



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Tomosyntéza prsu

Breast tomosynthesis

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Ondřej Šenigl

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Žaneta Honová, MBA, DBA



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šenigl** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **474125**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Tomosyntéza prsu

Název bakalářské práce anglicky:

Breast Tomosynthesis

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude popsat standardní digitální mamografii doplněnou o trojrozměrnou zobrazovací techniku zvanou tomosyntéza používanou na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti. Bakalářská práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části bude popsána typologie prsní žlázy a hodnotící kategorie. V této části budou rovněž popsány nemoci prsu a radiační zátěž v mamodiagnostice. V praktické části bakalářské práce bude popsán mamografický přístroj doplněný o trojrozměrnou zobrazovací techniku včetně procesu zpracování obrazu. Dále v této kapitole bude popsána role radiologického asistenta při samotném vyšetření a při intervenčním výkonu za využití této technologie. V praktické části budou popsány výhody a nevýhody této zobrazovací metody používané v diagnostice prsní žlázy.

Seznam doporučené literatury:

- [1] VOMÁČKA, Jaroslav, Zobrazovací metody pro radiologické asistenty, ed. Druhé, doplněné vydání, Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, ISBN 9788024445083
- [2] PHILPOTTS, Liane E. a HOOLEY, Regina J. , Breast Tomosynthesis, Elsevier - Health Sciences Division. USA, 2016, ISBN 9780323358279
- [3] MAHESH, K. Shetty, Breast Cancer Screening and Diagnosis, 1. Springer. Berlín, 2014, ISBN 1493912666

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Žaneta Honová, MBA

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**


prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Tomosyntéza prsu vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 26.05.2020

.....
Ondřej Šenigl

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování paní Mgr. Žanetě Honové, MBA, DBA, za odborné vedení práce, trpělivost, ochotu a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Mé poděkování patří též lékařům a radiologickým asistentům v Thomayerově nemocnici za spolupráci a ochotu při získávání údajů pro praktickou část bakalářské práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku vyšetření prsu pomocí digitální tomosyntézy.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části bakalářské práci jsou popsány kapitoly anatomie prsu, onemocnění prsu a zobrazovací metody, které jsou v současné době používány v diagnostice onemocnění prsu. V závěru teoretické části je zpracována kapitola o radiační zátěži. Náplní praktické části bakalářské práce je popsání samotného mamografického přístroje, který je doplněn o trojrozměrnou zobrazovací techniku, včetně vzniku a zpracování výsledného obrazu. Rovněž v této části bakalářské práce je popsána úloha radiologického asistenta včetně asistentce u stereotaktické vakuové biopsie. V závěru bakalářské práce jsou uvedeny výhody a nevýhody této zobrazovací metody, která prozatím není v České republice tak rozšířená.

Klíčová slova

Digitální tomosyntéza; prs; zobrazovací metody; mamografický screening; radiační zátěž; intervenční výkon

ABSTRACT

This bachelor thesis is aimed on problematic of breast examination with help of digital tomosynthesis.

The bachelor thesis is divided into theoretical and practical part. In the theoretical part, chapters of anatomy and illnesses of the breast are described, as well as screening methods that are used in diagnostics of the breast in present. In the conclusion of the theoretical part of the work, a chapter about radiation burden is written. The content of the practical part is the description of a mammography machine, with three-dimensional screening technique, including the creation and processing of the result image. The role of the radiological assistant is described in this thesis as well, including the assistance in the stereotactic vacuum biopsy. In the conclusion of the thesis, the advantages and disadvantages of this screening method – which is not very common in the Czech Republic - are mentioned.

Keywords

Digital tomosynthesis; breast; screening methods; mammographic screening; radiation burden; intervention procedure

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce.....	11
3	Přehled současného stavu.....	12
3.1	Anatomie prsu	13
3.2	Typologie prsních žláz.....	13
3.2.2	Tabárova typologie prsní žlázy – typ II	14
3.2.3	Tabárova typologie prsní žlázy – typ III.....	15
3.2.4	Tabárova typologie prsní žlázy – typ IV	16
3.2.5	Tabárova typologie prsní žlázy – typ V	16
3.2.6	Americká klasifikace – BI – RADS A	19
3.2.7	Americká klasifikace – BI – RADS B	19
3.2.8	Americká klasifikace – BI – RADS C	20
3.2.9	Americká klasifikace – BI – RADS D	21
3.2.10	Prsní implantáty.....	21
3.3	Breast imaging – reporting and data systém (BI – RADS).....	22
3.3.1	Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 0.....	22
3.3.2	Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 1	23
3.3.3	Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 2.....	24
3.3.4	Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 3.....	24
3.3.5	Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 4.....	25
3.3.6	Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 5.....	26
3.3.7	Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 6.....	27
3.4	Onemocnění prsu	27

3.4.1	Benigní onemocnění.....	28
3.4.1.1	Cysta.....	29
3.4.1.2	Zánět.....	29
3.4.1.3	Fibroadenom	29
3.4.1.4	Mastodynie	30
3.4.2	Maligní onemocnění	30
3.4.2.1	Duktální karcinom.....	30
3.4.2.2	Lobulární karcinom.....	31
3.4.3	Systém TNM klasifikace.....	31
3.4.3.1	TNM klasifikace – T – Tumor.....	31
3.4.3.2	TNM klasifikace – N – Uzliny.....	32
3.4.3.3	TNM klasifikace – M – Metastázy	33
3.5	Zobrazovací metody.....	33
3.5.1	Zobrazovací metody bez ionizujícího záření	34
3.5.1.1	Ultrasonografické vyšetření.....	34
3.5.1.2	Magnetická resonance.....	35
3.5.1.3	Zobrazovací metody využívající ionizující záření.....	36
3.5.1.4	Mamografie	36
3.5.1.5	Digitální tomosyntéza.....	38
3.5.1.6	Výpočetní tomografie.....	38
3.5.1.7	PET/CT	39
3.6	Radiační zátěž	40
3.6.1	Ochranné pomůcky při screeningovém mamografickém vyšetření... ..	42

4	Metodika.....	43
5	Výsledky.....	44
5.1	Mamografický přístroj s trojrozměrnou zobrazovací technikou	44
5.2	Vznik a zpracování obrazu	47
5.2.1	Filtrovaná zpětná projekce.....	48
5.2.2	Iterativní rekonstrukce obrazu.....	49
5.3	Digitální tomosyntéza prsu.....	54
5.3.1	Úloha radiologického asistenta při digitální tomosyntéze prsu .	56
5.4	Stereotaktická vakuová biopsie pod tomosyntézou.....	58
5.4.1	Úloha radiologického asistenta při stereotaktické vakuové biopsii.....	59
5.5	Výhody a nevýhody digitální tomosyntézy prsu.....	60
6	Diskuze	63
7	Závěr	67
8	Seznam použitých zkratk.....	68
9	Seznam použité literatury	69
10	Seznam použitých obrázků	73
11	Seznam použitých tabulek.....	75

1 ÚVOD

Bakalářskou práci na téma tomosyntéza prsu jsem si zvolil především z důvodu, že tato zobrazovací metoda vyšetření prsní tkáně není v České republice zatím tolik rozšířená jako například digitální mamografie, a tudíž je o této metodě i méně dostupných a přehledných informací.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části bakalářské práce jsou kapitoly popisující anatomii prsu, jednotlivé typy prsní žlázy a hodnotící kategorie. Dále v teoretické části bakalářské práce jsou popsány nejčastěji se vyskytující onemocnění prsu. V teoretické části bakalářské práce jsou rovněž uvedeny zobrazovací metody, které jsou v současné době používány v mamární diagnostice. Poslední kapitola teoretické části je věnována radiační zátěži v mamodiagnostice.

Náplní praktické části bakalářské práce je popis mamografického přístroje, který je doplněn o trojrozměrnou zobrazovací techniku, včetně procesu vzniku a zpracování výsledného obrazu. V této části bakalářské práce je popsána úloha radiologického asistenta u samotného vyšetření včetně asistentce radiologického asistenta u stereotaktické vakuové biopsie.

V závěru bakalářské práce jsou uvedeny výhody a nevýhody této zobrazovací metody.

2 CÍLE PRÁCE

Cíle bakalářské práce s názvem Tomosyntéza prsu jsou rozděleny na:

Cíle v teoretické části bakalářské práce:

- popsání anatomie a typologie prsní žlázy, doplněné o obrazovou dokumentaci;
- popsání maligních a benigních onemocnění prsu;
- popsání zobrazovacích metod, které se používají v mamární diagnostice;
- popsání radiační zátěže.

Cíle v praktické části bakalářské práce:

- popsání mamografického přístroje doplněného o trojrozměrnou zobrazovací techniku;
- popsání vzniku a zpracování digitálního obrazu;
- popsání samotného vyšetření za využití tomosyntézy včetně stereotaktické vakuové biopsie;
- popsání role radiologického asistenta před vyšetřením, v průběhu vyšetření a při stereotaktické vakuové biopsii;
- popsání výhod a nevýhod této zobrazovací metody.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

Zhoubné nádorové onemocnění prsu je u žen jedním z nejčastěji vyskytujícím se nádorovým onemocněním v České republice. Incidence neboli počet nově objevených a nahlášených žen s tímto onemocněním meziročně mírně narůstá. Na druhou stranu, mortalita neboli počet úmrtí na zhoubný nádor prsu meziročně klesá. Z toho vyplývá, že díky zavedení pravidelných screeningových mamografických vyšetření dochází k včasnému zachycení nádorového onemocnění prsu a díky tomu lze zahájit léčbu včas, čímž se stává účinnější. Česká republika s Rakouskem se v každoročním srovnávacím průzkumu incidence a mortality rakoviny prsu v mezinárodním srovnání umístila v roce 2018 na dvaadvacátém místě v počtu žen s nově objeveným zhoubným nádorem prsu ze čtyřiceti států Evropy. Tento průzkum provádí Národní registr screeningu karcinomu prsu. Průzkum dále ukázal, že Česká republika má sedmou nejnižší mortalitu na toto onemocnění ze všech čtyřiceti zemí Evropy. Pro srovnání, Rakousko se umístilo na patnáctém místě, Německo na dvaadvacátém místě, poté následovalo Polsko a na osmadvacátém místě Slovensko (1).

