcifikací. Následně se umístí bioptická značkovací spona. Po odstranění jehly je získán dvou pohledový digitální mamograf, aby se potvrdilo, že z cílové léze byly odebrány vzorky a bioptický značkovací klip je ve vhodné poloze (Bahl, 2019, s. 299).

Průběh aspirační biopsie (fine needle biopsy)

K odběru materiálu se využívá jehla pro cytologický odběr, nejčastěji o velikosti 22 G. Po ověření správné polohy jehly ve středu léze lékař vytáhne mandrén a pod tlakem provede nasátí buněk léze do lumen jehly (Houserková, 2014, s. 184).

Biopsie pod kontrolou magnetické rezonance

Integrace řízené biopsie s diagnostickým MR zobrazením je proveditelná a mění vymezení cílové hranice nádoru u podstatné části pacientů zvažujících fokální záchranu. Zobrazování magnetickou rezonancí se ukázalo jako slibné při identifikaci míst lokální recidivy po radioterapii prostaty, zejména s přidáním zobrazení pomocí dynamického kontrastního materiálu, difuzně váženého zobrazování nebo MR spektroskopické zobrazení (Ménard, 2015, s. 183).

Magnetická rezonance patří mezi metodu s nejvyšší senzitivitou záchytu karcinomu prostaty (Stejskal, 2018, s. 89). V současné době je pro diagnostiku ložisek využívána multiparametrická magnetická rezonance (mp-MRI) (Kudláčková, 2017, s. 69). Existuje několik způsobů provedení cílené biopsie, za prvé in-gantry MR zobrazování a za druhé transrektální US-MR zobrazovací fúze v reálném čase. (Verma, 2017, s.343). Mp-MRI zobrazování zahrnuje anatomické (T1 a T2 vážené) a funkční zobrazování (difuzně vážené, dynamicky kontrastní materiál) (Verma, 2017, s. 344).

Průběh výkonu pod MR kontrolou

Biopsie prostaty je naváděná pomocí obrazu mpMRI technikou in-bore, jedná se o fúzi v reálném čase. Dále je využívána kognitivní a softwarová fúze. Každá z metod má své výhody a nevýhody (Kudláčková, 2017, s. 72).

Technika in-bore

Při in-bore biopsii je pacient v průběhu vyšetření uložen v gantry MR přístroje a speciální nemagnetická sonda vodící jehlu je naváděná pouze pomocí MR zobrazení. Vzorky se odebírají transrektálně i transperientálně. Tato metoda nepatří mezi fúzní, neboť se využívá pouze jedna zobrazovací metoda (Stejskal et al., 2018, s. 91). Samotné vyšetření probíhá v několika fázích. V první řadě se nasnímá série snímků mp-MRI, které jsou vyhodnoceny radiologem. Identifikovaná ložiska jsou poté zaměřena a transrektálně bioptována. Následně jsou získány MR snímky, které zjistí umístění jehly a bioptovaná ložiska (Kudláčková, 2017, s. 72).

Postup při transrektálním zobrazení pomocí MR

Transrektální přístup s pomocí zobrazení 1,5 T nebo 3,0 T magnetické rezonance je nejvíce používaná technika pro následnou cílenou biopsii. Je potřeba použít několik různých manuálních a automatických zařízení, kompaktních se zobrazením MR. Pro transrektální přístup je důležité zařízení DynaTRIM, které se skládá z pevné stabilní základny umístěné pod pacientem, který leží v poloze na břicho a z nastavitelné vodící jehly, která lze připojit k základně a lze s ní manipulovat tam a zpět, nahoru a dolů a zprava doleva. Pacient leží na břicho na zobrazovacím stole, umístí se cívka s fázovým polem a vodící jehla se nastaví do neutrální polohy. Následně se jednorázové pouzdro jehly namaže lidokainovým gelem a je zavedeno do pacientova rekta. Sagitální T2 vážené spin-echo snímky jsou získány a odeslány