Velmi podstatný význam v diagnostice nádorového onemocnění prsu má prevence. V roce 2002 byl v České republice spuštěn Národní program screeningu karcinomu prsu. Program je zacílen na ženy od 45 roku věku. Na screeningové mamografické vyšetření, které je plně hrazeno zdravotními pojišťovnami mají ženy nárok jedenkrát za dva roky. V roce 2018 bylo v rámci screeningového mamografického programu vyšetřeno 694 062 žen. Součástí screeningového mamografického programu je také informační podpora, díky které se může celý screeningový mamografický program vyhodnocovat a mapovat jeho dopad na cílovou populaci. Na začátku roku 2014 Ministerstvo zdravotnictví České republiky ve spolupráci se zdravotními pojišťovnami

zahájili adresné zvaní žen. Dopisy s pozvánkou na screeningové mamografické vyšetření se odesílaly jednou za měsíc ženám, které měly v daném měsíci narozeniny. Týkalo se to žen nad 45 let, které se doposud neúčastnily screeningového mamografického programu. Cílem bylo zvýšit účast ve screeningovém mamografickém programu a snížit tak riziko pozdního odhalení karcinomu prsu. Z dat vyplývá, že v roce 2018 bylo na screeningové mamografické vyšetření pozváno 403 633 žen. Dále z dat vyplývá, že na první výzvu adresného zvaní na screeningové mamografické vyšetření zareagovalo 109 501 žen a z toho 37,7 % žen se poprvé účastnilo screeningového mamografického vyšetření (1; 2)

3.1 Anatomie prsu

Prs je párový orgán, který je složen z mléčné žlázy, prsního dvorce, v jehož středu se nachází bradavka. Mléčnou žlázu tvoří 15 – 20 laloků. Skládají se z tuboalveolárních žláz, které jsou od sebe odděleny vazivem a tukovou tkání. Každý lalok má vlastní 2 – 4,5 cm dlouhý mlékovod, který ústí 15 – 20 otvory na bradavce. Laloky se větví na lalůčky a mezi nimi se nachází vazivo a lymfatické cévy. Parenchymovou část tvoří 30 terminálních větví (aciny), které jsou v lalůčkách (3).

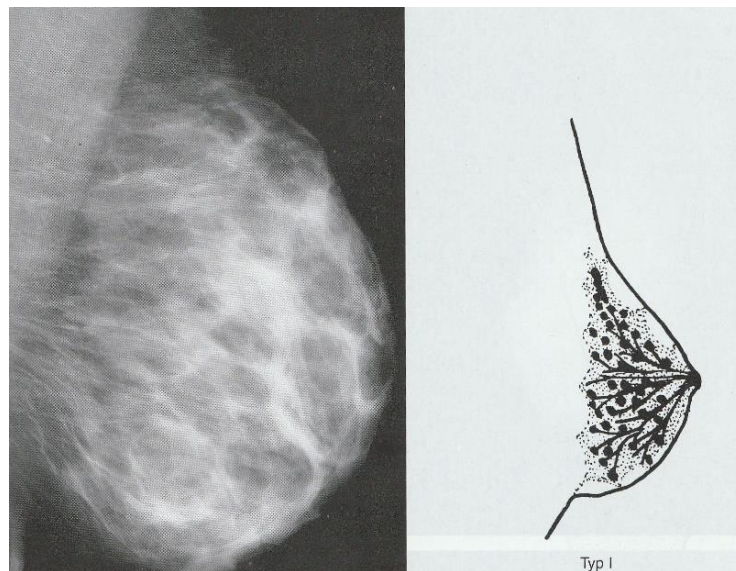
3.2 Typologie prsních žláz

V devadesátých letech maďarský profesor Lászlo Tabár publikoval studii o typologii prsní žlázy. Ze studie vyplynulo, že prsní žláza je dělena na dva druhy. Na žlázy, které během věku ženy mění svůj rentgenový obraz a na žlázy, které svůj obraz nemění. Na základě těchto skutečností byla vytvořena Tabárova typologie prsních žláz. Bylo stanoveno pět základních typů, které vyjadřují míru přehlednosti prsní tkáně. Tabárova typologie prsních žláz je označována římskými číslicemi I – V. Typologie prsní žlázy typu I – III jsou skupina žláz,

které redukují. Typologie prsní žlázy typu IV a V neredukují a svou nízkou transparentností jsou tedy obtížné na vyhodnocení a určení správné diagnózy. Tyto typy je vhodné doplnit ultrasonografickým vyšetřením (4).

3.2.1 Tabárova typologie prsní žlázy – typ I

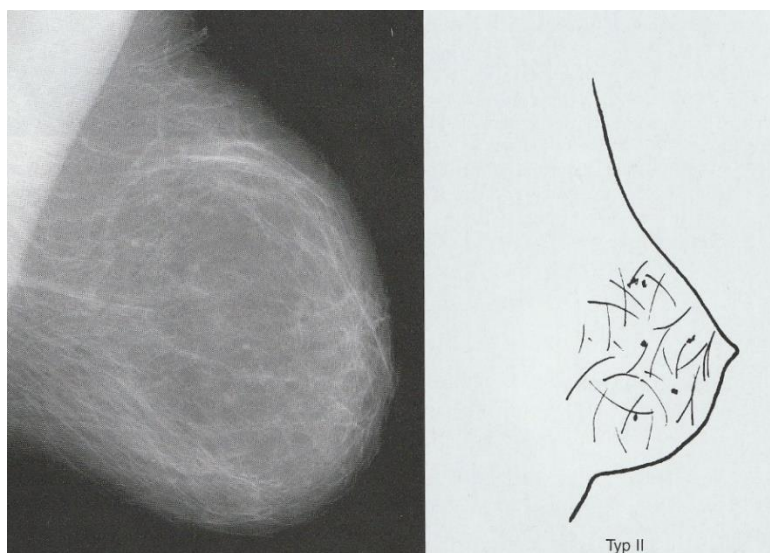
Základními znaky tohoto typu jsou dobře viditelná Cooperova ligamenta a vroubkovaná kontura žlázového tělesa. Dále projasněná oválná místa znázorňují tukové váčky, viz obrázek č. 1. Typ I je středně denzním, přechodným typem, který se postupem času přemění na typ II nebo III (3).



Obrázek 1 – Mamografický a schématický obraz prsu typu I (3).

3.2.2 Tabárova typologie prsní žlázy – typ II

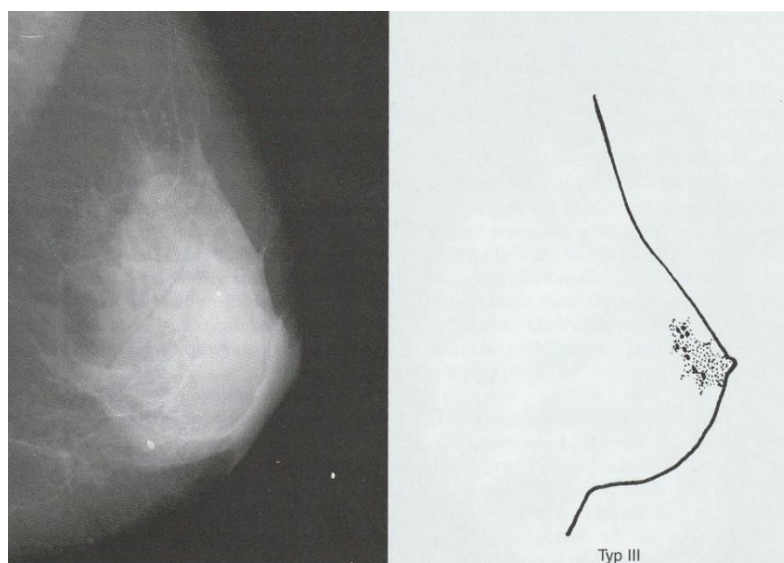
Tento typ se vyznačuje chybějící nebo minimální kresbou žlázové tkáně v důsledku postupující redukce žlázy, viz obrázek č. 2. V prsu převažuje tuková tkáň a z tohoto důvodu jsou dobře rozpoznatelné i drobné kalcifikace (3; 4).



Obrázek 2 – Mamografický a schématický obraz prsu typu II (3).

3.2.3 Tabárova typologie prsní žlázy – typ III

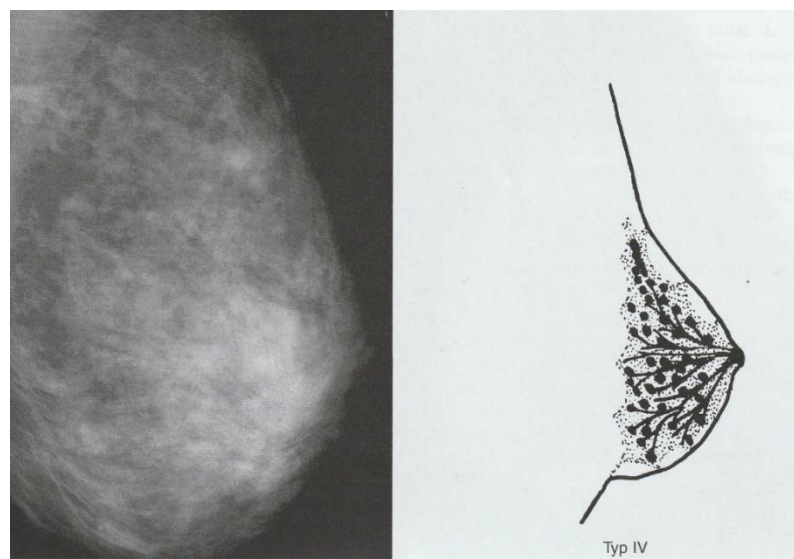
Hlavním znakem tohoto typu prsní žlázy je neúplná redukce žlázy, která tvoří méně než 25 % z celého objemu prsu. Zbytkové žlázy se soustředí nejčastěji pod mamilou, proto je tento typ prsní tkáně mírně denzní, viz obrázek č. 3. Důvodem může být nedokončená redukce žlázy, nebo také periduktální fibróza (3; 4).



Obrázek 3 – Mamografický a schématický obraz prsu typu III (3).

3.2.4 Tabárova typologie prsní žlázy – typ IV

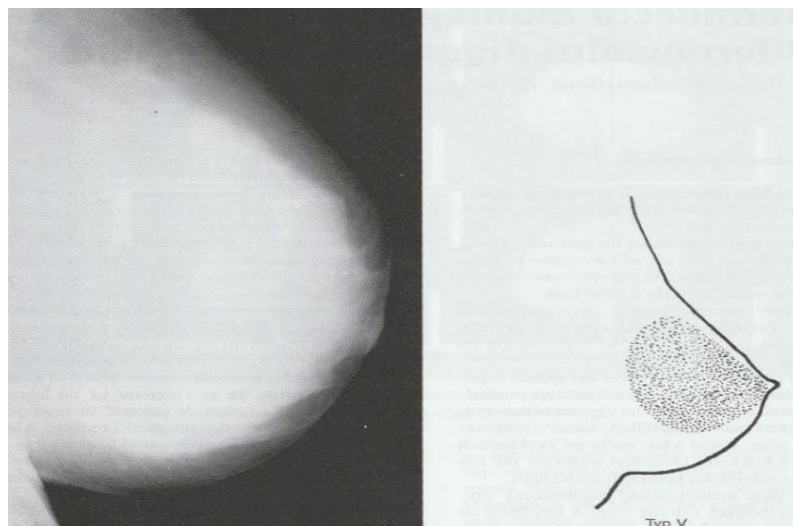
Typologie prsní žlázy tohoto typu patří k jednomu ze dvou typů neredukujících žláz. Nemá věkovou specifikaci. Základním znakem je zmnožení acinů v lobulech, které mají různý tvar a velikost. Následkem toho je hyperplasie a hypertrofie lobulů, což způsobuje zvětšení stavební jednotky z 1 – 2 milimetrů na 3 – 7 milimetrů. Na nepřehlednosti obrazu se často podílí také periduktální fibróza, viz obrázek č. 4 (4).



Obrázek 4 – Mamografický a schématický obraz prsu typu IV (3).

3.2.5 Tabárova typologie prsní žlázy – typ V

Tento typ je druhý neredukující se typ prsní žlázy, vyskytující se v každém věku. Typický pro tento typ je velmi denzní homogenní stín žlázy, což je podmíněno vysokým podílem fibrózního pojiva. Mamografický obraz je obtížně čitelný, a proto se doporučuje doplnit ultrasonografické vyšetření, viz obrázek č. 5 (4).



Obrázek 5 – Mamografický a schématický obraz prsu typu V (3).

V České republice je mamodiagnostiky akreditovaných screeningových mamografických pracovišť Tabárova typologie prsní žlázy hojně využívána. V tabulce 1 je přehledně uveden počet screeningových mamografických vyšetření od samotného spuštění Národního screeningového programu do roku 2015. V tabulce 1 jsou v prvním sloupci vypsány roky od roku 2003 do roku 2015. V dalším sloupci, je uveden počet vyšetření neboli počet žen, které v daném roce přišly na bezplatné screeningové mamografické vyšetření. V následujících pěti sloupcích jsou uvedeny jednotlivé typy prsních žláz dle Tabárove typologie. Hodnota v tabulce vyjadřuje, kolik žen z celkového počtu má danou typologii prsní žlázy, včetně procentuálního vyjádření.

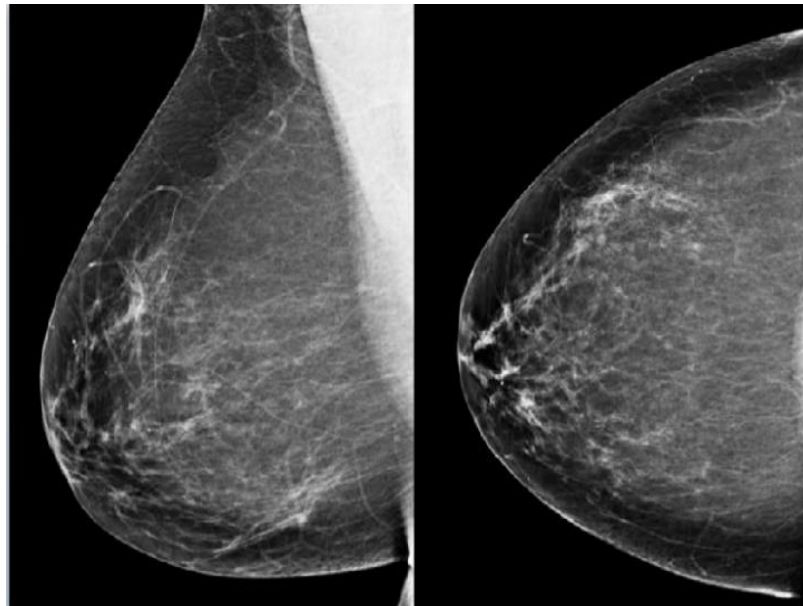
Tabulka 1 – Pro lepší přehlednost je zde tabulka, která udává přehledně počet vyšetření a vyjadřuje výskyt jednotlivých typů prsních žláz dle Tabára od roku 2003 do roku 2015 (5).

Výskyt jednotlivých typů žláz dle Tabára						
Rok	Počet vyšetření	Tabár I	Tabár II	Tabár III	Tabár IV	Tabár V
2003	210 032	56 709 27 %	63 010 30 %	44 107 21 %	35 705 17 %	10 502 5 %
2004	265 156	74 244 28 %	76 895 29 %	58 334 22 %	47 728 18 %	7 955 3 %
2005	317 060	93 533 29,5 %	99 874 31,5 %	63 412 20 %	52 315 16,5 %	7 927 2,5 %
2006	340 357	108 914 32 %	102 107 30 %	68 071 20 %	54 457 16 %	6 807 2 %
2007	469 104	150 113 32 %	154 804 33 %	84 439 18 %	70 366 18 %	9 382 2 %
2008	468 393	154 570 33 %	145 202 31 %	88 995 19 %	70 259 15 %	9 368 2 %
2009	435 679	139 417 32 %	130 704 30 %	87 136 20 %	65 352 15 %	13 070 3 %
2010	538 376	172 280 32 %	172 280 32 %	102 291 19 %	80 756 15 %	10 768 2 %
2011	555 537	183 327 33 %	172 216 31 %	105 552 19 %	83 331 15 %	11 111 2 %
2012	602 099	201 703 33,5 %	186 651 31 %	114 399 19 %	87 304 14,5 %	12 042 2 %
2013	649 106	233 678 36 %	194 732 30 %	116 839 18 %	90 875 14 %	12 982 2 %
2014	682 882	239 009 35 %	211 693 31 %	122 919 18 %	95 603 14 %	13 658 2 %
2015	678 014	244 085 36 %	210 184 31 %	115 262 17 %	94 922 14 %	13 560 2 %

Kromě Tabárovky klasifikace se v současné době v České republice k přehlednosti, čitelnosti a k určení denzity využívá americká klasifikace BI – RADS. Tato klasifikace je rozdělena na čtyři typy, které jsou značeny velkými písmeny A – D (5).

3.2.6 Americká klasifikace – BI – RADS A

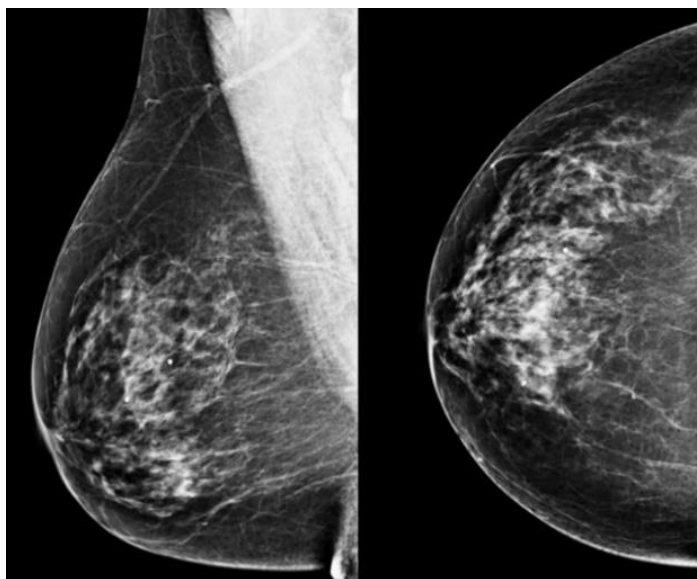
V rámci tohoto typu je prs tvořen výhradně tukovou tkání. Je dobře přehledný a minimálně denzní, viz obrázek č. 6 (5).



Obrázek 6 – Mamografický obraz prsu BI – RADS A (5).

3.2.7 Americká klasifikace – BI – RADS B

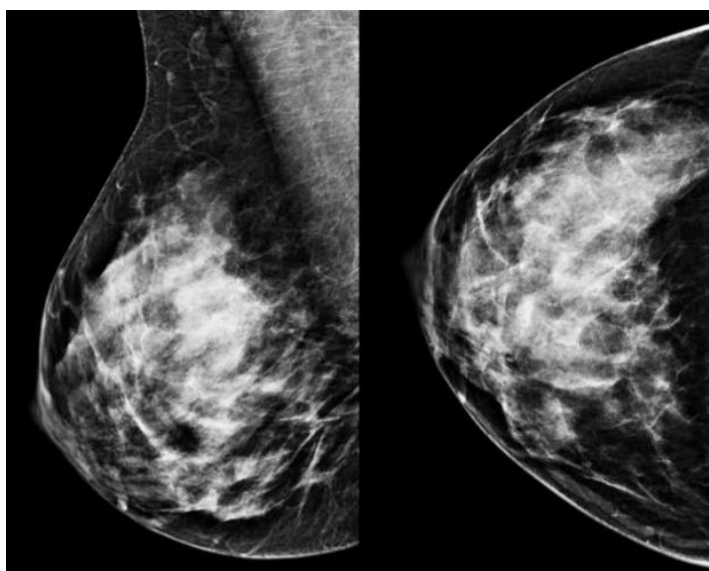
V rámci tohoto typu v prsu převažuje tuková tkáň. Nachází se v něm rozesté okrsky fibroglandulární denzity, viz obrázek č. 7 (5).



Obrázek 7 – Mamografický obraz prsu BI – RADS B (5).

3.2.8 Americká klasifikace – BI – RADS C

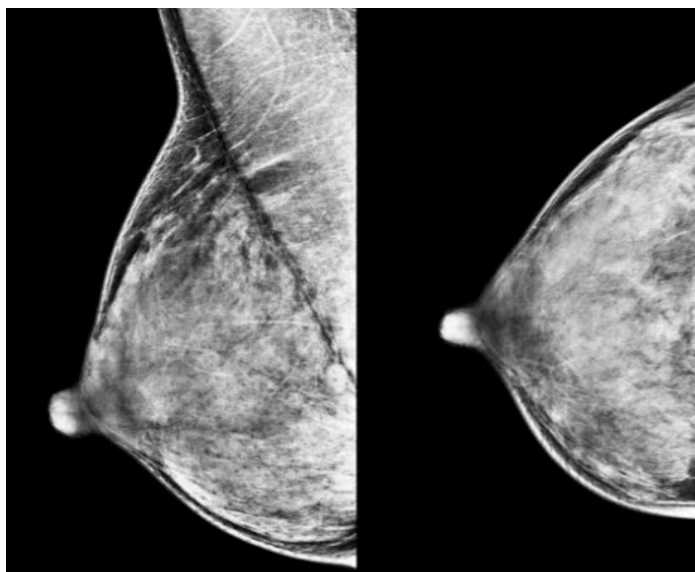
V tomto typu se mohou drobná ložiska skrýt, jelikož žláza prsu je homogenně denzní, viz obrázek č. 8 (5).