do DynaTRIM pracovní stanice pro kalibraci a registraci neutrální polohy pouzdra jehly. Poté se přes prostatu získá axiální T2 vážený spin-echo obraz, který pomůže vizualizovat cílovou lézi. Po identifikaci a označení cíle na axiálních snímcích se tři souřadnice použijí k určení vhodné polohy vedení jehly pomocí softwaru pro vizualizaci a plánování zásahu. Vodítko jehly je upraveno a správná orientace jehly je ověřena pomocí rychlého T2 váženého spin-echo obrazu. Pokud není orientace pouzdra jehly ideální, provedou se další úpravy podle potřeby pro optimální umístění. Po ověření orientace pouzdra se skrz vodící pouzdro zavede jehla a spustí se dvojitý výstřel. Před vytažením jehly se opakuje stejně rychlá sekvence šikmých axiálních pulzů ve stejné rovině jak pouzdro jehly, aby se zdokumentoval hrot jehly v cíli (Verma, 2017, s. 347).

Postup při transperineálním zobrazení pomocí MR

Tato metoda se využívá u pacientů s omezeným nebo žádným rektálním přístupem kvůli předchozí proktokolektomii nebo rektální stenóze kvůli předchozí radiační terapii. Protože jehla neprochází rektum, ale je zvolen transperineální přístup, je biopsie považována za sterilní a je zde sníženo riziko infekce.

Pacient je umístěn do polohy na zádech s vodící šablonou jehly obsahující detekovatelné základní markery pevně připevněné k jeho hrázi. Po registraci šablony a výběru cíle v prostatě, software identifikuje správný otvor v šabloně a hloubku vložení. Po zavedení jehly se provede opakování snímkování s následnými úpravami, dokud není potvrzeno správné umístění jehly. Po vystřelení jehly se znovu získají další snímky potvrzující umístění jehly do léze (Verma, 2017, s. 347).

Kognitivní fúze

Biopující lékař analyzuje záznam MRI s ložisky vyznačenými radiologem. Je potřebné, aby radiolog zaznačil ložiska do sektorové mapy i do samotného záznamu T2 váženém obrazu v koronárním řezu. Takto analyzované ložisko je kognitivně přeneseno do sonografického obrazu při samotné biopsii (Kudláčková, 2017, s. 206).

Softwarová fúze

Za pomocí softwaru je obraz z MR přenesen do sonografického záznamu. Fúze je buďto elastická nebo rigidní. Při elastické fúzi se spojují obrazy tak, aby odpovídaly zvolené anatomické hranici, ale může zde dojít k anatomickému zkreslení. Rigidní fúze umožňuje proložení obou obrazů tak, jak jsou zachyceny. Rigidní registrace zachovává anatomii prostaty a lokalizaci lézí (Kudláčková, 2017, s. 72).

5. Biopsie v určitých oblastech

Biopsie v oblasti hrudníku

Při intrakraniálních výkonech jde převážně o odběr tkání pod CT navigací z ložiskových lézí, z infiltrátů v plicním parenchymu, ze solidních patologických změn na pleure, nebo o odběr tekutiny v pleurální dutině. Také je možné vykonávat biopsie v oblasti mediastina z patologicky zvětšených lymfatických uzlin, anebo tumorózních procesů. Specifické pro výběr přístupu je vzdálenost od pleury, okolních cév, bronchů, průběh nervových struktur, anebo poloha emfyzematózních boulí. Pro redukci komplikací je vhodné vybírat si co nejkratší trajektorii směrem k místu největšího průměru léze. Anestetikum aplikujeme do předpokládaného punkčního kanálu, přičemž přistupujeme vždy přes horní okraj kaudálního žebra. Při plicních biopsiích používáme nejčastěji 18 G truecut jehlu v bioptickém dělu zavedenou pomocí koaxiální jehly. Při punkci mediastina se snažíme přistupovat přes mediastinálně tukové tkanivo, případně je možný přístup také přes pleurální dutinu, anebo přímo přes plicní parenchym. V případě potřeby je kdykoliv možná kontrola zavedení jehly nebo aktuálních komplikací. Pro minimalizaci dávky jak pro pacienta, tak i pro radiologa a radiologického asistenta, používáme CT low-dose protokoly (Uhrin, 2020, s. 104).

Standartním protokolem pro pacienta s plánovanou plicní biopsií je přezkoumání laboratorních hodnot pacienta, včetně hladiny hemoglobinu a počtu krevních destiček. Dále je pacient vyšetřen na anamnézu nevysvětlitelných krvácivých poruch, na přítomnost antikoagulačních léků nebo rizikových faktorů krvácení. Antikoagulační léky jsou před výkonem vysazeny (Watane, 2019, s. 2).