Obrázek 8 – Mamografický obraz prsu BI – RADS C (5).

3.2.9 Americká klasifikace – BI – RADS D

Prsní žláza tohoto typu je maximálně denzní a velmi těžce hodnotitelná. Citlivost mamografického vyšetření může být snížena, z tohoto důvodu je vhodné doplnit vyšetření jinou zobrazovací metodou, například ultrazvukem, viz obrázek č. 9 (5).

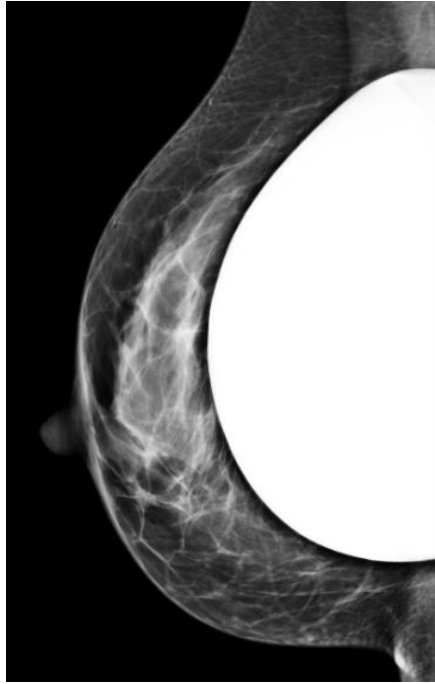


Obrázek 9 – Mamografický obraz prsu BI – RADS D (5).

3.2.10 Prsní implantáty

Prso je vyšetřováno ve dvou standardních projekcích, ovšem při nepřehlednosti tkáně se provádí Eklundova projekce. Cílem této projekce je odtláčit prsní implantát k hrudní stěně, a naopak vyšetřovanou žlázu předsunout a tím docílit lepšího zobrazení (4; 6).

Na výsledném snímku se hodnotí nejen patologická ložiska v původní tkáni, ale také stav implantátu, jeho celistvost, tvar a místo uložení, viz obrázek č. 10 (4).



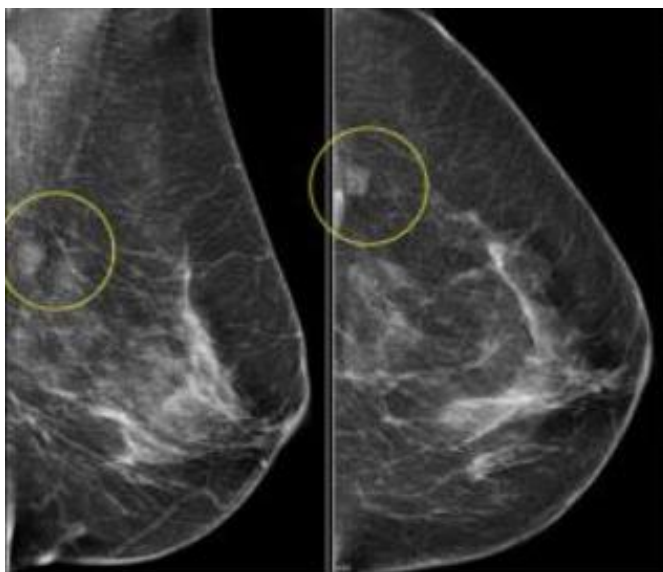
Obrázek 10 – Mamografický obraz prsu s prsním implantátem (7).

3.3 Breast imaging – reporting and data systém (BI – RADS)

Americká klasifikace BI – RADS se využívá k vyhodnocení výsledků vyšetření prsu. Je rozdělena do kategorií, která se označují 0 – 6, přičemž BI – RADS 4 se zároveň dělí na tři další podkategorie. Úkolem této klasifikace je popsat nález a dle něj zároveň určit následný léčebný postup. Hodnotící kategorii není možné zpětně měnit, například po dovyšetření jinou zobrazovací metodou. Hodnotící kategorie se určují pro každou zobrazovací metodu zvlášť (8).

3.3.1 Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 0

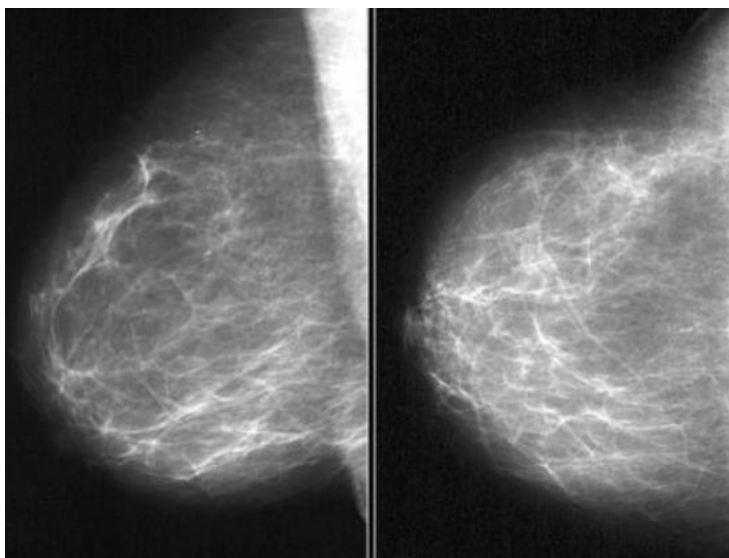
Tato kategorie značí, že výsledný obraz není možné hodnotit. Je nezbytné provést další zobrazovací vyšetření. Důvodem může být nespecifický obraz na mamografickém snímku či nedostatečná spolupráce klienta, viz obrázek č. 11 (8).



Obrázek 11 – Zařazen do kategorie BI – RDS 0 k dalšímu vyšetření (9).

3.3.2 Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 1

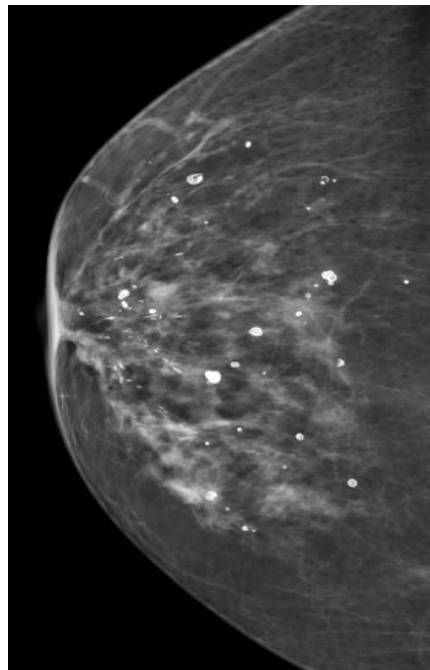
Touto kategorií se označuje negativní nález. Při zařazení do této kategorie nebyly vyšetřením odhaleny žádné abnormality, viz obrázek č. 12. Doporučený postup je samovyšetření a pravidelná kontrola na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti (4; 8).



Obrázek 12 – Negativní nález, proto zařazeno do kategorie BI – RADS 1 (9).

3.3.3 Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 2

Tato klasifikace vypovídá o benigním nálezu. Na snímku se nenachází žádné maligní změny. Do této kategorie spadají cysty, zvětšené lymfatické uzliny anebo například benigní kalcifikace, viz obrázek č. 13. Doporučený postup je totožný jako při BI – RADS 1, tzn. samovyšetření a pravidelná kontrola na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti (8).



Obrázek 13 – Benigní kalcifikace (10).

3.3.4 Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 3

Tato klasifikace je hodnocena jako pravděpodobně benigní nález. V této kategorii jsou nálezy, kde je pravděpodobnost malignity do 2 %. Kontrola by měla následovat nejpozději do 6 měsíců po předchozím mamografickém vyšetření. Příkladem může být malý počet nejednoznačných shluklých kalcifikací, viz obrázek č. 14. Pro zařazení do této kategorie nesmí být provedena biopsie (8).



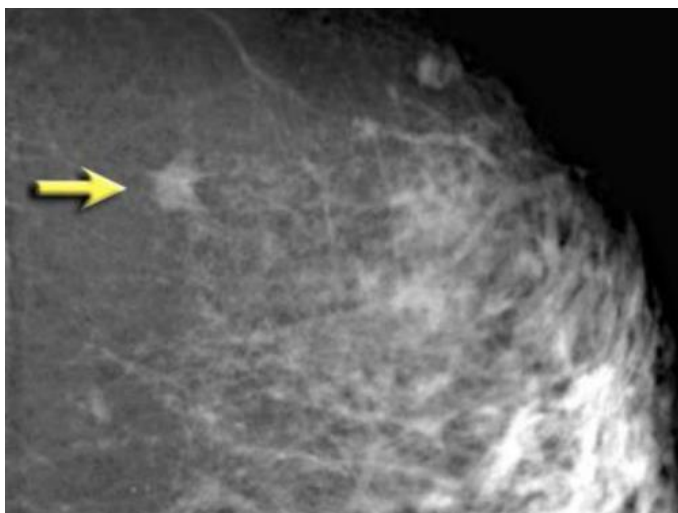
*Obrázek 14 – Sledování po 3, 6, 12 a 24 měsících neprokázalo žádnou změnu.
(benigní cévní malformace) (9).*

3.3.5 Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 4

Tato kategorie označuje podezřelý nález. Po zařazení do této kategorie by vždy měla následovat biopsie tkáně, protože pravděpodobnost výskytu malignity je zde od 3 % (nízká) až po 94 % (vysoká).

Tato kategorie má své další tři podkategorie:

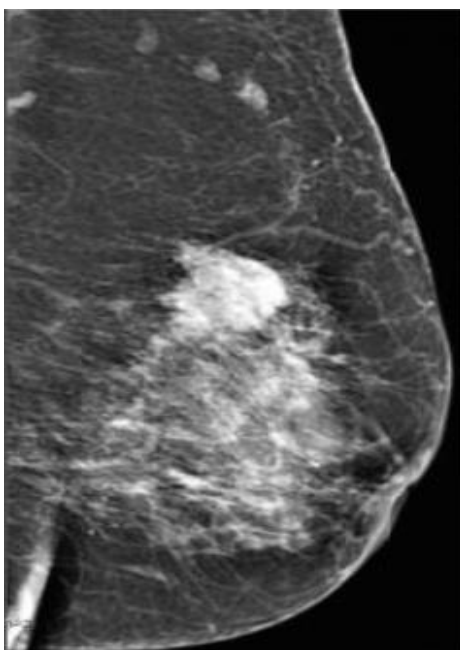
- BI – RADS 4a, kde je pravděpodobný výskyt malignity nízký;
- BI – RADS 4b je pravděpodobnost výskytu malignity středně vysoká;
- BI – RADS 4c je vysoká pravděpodobnost výskytu malignity, viz obrázek č. 15 (8).



Obrázek 15 – Podezřelý nález. Byla indikována biopsie (9).

3.3.6 Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 5

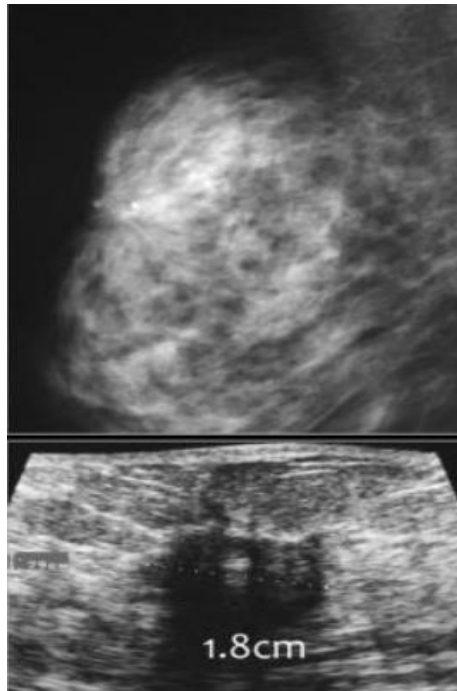
Tato kategorie hodnotí pravděpodobně maligní nález, viz obrázek č. 16. Je zde velmi vysoká pravděpodobnost malignity (nad 95 %). Lékař indikuje biopsii prsní tkáně. V kategorii BI – RADS 5 je možnost dělat doplňující vyšetření pomocí jiných zobrazovacích modalit (8).



Obrázek 16 – Pro nepravidelný tvar a vysokou denzitu byla provedena biopsie (9).

3.3.7 Breast imaging – reporting and data system – BI – RADS 6

Touto kategorií jsou značeny pouze ověřené malignity, které se potvrzují na základě pozitivního výsledku biopsie. V této kategorii jsou nejčastěji pacientky, které již podstupují chemoterapii, nebo budou podstupovat chirurgický zákrok, viz obrázek č. 17 (8).



Obrázek 17 – Po chemoterapeutické léčbě již není nádor na mamografickém obrazu vidět. Ultrasonografické vyšetření potvrdilo zmenšení maligní léze z 3,7 cm na 1,8 cm (9).

3.4 Onemocnění prsu

Onemocnění prsu lze rozdělit na dvě základní skupiny: maligní (zhoubné) a benigní (nezhoubné). Při maligním onemocnění dochází k nekontrolovatelnému množení nádorových buněk, které prorůstají do okolní tkáně. Tyto buňky se následně cévním či lymfatickým systémem mohou dále rozšířit po celém těle a vytvářet metastázy. Nejčastějším maligním onemocněním je duktální karcinom a lobulární karcinom. Benigní onemocnění jsou taková

onemocnění, při kterých se v prsní tkáni nenachází maligní buňky. Obvykle se jedná o cysty, záněty, fibroadenomy a mastodynie (11; 12).

Není znám přesný důvod výskytu onemocnění prsu. Ovšem existují určité rizikové faktory, které zvyšují pravděpodobnost výskytu onemocnění prsu.

K rizikovým faktorům lze zařadit:

- genetickou predispozici;
- nezdravý životní styl (obezitu);
- ionizující záření na mléčnou žlázu (ozáření prsu pro benigní onemocnění);
- zvýšenou hladinu estrogenů a věk (s přibývajícím věkem stoupá riziko) (11).

K základním příznakům onemocnění prsu patří:

- hmatatelná rezistence v prsu, nebo axile;
- změna tvaru prsu;
- deformace bradavky;
- patologická sekrece z bradavky;
- otok prsu;
- zduření a zarudnutí kůže (často se označuje také jako obraz pomerančové kůry) (12).

3.4.1 Benigní onemocnění

Benigní onemocnění je nenádorové onemocnění. Tyto nenádorové buňky se shlukují a vytváří v prsu různé útvary. Mezi benigní onemocnění se řadí také zánětlivé onemocnění prsu nebo cysty (12).

3.4.1.1 Cysta

Toto onemocnění je jedno z nejčastěji se vyskytujících benigních onemocnění. Cysta je dutina, která bývá vyplněna tekutinou. V prsní tkáni vzniká většinou spojením lobulárních jednotek. Některé mohou být velké pouze pár milimetrů, jiné mohou mít rozměr až několika centimetrů. Přítomnost větších cyst je často spojena s bolestivostí prsu. Pokud ultrazvukové vyšetření prokáže přítomnost cysty, bývá punkčně odstraněna, což uleví klientce od bolesti. Obsah cysty se dále cytologicky nevyšetřuje, pouze v případě, je-li tvořen krví (12).

3.4.1.2 Zánět

Mezi benigní onemocnění patří rovněž zánět prsu. Nejčastějším druhem zánětu prsu je puerperální mastitida. Vzniká důsledkem poporodních změn. Infekce do prsní tkáně pronikne přes drobné trhlinky v bradavce, nebo retencí mléka. Klientka cítí zvýšenou bolestivost, pnutí a zarudnutí kůže. Léčí se pomocí antibiotik, které se musí nasadit co nejdříve, aby nedošlo k abscesu. V případě vytvoření abscesu je zapotřebí drenáž abscesové dutiny (12).

3.4.1.3 Fibroadenom

Fibroadenom patří k dalším nejčastějším benigním lézím v prsní tkáni u žen. Jeho velikost může být kolem 1 – 2 cm a skládá se ze žláz a vazivové tkáně. Fibroadenom je charakteristický ostrým ohraničením od okolní tkáně a v prsní tkáni je velmi pohyblivý. Nejčastěji se vyskytuje u ženy kolem 30 let. Díky jeho charakteristické struktuře je na ultrasonografickém vyšetření dobře rozpoznatelný, tudíž není vždy zapotřebí biopsie. Po prvním vyšetření následuje kontrola za 3 až 6 měsíců, na které se sleduje růst fibroadenomu. Při zvětšení útvaru je indikována biopsie a následné chirurgické odstranění. Pokud se růst neprokáže, klientku již není nutné pravidelně sledovat ve zkrácených intervalech. Biopsie je automaticky indikována, pokud se vyskytne fibroadenom u klientky starší 40 let (12).

3.4.1.4 Mastodynie

Mastodynie neboli bolestivost prsu bývá častým důvodem návštěvy mamární poradny. Rozlišují se dva základní typy mastodynie: cyklická mastodynie a mastodynie bez vazby na menstruační cyklus (12).

Ze všech bolestí prsu představuje cyklická mastodynie 60 – 70 %. Při cyklické mastodynii začínají bolesti, které klientky lokalizují do horních zevních kvadrantů, přičemž bolest nikam nevystřeluje ani se nepřesouvá. Bolesti se objevují pět i více dnů před začátkem menstruace, mohou být součástí premenstruačního syndromu. Tento typ bolesti nebývá symetrický, jeden prs bolí více (12).

Mastodynie bez vazby na menstruační cyklus tvoří 20 – 25 % z celkové incidence bolestí prsu. Důsledkem nepravidelného zanikání prsní žlázy, je větší množství žláz s fibrocystickými změnami, což vede k bolestivosti daného prsu. Dále do této kategorie patří záněty prsu. V těchto případech bývají obtíže jednostranné (12).

3.4.2 Maligní onemocnění

Nejčastěji se vyskytujícími typy karcinomu prsu jsou duktální karcinom a lobulární karcinom. Nádorová onemocnění se rovněž rozdělují na invazivní a neinvazivní (in situ), podle toho, zda nádorové buňky prorůstají nebo neprorůstají z lobulů či vývodů do okolní tkáně (13).

3.4.2.1 Duktální karcinom

Duktální karcinom in situ neboli neinvazivní karcinom vyrůstá z maligně změněných epitelových buněk v duktálním systému mléčné žlázy. Často se vyskytuje u žen po menopauze a recidivuje. Duktální karcinom se vyskytuje v různých histologických variantách (11; 13)

Invazivní duktální karcinom je nejčastěji se vyskytujícím invazivním karcinomem a tvoří 60 – 75 % všech karcinomů prsu. Tento typ nádoru metastazuje nejčastěji do kostí, jater a plic (11).

3.4.2.2 Lobulární karcinom

Lobulární karcinom in situ vzniká v lalůčkách prsní tkáně. Tento typ karcinomu je velmi obtížné odhalit mamografickým vyšetřením, jelikož roste lineárně podél ductů. Na rozdíl od duktálního karcinomu, se tento typ vyskytuje převážně před menopauzou (11).

Invazivní lobulární karcinom tvoří přibližně 10 % z celkového výskytu karcinomu prsu. Často se jedná o multicentrické a bilaterální nádory. V době diagnózy už bývají postiženy i axilární lymfatické uzliny. Invazivní lobulární karcinom metastazuje nejčastěji do ovarii a gastrointestinálního traktu (11; 14).

3.4.3 Systém TNM klasifikace

Systém TNM klasifikace je základní klasifikační systém. Využívá se k popisu anatomického rozsahu nádorových onemocnění v oblasti primárního nádoru (T), v oblasti spádových mízních uzlin (N) a k popisu vzdálených metastáz (M). Klinická klasifikace TNM se stanovuje pomocí lékařského a zobrazovacího vyšetření. Patologickou klasifikaci provádí patolog a je značena písmenem "p" (pT, pN, pM). Pro konkretizaci se využívá podrobnější dělení (T1a, T1b, T1c atd.). U hematologických nádorů se TNM klasifikace nevyužívá (15; 16).

3.4.3.1 TNM klasifikace – T – Tumor

Písmeno T určuje velikost primárního nádoru. Stanovení velikosti nádoru vychází jednak z pohmatového nálezu, zobrazovacích metod a intervenčního výkonu. Tato kategorie se rozděluje následovně (11):

- **T_x** znamená, že primární nádor nelze hodnotit.
- **T_{is}** označuje karcinom in situ.