Například biopsie plic slouží k diagnostice neznámých ložisek v plících, včetně podezření na rakovinu plic a sarkoidózu. Získání vzorku plicní tkáně má také význam při průkazu plicní fibrózy. Biopsie jícnu může pomoci v diagnostice Barrettova jícnu a ložisek rakoviny jícnu. Biopsie štítné žlázy se provádí zejména z podezřelých uzlů a jiných ložisek, kdy jsou obavy z přítomnosti rakoviny (Krans, 2018).

Biopsie kostních struktur

Kostní léze se nejčastěji bioptují pod kontrolou CT, při větších, převážně měkkotkáňových masách přerůstajících mimo hranici skeletu se využívá USG kontrola. Směr punkčního kanálu vybíráme v co nejdelší ose kosti, ideálně spolu

s částí zdravé kosti, stejně jako postihnuté složky. Snažíme se vést punkční kanál co nejdál od kloubního spojení anebo kortikalis kosti. Za sterilních podmínek se aplikuje anestetikum do podkoží a měkkých částí punkčního kanálu a vějířovitě se vykoná anestezie periostu. Biopsie měkkotkáňových infiltrátů se realizují koaxiální technikou s použitím bioptického děla. Na penetraci přes kortikalis kosti se používají kostní bioptické jehly s tloušťkou 11 Gauge (G), které se po manuálním zapíchnutí do umrtveného periostu ručně zavrtají do kosti v požadovaném směru a do požadované hloubky za předchozí CT kontroly. Ve výsledku se získá 1 váleček tkániva s objemem podle tloušťky bioptické jehly (Uhrin, 2020, s. 104).

Biopsie kostní dřeně se nejčastěji provádí z lopaty kosti kyčelní, v takovém případě se hovoří o trepanobiopsii. Využívá se v rámci diagnostiky řady hematologických onemocnění z nejasného původu. Například leukémie, mnohočetný myelom, lymfomy, nedostatek červených krvinek, bílých krvinek a destiček (Krans, 2018).

Biopsie v oblasti břicha a pánve

Nejvíce biopsií v oblasti břicha je vykonaných na játrech, které jsou z nitrobřišních orgánů nejčastěji postiženy metastatickým, nebo primárním nádorovým procesem. Téměř všechny výkony jsou realizované pod USG navigací ze subkostálního, subxifoidálního, anebo interkostálního přístupu. Podobně se odebírají vzorky ze sonograficky vizualizovaných lokalit, kterými jsou nejčastěji: slinivka břišní, ledviny, podkoží, svaly, intraabdominální karcinomatóza serózních blan a dostupné intraperitoneální a retroperitoneální masy. V případě lézí s nízkým rizikem krvácení se volí bioptická jehla 14 G a méně. Při biopsiích jater se používá nejčastěji 16 G jehla, ale také je možné použít 18 G jehlu, u které je výhodou menší bolestivost pro pacienta, avšak výraznou nevýhodou je nižší výtěžnost. Punkce jater se realizuje v zadržném dechu.

Biopsie pod USG kontrolou jsou nejčastěji z tumorů ledvin, anebo objemných tumorů slinivky břišní a anestezii se snažíme aplikovat v co největším rozsahu punkčního kanálu až k lézi. Ale většina retroperitoneálně uložených patologií se bioptuje pod CT kontrolou. Podle uložení patologie se volí přístup s nejmenším rizikem poškození přilehlých struktur z ventrálního, dorzálního, nebo laterálního směru. Nejkomplikovanější přístup je většinou z ventrálního směru, proto pokud je to možné, preferuje se dorzální přístup. Volí se místo, kde se penetruje nejmenší množství

svaloviny a punkční kanál přechází co nejdál od okolních struktur. Nejčastěji se přistupuje k biopsii koaxiální technikou, v případě lymfadenopatie se používá minimálně 14 G bioptická jehla, při ostatních patologiích nejčastěji 16 G jehlu. U tumorů, které infiltrují cévní struktury, respektive punkční kanál, vedeme v jejich blízkosti, používáme kontrastní látku intravenózně k jejich vizualizaci při CT navigaci, což snižuje riziko krvácení (Uhrin, 2020, s. 105).