- **T0** znamená, že ve tkáni nádor není.
- **T1** je pozitivní nález nádoru, v největším rozměru má 2 cm, rozděluje se do čtyř podkategorií:
 - **T1mi** je označení pro mikroinvazivní nádor, přičemž v největším rozměru má 0,1 cm.
 - **T1a** nádor prsu je v rozměru od 0,1 – 0,5 cm;
 - **T1b** nádor prsu je v rozměru od 0,5 – 1 cm;
 - **T1c** nádor prsu je v rozměru od 1 – 2 cm.
- **T2** nádor je větší jak 2 cm, ale ne více než 5 cm.
- **T3** je nádor větší než 5 cm.
- **T4** se označuje nádor jakékoliv velikosti s přímým prorůstáním do hrudní stěny nebo kůže.

3.4.3.2 TNM klasifikace – N – Uzliny

Písmeno N určuje, zda jsou v regionálních lymfatických uzlinách přítomny či nepřítomny metastázy a popisuje jejich rozsah. Tato kategorie se rozděluje následovně (11):

- **Nx** znamená, že regionální mízní uzliny nelze hodnotit, důvodem může být jejich dřívější odstranění.
- **N0** označujeme lymfatické uzliny bez metastáz.
- **N1** označují metastázy, které se nachází v pohyblivé stejnostranné axiální mízní uzlině.
- **N2** je označení pro metastázy ve stejnostranné axilární uzlině, které se fixují navzájem, nebo k okolním strukturám. Dále se takto mohou označovat metastázy v klinicky zjevných vnitřních mamárních uzlinách bez klinicky zřejmých metastáz v axilárních uzlinách.
- **N3** se označují metastázy nacházející se ve stejnostranných infraklavikulárních mízních uzlinách, přičemž axilární uzliny mohou,

ale nemusí být postiženy. Dále mohou být metastázy klinicky zřejmé ve stejnostranné vnitřní mamární uzlině s přítomností metastáz v axilárních uzlinách. Nebo se mohou nacházet ve stejnostranné supraklavikulární lymfatické uzlině. Axilární a vnitřní mamární lymfatické uzliny nemusí být postiženy.

3.4.3.3 TNM klasifikace – M – Metastázy

Písmeno M určuje, zda jsou v těle přítomny vzdálené metastázy či nikoliv. Tato kategorie se rozděluje následovně (11; 15):

- **Mx** znamená, že vzdálené metastázy nelze hodnotit.
- **M0** je označení pro negativní nález vzdálených metastáz.
- **M1** znamená, že v těle jsou přítomné vzdálené metastázy. Můžeme zde i označit orgán, ve kterém se metastázy nachází, například M1pul je označení pro metastázy v plicích.

3.5 Zobrazovací metody

Prognóza karcinomu prsu záleží na včasné diagnostice. V roce 2002 byl v České republice oficiálně zahájen plošný mamografický screening. Zobrazovací metody využívané k diagnostice onemocnění prsů lze rozdělit na dvě kategorie.

Mezi zobrazovací metody, které využívají ionizující záření patří mamografie, výpočetní tomografie (CT) a pozitronová emisní tomografie doplněná výpočetní tomografií (PET CT).

Mezi zobrazovací metody, které ionizující záření nevyužívají, lze zařadit ultrasonografii a magnetickou resonanci (17).

3.5.1 Zobrazovací metody bez ionizujícího záření

Zobrazovací metody bez ionizujícího záření jsou metody, které při vyšetření nepoužívají ionizující záření, a výsledný obraz se tedy netvoří za pomoci rentgenových paprsků. Tyto metody se používají především u těhotných žen, aby plod nebyl vystaven radiačnímu záření. Vyšetření zobrazovacími metodami bez ionizujícího záření nejsou věkově omezeny, jelikož u nich zatím nebyly zjištěny žádné negativní vedlejší účinky. Mezi metody, které nevyužívají ionizující záření a používají se v mamární diagnostice patří ultrasonografie a magnetická resonance (17).

3.5.1.1 Ultrasonografické vyšetření

Ultrasonografické vyšetření (UZ) se v mamární diagnostice využívá převážně u mladých, těhotných anebo kojících žen. U žen nad 40 let slouží jako vyšetření, které doplňuje jak screeningové, ale i diagnostické mamografické vyšetření. Největšími výhodami tohoto vyšetření je relativně nízká cena vyšetření oproti ostatním metodám a absence ionizujícího záření (17).

Ultrazvukové vyšetření je prováděno pomocí ultrazvukového přístroje. Ultrazvukový přístroj je složen z obrazovky, která by měla být dostatečně velká, ovládacího pultu a ultrasonografické sondy (17). Obecně je ultrazvuk založen na principu vysílání a přijímání vln. Sonda vyšle ultrazvukovou vlnu o frekvenci 7–15 MHz. S rostoucí frekvencí ultrazvuku se zvyšuje kvalita obrazu, ale snižuje se pronikavost a naopak. Ultrazvuková vlna se odráží zpět k sondě na každém tkáňovém rozhraní díky rozdílné akustické impedanci (hustotě tkání). Další vlastností je absorpce. Při průchodu tkáněmi ztrácí svou energii a mění ji na teplo. Jestliže vlnění nedopadá na rozhraní tkání kolmo, láme se a rozptyluje. Ultrazvuková sonda z více než 99 % přijímá odražené vlny a pouze necelé 1 % doby vlny vysílá. Ultrazvukové vlnění vzniká rozkmitáním piezoelektrického krystalu, který je uložen v sondě. Následuje přiložení sondy na kůži, která je potřena gelem, kvůli přenosu ultrazvukového vlnění. Část vln se poté od

každého tkáňového rozhraní odráží zpět do krystalu, kde je převáděn na elektrický signál a následně na obraz, který je na monitoru (17; 18).

Klientka během ultrasonografického vyšetření leží nejčastěji na zádech s horními končetinami nad hlavou. Pod ultrasonografickým vyšetřením se provádí i velké množství intervenčních a lokalizačních výkonů (4; 17).

3.5.1.2 Magnetická resonance

Magnetická resonance (MR) je po technologické stránce nejsložitější zobrazovací metoda. Senzitivita vyšetření magnetické resonance je velká, narozdíl od specifity. Mezi nejčastější indikace k vyšetření magnetickou resonancí se řadí nejasné vícečetné léze v obou prsech a tumory. Výhodou magnetické resonance je detailní zobrazení měkkých tkání a také absence ionizujícího záření. Naopak mezi nevýhody patří vysoká pořizovací cena a velký hluk během vyšetření, který snižuje komfort klienta. Po vyšetření s pozitivním nálezem bývá často indikována biopsie dané tkáně, k dovyšetření (17; 18).

Lidské tělo je složeno převážně z vody a toho využívá princip magnetické resonance. Atomy vodíku neustále nesystematicky rotují kolem své osy. Tomuto pohybu se říká spin. Svou rotací tvoří okolo sebe magnetické pole. Jsou-li ovšem umístěny do silného magnetického pole, sesynchronizují se rotační osy vodíku se siločarami vnějšího magnetického pole. Další pohyb, který konají je takzvaný precesní pohyb (bývá přirovnáván k točící se káče). Jeho frekvence se nazývá Larmorova frekvence (17; 18). *„Abychom mohli detekovat poměrně malé změny vektoru tkáňové magnetizace M (vektor tkáňové magnetizace je orientován podélně s průběhem siločar vnějšího silného magnetu a jeho měření není možné), je potřeba tento vektor „sklopit“ do roviny XY (kolmé k rovině Z základního pole). Do tkáně se aplikuje vysokofrekvenční magnetický impulz o frekvenci shodné s frekvencí precesního pohybu protonů – Larmorovou frekvencí, v důsledku čehož dochází k magnetické resonanci. Po skončení elektromagnetického impulzu se celý systém postupně vrací ze svého excitovaného (vzbuzeného) stavu do stavu základního. Doba od excitace až po návrat do*

výchozího stavu se nazývá relaxace, tento stav je opět specifický pro jádra určité látky” (18 str. 191).

K tomuto vyšetření se používá speciální bilaterální mamární cívka, díky níž se mohou vyšetřit oba prsy zároveň. Klientka si při vyšetření lehne na břicho na speciální nástavec a ruce položí před sebe. Pomocí destiček na bočních stranách je provedena jejich posunutím směrem do středu stolu drobná komprese prsů. Následuje samotné vyšetření, při kterém je důležité, aby se klientka nehýbala (17; 18).

Vyšetření magnetickou resonancí se provádí většinou s intravenózní aplikací gadoliniové kontrastní látky. Jedná-li se pouze o kontrolu uložení prsních implantátů, tak se vyšetření provádí nativně. Kontrastní látka se aplikuje proto, že i malý invazivní karcinom je velmi dobře cévně zásobený. Díky intravenózní aplikaci gadoliniové kontrastní látky se patologický útvar nasytí kontrastní látkou a na výsledném obraze je snadněji odhalitelný (19).

3.5.1.3 Zobrazovací metody využívající ionizující záření

Jedná se o metody, které používají ionizující záření. Rentgenové paprsky prochází přes vyšetřovanou oblast, dopadají na detektor a tam tvoří výsledný obraz vyšetřované oblasti. Mezi zobrazovací metody, které využívají ionizující záření patří mamografie, výpočetní tomografie (CT) a pozitronová emisní tomografie doplněná výpočetní tomografií (PET CT) (17).

3.5.1.4 Mamografie

Mamografie je základní zobrazovací metoda screeningového a diagnostického vyšetření prsní žlázy. Hlavním cílem mamografického vyšetření je detekce tumorů, mikrokalciﬁkací, či jiných patologických útvarů v raném stádiu, kdy lze většinu onemocnění snadněji léčit. Další indikací pro tuto zobrazovací metodu je stereotaktická vakuová biopsie, nebo duktografie (17; 20; 21).

Mamografický přístroj je složen z rentgenky, která emituje záření o nízké energii tzv. měkké záření. Toto záření prochází přes kompresní desku do prsní tkáně, kde je zeslabováno podle její hustoty, a nakonec dopadá na detektor, čímž se vytváří mamografický obraz, který je následně převeden do digitální podoby. Prsy jsou stlačovány kompresní deskou pro zlepšení kvality obrazu, zamezení pohybovým artefaktům a zároveň snížení obdržené dávky. Klientka při vyšetření stojí čelem k mamografickému přístroji a prsy jsou stlačeny kompresní deskou. Provádí se dvě základní projekce, kraniokaudální a mediolaterální. Při nejasném nálezu může být vyšetření doplněno o další projekce z jiných úhlů (3; 17).

Cílem mamografického screeningového vyšetření je odhalit patologické změny u asymptomatických žen. Při tomto vyšetření se provádí dvě základní projekce – kraniokaudální a mediolaterální. K mamografickému vyšetření je nezbytná žádanka od praktického lékaře či gynekologa. V České republice byl screeningový program zahájen v roce 2002. Jde o preventivní mamografické vyšetření u žen nad 40 let, přičemž ženy od 40 do 44 let si preventivní mamografické vyšetření samy hradí. Ženy nad 45 let věku mají nárok na bezplatné screeningové mamografické vyšetření jedenkrát za dva roky. Obdobné programy existují i v ostatních státech, ale mohou se lišit věkovým rozmezím, nebo časovou frekvencí vyšetření (17).

Indikace k mamografickému diagnostickému vyšetření je jakýkoliv hmatný útvar v prsu či jiný příznak onemocnění prsu, například vtažení kůže, deformace bradavky, nebo výtok z bradavky. Indikací je také nejasný nález při ultrazvukovém vyšetření. Při diagnostickém vyšetření se nepožizují snímky pouze ve dvou základních projekcích, ale často bývá toto vyšetření doplněno i různými speciálními projekcemi. Toto vyšetření není věkově omezeno. Je-li podezření na nádorové bujení v prsní tkáni, není kontraindikací k vyšetření ani gravidita (21).

3.5.1.5 Digitální tomosyntéza

Digitální tomosyntéza se v mamodiagnostice řadí mezi speciální vyšetření, jejíž využití přichází na řadu v případě, že pomocí mamografického přístroje nelze dostatečně kvalitně zobrazit vyšetřovnou oblast v důsledku překryvu tkání. Tomosyntéza je schopna okolní tkáň odfiltrvat, a tak zobrazí pouze oblast zájmu. Podstatou tomosyntézy je vytváření více projekcí, a ne pouze dvou, jako tomu je u standardního mamografického vyšetření. Náběr dat může probíhat kontinuálně, nebo v takzvaném step and shoot módu, kdy rentgenka najede do zvolené pozice, zastaví se, provede expozici a najede do další pozice. Náběr dat probíhá v kyvech. Během vyšetření se vytvoří několik nízkodávkových snímků prsu z různých úhlů, ze kterých se následně vytvoří výsledný obraz. Pomocí rekonstrukčního algoritmu je okolní tkáň rozostřena a tkáň, která je v ohniskové rovině, zůstává vyobrazena ostře. Některé přístroje umí z jednotlivých projekcí tomosyntézy zrekonstruovat i standardní mamografické snímky. K rekonstrukci obrazu se využívá zpětná filtrovaná nebo iterativní rekonstrukce. Digitální tomosyntéza na rentgenových systémech různých výrobců se liší. Úhel kyvů je v rozsahu až $\pm 50^\circ$. Doba pořizování projekcí je od 4 do 20 vteřin a počet provedených projekcí je 11 až 51. Celková dávka při digitální tomosyntéze je díky nízkodávkovým projekcím přibližně shodná se standardní mamografií (21).

3.5.1.6 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie neboli CT se v mamologii využívá nejčastěji k odhalování metastáz a posouzení vztahu maligního útvaru k okolním tkáním. Tato zobrazovací metoda využívá rentgenové záření a zobrazuje i útrobní orgány. V porovnání s běžným rentgenovým snímkem poskytuje mnohem detailnější obraz, a proto je možné odhalit i drobnou metastázu, která by mohla být jinak přehlédnuta (17; 11).

Výpočetní tomografie je tvořena ovládací konzolí, posuvným stolem a gantry v němž se nachází více detektorů uspořádané v řadě za sebou, naproti se

nachází rentgenka. Toto uspořádání umožňuje nabírání dat v několika vrstvách současně. Jedná se o multi-slice CT. Rotací detektorů a rentgenky okolo pacienta jsou získávány hodnoty absorpce rentgenového záření v jednotlivých vrstvách. Nasnímaná data následně slouží k tvorbě rekonstrukčních obrazů. V rámci postprocesingu můžou být dodělány například 3D rekonstrukce po konzultaci s lékařem (17; 20).

3.5.1.7 PET/CT

Zobrazovací hybridní systém pozitronové emisní tomografie fúzovaný s výpočetní tomografií (PET/CT) se využívá pro lokalizaci tumorů. Mezi indikace pro toto vyšetření patří podezření na nádorové a zánětlivé procesy a sledování možné recidivy nádorů. Před vyšetřením pacient musí dodržovat určitý režim. Několik dnů předem by měl omezit fyzickou aktivitu, být alespoň 6 hodin lačný, pokud není diabetik a důležitá je také dostatečná hydratace. Nedodržení těchto opatření může vést k falešně pozitivnímu nálezu (20).

Pacientovi se hodinu před snímáním aplikuje intravenózně radiofarmakum, fluorodeoxyglukóza (FDG). Poločas rozpadu je 110 minut. Zánětlivá či nádorová tkáň zvýšeně vychytává glukózu, a tedy i radiofarmakum na ní navázané. Ložiska se zvýšenou akumulací jsou na monitoru barevně odlišena od normální tkáně. Při fúzi s CT systémem dokážeme přesně lokalizovat místa, kde se ložiska nachází (20).

Tato zobrazovací metoda využívá pozitrony, které se již po pár milimetrech anihilují s elektrony a tím vzniknou dva fotony. Ty se od místa vzniku šíří dál v úhlu 180°. Dopadají na koincidenční detektory (dva protilehlé detektory jsou spojeny koincidenčním obvodem), kde se detekuje místo odkud přilétly. Následně počítačovým zpracováním vznikne obraz. Poté je provedeno CT vyšetření a v dalším kroku je možné provést fúzi těchto dvou obrazů, přičemž obraz z CT dodává anatomickou informaci pro přesnější lokalizaci tumorů (20).

3.6 Radiační zátěž

Digitální tomosyntéza je speciální technika pro zobrazení prsní tkáně. V klasické screeningové digitální mamografii jsou pořizovány rentgenové snímky ve dvou základních projekcích: kraniokaudální a šikmé mediolaterální. Během screeningového mamografického vyšetření je klientka zatížena efektivní dávkou 0,1 mSv. Při digitální tomosyntéze je pořizováno větší množství snímků z různých úhlů okolo prsní tkáně. Efektivní dávka je vyšší než při digitální screeningové mamografii, přesto je ale stále velmi nízká. Podle americké studie je obdržaná efektivní dávka při digitální screeningové mamografii i digitální tomosyntéze nižší než 3 mSv (22). Pro srovnání, efektivní dávka, které jsou vystaveni cestující letu na trase Tokio – New York – Tokio je 0,2 mSv, viz tabulka č. 4 (23).

Tabulka 2 - Označení radiačního rizika (23).

Označení radiačního rizika	
Velikost efektivní dávky [mSv]	Riziko
nižší než 0,1 mSv	zanedbatelné
0,1 mSv – 1 mSv	minimální
1 mSv – 10 mSv	velmi nízké
10 mSv – 100 mSv	nízké

Tabulka 2 značí míru radiačního rizika při ozáření. Efektivní dávka při screeningovém mamografickém vyšetření je 0,1 mSv. Radiační riziko při screeningovém mamografickém vyšetření je tedy minimální, až zanedbatelné.

Tabulka 3 - Typické hodnoty efektivních dávek (23).

Typické hodnoty efektivních dávek		
Diagnostický výkon	Typické efektivní dávky [mSv]	Doba pro stejné ozáření z přírodních zdrojů
RTG plic (1 PA snímek)	0,02	3 dny
Mamografie screening	0,1	15 dnů
RTG břicha	1	6 měsíců
Vyšetření žaludku, střešní pasáž	3	16 měsíců
CT hlavy	2,3	1 rok
CT břicha	10	4,5 roku

V tabulce 3 jsou uvedeny typické hodnoty efektivních dávek při různých diagnostických zobrazovacích výkonech. Rovněž jsou v tabulce uvedeny hodnoty, které vyjadřují dobu pro stejné ozáření z přírodních zdrojů.

Tabulka 4 – Typické hodnoty efektivních dávek z přírodních zdrojů (23).

Typické hodnoty efektivních dávek z přírodních zdrojů	
Příklady	Efektivní dávka [mSv/rok]
Let Tokio - New York – Tokio	0,2
Potraviny	0,3
Země	0,5
Vesmír	0,4
Brazílské pláže Guarapari	10

Tabulka 4 znázorňuje efektivní dávky z přírodních zdrojů. Cesta z Tokia do New Yorku a zpět do Tokia je srovnatelná s jedním screeningovým mamografickým vyšetřením. Obdobně může být porovnáno jedno CT vyšetření břicha, při kterém jde o stejnou dávku (10 mSv), kterou obdrží obyvatelé žijící poblíž pláže Guarapari za 1 rok.

3.6.1 Ochranné pomůcky při screeningovém mamografickém vyšetření

Ve spojitosti se screeningovým mamografickým vyšetřením se některé ženy domnívají, že způsobuje nádorové onemocnění štítné žlázy. Tato zpráva se objevila v mnoha emailových schránkách v roce 2012. Dle měření a výpočtů je tato zpráva nepravdivá. Jelikož štítná žláza není v primárním svazku záření, dostává pouze zanedbatelnou část sekundárního záření. Naopak v některých případech může dojít vlivem ochranného límce ke zhoršení kvality, nebo znehodnocení snímku a celá expozice se musí opakovat (24; 25).

Profesor MUDr. Jan Daneš, CSc., bývalý přednosta Radiodiagnostické kliniky 1. LF UK a VFN v Praze se k této problematice vyjádřil takto: „*Jde o naprostý nesmysl a neodůvodnitelné šíření poplašné zprávy. Neexistuje žádná vědecky podložená studie, která by ukazovala na vyšší výskyt nádorů štítné žlázy u žen, které absolvovaly, i opakovaně, mamografické vyšetření. Dávka na štítnou žlázu je při vyšetření prsů zanedbatelná. Z tohoto důvodu není používání ochranného límce v žádném z uznávaných screeningových mamografických programů ve světě doporučováno (či dokonce požadováno). V České republice je ve screeningových centrech vybavení pro provádění mamografie na velmi vysoké úrovni a dávka záření je pravidelně sledována – je velmi nízká, hodnoty uváděné v doporučeních EU nejsou vůbec překračovány. Ženy tak nemusí mít obavy z nadměrného záření. Požadavky na mamografické vyšetření dané ve věstníku ministerstva zdravotnictví jsou navíc velmi přísné, odborníci, ministerstvo zdravotnictví ani Státní úřad pro jadernou bezpečnost nepovažují požadavek používání ochranného límce za racionální*” (24).