Biopsie žaludku je důležitá v diagnostice rakoviny žaludku a nejrůznějších žaludečních zánětů. Je vhodné provést biopsii z podezřelých žaludečních polypů. Jednou z možností, jak prokázat přítomnost bakterie *Helicobacter pylori* v žaludku je provést biopsii sliznice z dolní části žaludku s dalším vyšetřením vzorku.

Pod kontrolou magnetické rezonance se provádí biopsie prostaty s cílem prokázat nebo vyloučit rakovinu prostaty a případně určit agresivitu přítomnosti nádoru. Diagnostikovat biopticky lze také chronické záněty prostaty (Krans, 2018).

6. Srovnání CT, US, MRI a RTG kontroly

Výhodou biopsie pod kontrolou výpočetní tomografie je lepší anatomicko-topografická orientace a komfort pro zobrazení vhodného přístupu. Nevýhodou je vyšší cena, radiační zátěž pacienta a délka trvání výkonu. Naopak biopsie navigovaná pomocí ultrazvuku umožňuje kontinuální sledování průběhu výkonu s kontrolou výběru směru a trajektorie zavádějící jehly. Mezi další výhody patří absence ionizujícího záření, nižší cena a snadná dostupnost výkonu. Při US kontrole se vyskytuje také řada nevýhod, například omezená anatomická přehlednost, kostěné struktury nebo obézní pacienti.

Málo se využívá navigace magnetickou rezonancí, a to z důvodu vysokých nákladů na provedení a použití instrumentária ze speciálních materiálů. Stejně jako u US se zde nevyužívá ionizující záření. Pod kontrolou MR se provádí například biopsie prostaty či prsu (Krajina, 2005, s. 126).

Jako poslední zobrazovací metoda využívaná k biopsii je skiaskopická kontrola. Výhodou této kontroly je sledování průběhu výkonu v reálném čase, což umožňuje zkrácení výkonu a tím snížení rizika vzniku komplikací. Mezi nevýhody patří nižší rozlišovací schopnost a radiační zátěž pacienta (Krajina, 2005, s. 544).

Závěr

V dnešní době patří odběr vyšetření vzorků ke každodenním činnostem radiologa. Klíčovou roli při odběrech tkáně hrají zobrazovací metody, které jsou zodpovědné za správné, přesné a bezpečné vedení biopsie.

Cílem této práce bylo sumarizovat dohledané a aktuální informace o postupech provedení biopsie pod kontrolou zobrazovacích metod. V kapitole zabývající se biopsií, jsou zpracovány dohledané poznatky o jednotlivých druzích biopsie.

Dílčím cílem bylo objasnit rozdíl mezi jednotlivými druhy biopsií, které jsem podrobně rozepsala v úvodní kapitole. Popsala jsem hlavní rozdíl mezi core-cut biopsií a aspirační biopsií. Při core-cut biopsii se odebírají válečky tkáně vhodné k histologickému vyšetření, naopak aspirační biopsie odebírá pouze shluky buněk, které slouží k cytologickému vyšetření, které je jen orientační.

Druhá kapitola odpovídá dílčímu cíli – stručně předložit zobrazovací metody využívající se při biopsii. Mezi zobrazovací metody využívané k případné biopsii patří nejčastěji výpočetní tomografie a ultrasonografie. Základní rozdíl těchto metod spočívá v použití „real time“ sledování při US, kde radiolog bioptuje lézi metodou volné ruky. U CT je to přesné lokalizování léze a jeho poměrně dobré zaměření i v hluboko uložených strukturách (jater, retroperitonea). Další výhodou je kontrola po provedeném výkonu. Málo často se využívá vedení pomocí magnetické rezonance, která je vhodná pro odběr lézí prostaty a ev. prsu.

V poslední části své práce se věnuji přesnému provedení bioptických výkonů pod určitými zobrazovacími metodami a v určitých oblastech pacientova těla, například v oblasti hrudníku, břicha, pánve a kostních struktur.

Bakalářská práce může sloužit jako návod k obecnému pochopení výkonů. Metody jsou popsány jako základní rozdělení a uvědomění si, jaké jsou diagnostické možnosti. Podle obsahu této práce jsou různé možnosti přístupu k pacientovi a záleží na dané lokalitě, možnostech pracoviště i lékařské erudici za spolupráce radiologického asistenta.

Referenční seznam

- BAHL, Manisha, MAUNGLAY, Mary, D'ALESSANDRO, Helen Anne a Constance D. LEHMAN, 2019. Comparison of Upright Digital Breast Tomosynthesis-guided versus Prone Stereotactic Vacuum-assisted Breast Biopsy. *Radiology* [online]. 298-304. Dostupné z: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiol.2018181788>
- DANEŠ, Jan, et al., 2014. Screening karcinomu prsu v České republice. *Česká radiologie: Czech Radiology* [online]. ČLS JEP, 68(3), 177-180. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1403_177_180.pdf
- FERDA, Jiří, MÍRKA, Hynek, BAXA, Jan a MALÁN, Alexander, 2015. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén. ISBN 9788074921643.
- HEŘMAN, Miroslav, 2014. Základy radiologie. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-2901-4.
- HOUSERKOVÁ, Dana a VÁŠA, Petr, 2014. Bioptické metody v současné mamodiagnostice. *Ces Radiol* [online]. 68(3), 183-190. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1403_183_190.pdf
- HŮLEK, Petr a URBÁNEK, Petr, 2018. Hepatologie. 3. vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0394-2.
- KRAJINA, Antonín, PEREGRIN, Jan H. et al., 2005. Intervenční radiologie: miniinvazivní terapie. Hradec Králové: Olga Čermáková. ISBN 80-86703-08-8.
- KRANS, Brian, 2018. Biopsy. *Healthline* [online]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/health/biopsy>
- KUDLÁČKOVÁ, Šárka, ZÁŤURA, František, 2017. Cílená biopsie prostaty pomocí magnetické rezonance- 1. část: techniky fúze. *Urologie pro praxi* [online]. 18(5), 206-208. Dostupné z: <https://www.urologiepropraxi.cz/pdfs/uro/2017/05/02.pdf>
- KUDLÁČKOVÁ, Šárka, ZÁŤURA, František, TŮDÖS, Zbyněk, 2017. Cílená biopsie prostaty pomocí magnetické rezonance- 1. část. *Urologie pro praxi* [online]. 18(2), 69-72. Dostupné z: <https://www.internimedica.cz/pdfs/uro/2017/02/05.pdf>
- MALÍKOVÁ, Hana, 2019. Základy radiologie a zobrazovacích metod. Praha: Univerzita Karlova, Karolinum. ISBN 9788024640365.

MÉNARD, Cynthia, LUPATI, Douglas, PUBLICOVER, Julia, LEE, Jenny, ABED, Jessmine, O'LEARY, Gerald, SIMEONOV, Anna, FOLTZ, Warren D., MILOSEVIC, Michael, CATTON, Charles, MORTON, Gerard, BRISTOW, Robert, BAYLEY, Andrew, ATENAFU, Eshetu G., EVANS, Andrew J., JAFFRAY, David A., CHUNG, Peter, BROCK, Kristy K. a Masoom A. HAIDER, 2015. MR-guided Prostate Biopsy for Planning of Focal Salvage after Radiation Therapy. *Radiology* [online]. 181-191. Dostupné z: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiol.14122681>

NACHIAPPAN, Arun C., METWALLI, Zeyad A., HAILEY, Brian S., PATEL, Rishi A., OSTROWSKI, Mary L. a David L. WYNNE, 2014. The Thyroid: Review of Imaging Features and Biopsy Techniques with Radiologic-Pathologic Correlation. *RadioGraphics* [online]. 34(2), 276-293. Dostupné z: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/rg.342135067>

PRAŽSKÝ, Bohumil, 2013. Transjugulární biopsie jater – péče o nemocné. *Zdraví.euro.cz* [online]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/transjugularni-biopsie-jater-pece-o-nemocne-468412>

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

SKOVAJSKÁ, Miroslava, 2009. Intervenční výkony v diagnostice nemocí prsní žlázy. *Onkologie* [online]. 3(6), 357-361. ISSN 1803-5345. Dostupné z: <https://www.onkologiecs.cz/pdfs/xon/2009/06/08.pdf>

STEJSKAL, Jiří, JAŠKOVÁ, Vanda, PAVLIČKO, Adam, VOTRUBOVÁ, Jana, MATĚJ, Radoslav, ZÁLESKÝ, Miroslav, ZACHOVAL, Roman, 2018. Diagnostika karcinomu prostaty pomocí fúzní biopsie. *Ces Urol* [online]. 22(2), 87-98. Dostupné z: <https://czechurol.cz/pdfs/cur/2018/02/02.pdf>

ŠÁLEK, Michal, Matej RUSINA, Ján HARŠÁNY, Marian STREŠKO, Miroslava ČULAGOVÁ, Iveta KOPECKÁ a Andrej KLEPANEC, 2020. Využitie core-cut biopsie pod CT kontrolou v bežnej klinickej praxi-naše skúsenosti. *Onkológia* [online]. Bratislava: SOLEN, 15(2), 136-139. ISSN 1336-8176. Dostupné z: https://www.solen.sk/storage/file/article/ONKO_2_2020_final%20%E2%80%93%20Klepanec.pdf

THUNSWÄRD, Per, David EKSELL, Håkan AHLSTRÖM a Anders MAGNUSSON, 2021. In vitro CT visualization of the biopsy location by filling the core biopsy needle with contrast media. *Acta Radiologica* [online]. 1-9 [cit. 2022-02-22]. ISSN 0284-1851. Dostupné z: doi:10.1177/02841851211041831

UHRIN, MUDr. Ivan, MAKOVNÍK, MUDr. Marek a MUDr. Marek HERGEL, 2020. Rádiologické intervenčné výkony v diagnostike a liečbe nádorových ochorení. *Vaskulárna medicína* [online]. 12(2), 103-111. Dostupné z: https://www.solen.sk/storage/file/article/VMED_2_2020_final%20%E2%80%93%20Uhrin.pdf

VERMA, Sadhna, CHOYKE, Peter L., EBERHARDT, Steven C., OTO, Aytekin, TEMPANY, Clare M., TURKBAY, Baris a Andrew B. ROSENKRANTZ, 2017. The Current State of MR Imaging-targeted Biopsy Techniques for Detection of Prostate Cancer. *Radiology* [online]. 343-356. Dostupné z: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiol.2017161684>

VEVERKOVÁ, Lucia a Radka DUSÍKOVÁ, 2016. Postavení core-cut biopsie axilárních lymfatických uzlin v diagnostickém algoritmu vyšetřování karcinomu prsní žlázy. *Czech Radiology* [online]. 70(2), 100-104 [cit. 2022-02-25]. ISSN 12107883. Dostupné z: <https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=788f965d-d8af-497c-bda9-c0eb9bb7414d%40redis>

VOMÁČKA, Jaroslav et al., 2015. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. 2.vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.

WATANE, Gaurav V., HAMMER, Mark M., BARILE, Maria F, 2019. CT-guided Core-Needle Biopsy of the Lung Is Safe and More Effective than Fine-Needle Aspiration Biopsy in Patients with Hematologic Malignancies. *Radiology: Cardiothoracic Imaging* [online]. 1(5), 1-9. Dostupné z: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/ryct.2019180030>

Seznam zkratek

| | |
|--------|---|
| CCB | core-cut biopsie |
| CRP | C-reaktivní protein |
| CT | computed tomography-výpočetní tomografie |
| FNAB | fine needle aspiration biopsy-aspirační biopsie |
| G | gauge |
| HU | Hounsfieldové jednotky |
| kHz | kilohertz |
| MHz | megahertz |
| Mm | milimetr |
| mp-MRI | multiparametrická magnetická rezonance |
| MR | magnetická rezonance |
| N | newton |
| RA | radiologický asistent |
| RFA | radiofrekvenční ablace |
| T | tesla |
| US | ultrasonografie |
| USG | ultrasonografický |
| VAB | vakuová biopsie |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Jednorázové bioptické jehly | 21 |
| Obrázek 2: Jednorázové bioptické jehly | 21 |
| Obrázek 3: Bioptické dělo BARD Magnum..... | 22 |
| Obrázek 4: Bioptické dělo BARD Magnum..... | 23 |