4 METODIKA

Informace do praktické části bakalářské práce jsem čerpal jednak z české, tak i ze zahraniční literatury. Rovněž jsem použil manuály k mamografickým přístrojům, které jsou doplněny o trojrozměrnou zobrazovací techniku.

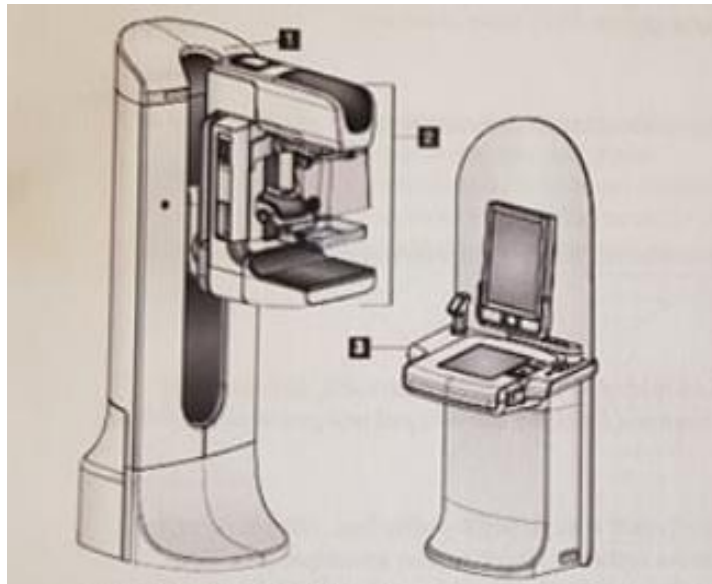
Nejpřínosnější pro mou praktickou část bakalářské práce byly poznatky a zkušenosti s touto zobrazovací metodou od lékařů a radiologických asistentů akreditovaného screeningového mamografického pracoviště Thomayerovy nemocnice, kde jsem absolvoval praxi v termínu od 17. 2. do 12. 3. 2020. V rámci praxí jsem měl možnost se podívat na mamografický přístroj s trojrozměrnou zobrazovací technikou a také na přípravu a postup radiologického asistenta při vyšetření touto zobrazovací modalitou. V rámci praxe jsem měl vidět stereotaktickou vakuovou biopsii. Vzhledem k nemoci Covid 19 byly nemocnice pro studenty kvůli bezpečnostním opatřením uzavřeny a zároveň se omezil provoz, z toho důvodu jsem kapitolu o stereotaktické vakuové biopsii zpracoval pomocí literatury.

5 VÝSLEDKY

V této kapitole bakalářské práce je popsán digitální mamograf, který je doplněný o trojrozměrnou zobrazovací techniku včetně vzniku a zpracování obrazu. Rovněž v této kapitole je popsána role radiologického asistenta před i v průběhu tohoto vyšetření. Zároveň v této kapitole je popsán intervenční výkon včetně úlohy radiologického asistenta. V závěru této kapitoly jsou uvedeny výhody a nevýhody digitální tomosyntézy i stereotaktické vakuové biopsie pod tomosyntézou.

5.1 Mamografický přístroj s trojrozměrnou zobrazovací technikou

Mamografický přístroj se využívá k vyšetření prsů. Slouží zejména k odhalení patologických změn ve tkáni. Mamografický přístroj doplněný o trojrozměrnou zobrazovací techniku se skládá ze tří základních částí, viz obrázek č. 18.



Obrázek 18 – Mamograf rozdělený na 3 základní části (26).

Na obrázku č. 18 jsou zobrazeny základní části mamografického přístroje, ke kterým patří:

1. Nosná konstrukce, na které je umístěno C rameno s ostatním příslušenstvím. Nosná konstrukce umožňuje nastavit C rameno do potřebné pozice dle výšky klientky, pro její maximální komfort v průběhu samotného mamografického vyšetření. Dále může C rameno vykonávat také rotační pohyb, který se využívá při pořizování mediolaterálních snímků.
2. C rameno s příslušenstvím je tvořeno z několika samostatných dílů, které jsou popsány pro lepší přehlednost pod obrázkem č. 19.



Obrázek 19 – Mamografický přístroj (27).

Na obrázku č. 19 je znázorněno C rameno. Horní část tohoto ramene je tvořena krytem, pod kterým je uložena rentgenka. Tato část C ramene může samostatně, na rozdíl od dolní části C ramene, vykonávat rotační

pohyb, což je využíváno právě při tomosyntéze. Na straně C ramene je ovládací panel, kde se pomocí tlačítek nastavuje například úhel náklonu a výška přístroje. V horní části C ramene pod krytem rentgenky se nachází obličejový štít. Jeho hlavním úkolem je chránit hlavu klientky od rentgenového záření. Ve střední části C ramene je umístěné kompresní zařízení. Toto zařízení je výškově nastavitelné, pro zvolení libovolné síly komprese. Připevňují se na něj průhledné plastové kompresní lopatky, které poté zajišťují kompresi prsu. Lopatek je více druhů, některé se zahnutým okrajem, nebo s rovným okrajem a jsou lehce vyměnitelné. Ve spodní části C ramene je umístěn detektor. V této části dochází po průniku rentgenového záření prsní tkání k zachycení zeslabeného záření a následně ke vzniku obrazu.

3. Pracovní stanice pro sběr dat společně s ovládacím pultem. Bližší znázornění pracovní stanice poskytuje obrázek č. 20.



Obrázek 20 – Pracovní stanice (27).

Na obrázku č. 20 je vyobrazena pracovní stanice pro radiologické asistenty, kteří provádí digitální mamografické vyšetření nebo digitální tomosyntézu. Hlavní částí je počítačový systém, do kterého se zadávají základní údaje, jako například jméno pacienta, rodné číslo, typ požadovaného vyšetření, popřípadě projekce. Dále je k pracovní stanici připevněn ochranný štít, který chrání radiologického asistenta proti rentgenovému záření, jelikož je tato stanice umístěna ve stejné místnosti jako samotný mamografický přístroj. Další součástí pracovní stanice je obrazovka, na které se vytvořený snímek zobrazí. Do systému je následně odeslán snímek, kde je zobrazen celý a nerozmazaný prs.

5.2 Vznik a zpracování obrazu

Digitální tomosyntéza prsu je speciální metoda, která dokáže pomocí rekonstrukčních algoritmů v každé z projekcí rozostřit okolní tkáň, čímž zůstane vyobrazená pouze zaostřená tkáň, která se nachází v ohniskové rovině. Díky tomu je vyšetřovaná prsní tkáň přehlednější (21).

Pro vznik výsledného obrazu tomosyntézy prsu se využívají dva postupy zpracování obrazu, filtrovaná zpětná projekce anebo iterativní rekonstrukce obrazu. Výsledný obraz si ještě může upravovat sám lékař díky postprocessingu, který umožňuje změnit nastavení jasu, kontrastu, či detailně zobrazit danou část snímku (21).

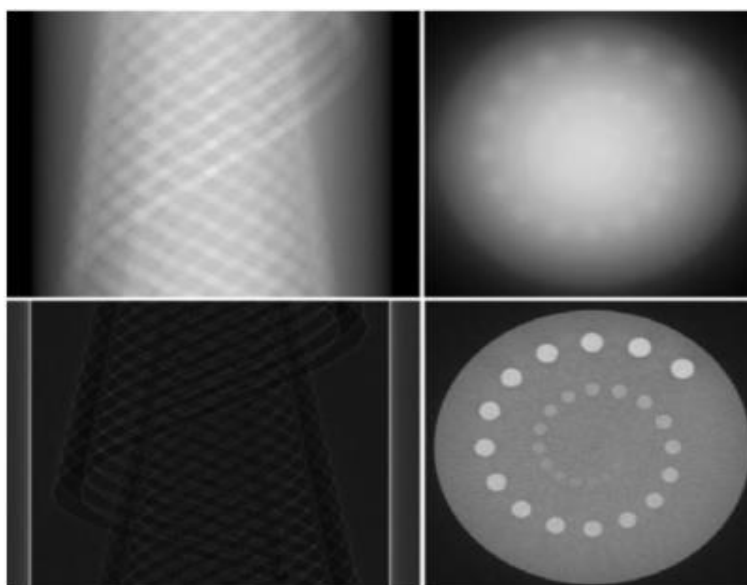
Při digitální tomosyntéze vzniká několik snímků prsu z různých úhlů. Pořizování těchto snímků probíhá v kyvech. Jde o kontinuální pohyb rentgenky z pravé strany na levou, přičemž zároveň dochází ke snímkování vyšetřovaného prsu. Rentgenové záření se při průchodu přes vyšetřovanou tkáň zeslabí a každý pixel, respektive voxel absorbuje určitou část energie a na tomto základu vznikne profil zeslabení. Poté se rentgenka posune a je opět zaznamenán profil zeslabení, tentokrát v jiném úhlu. Zobrazené profily zeslabení v závislosti na úhlu projekce

se nazývají sinogram neboli hrubá data. Po získání profilů zeslabení ve všech projekcích, nastává samotná rekonstrukce obrazu (21; 28).

5.2.1 Filtrovaná zpětná projekce

Tento druh rekonstrukce obrazu je nejčastější. Nejprve nastane zpětná projekce získaných profilů zeslabení, během které jsou jednotlivé profily zeslabení (řádky sinogramu) promítány zpět do matice, která je základem vznikajícího obrazu. Při zpětné projekci dochází k rozložení zeslabení rovnoměrně po celé dráze paprsku, což vede k částečnému rozmazání okolo objektu, čímž vznikají hvězdicové artefakty. K odstranění těchto artefaktů se používá filtrace profilů zeslabení, než je provedena jejich zpětná projekce a tím vzniká filtrovaná zpětná projekce. K filtraci lze použít více druhů filtrů. Při použití ramp filtru se zvýší obrazový šum, ale poskytuje optimální prostorové rozlišení. Sheep – Loganův filtr poskytuje lepší rozlišení kontrastu, ale horší prostorové rozlišení. Výhodou filtrované zpětné projekce je, že není potřeba mít natolik výkonný počítačový systém, jako u iterativní rekonstrukce (21; 28).

Na níže uvedeném obrázku lze vidět porovnání sinogramu a zpětné projekce (obrázky nahoře), včetně hvězdicových artefaktů. A pro porovnání filtrovaný sinogram a filtrovanou zpětnou projekci (obrázky dole). Lze zde dobře vidět i rozdíl v obrazovém šumu a ostrosti mezi zpětnou projekcí a filtrovanou zpětnou projekcí, viz obrázek č. 21.



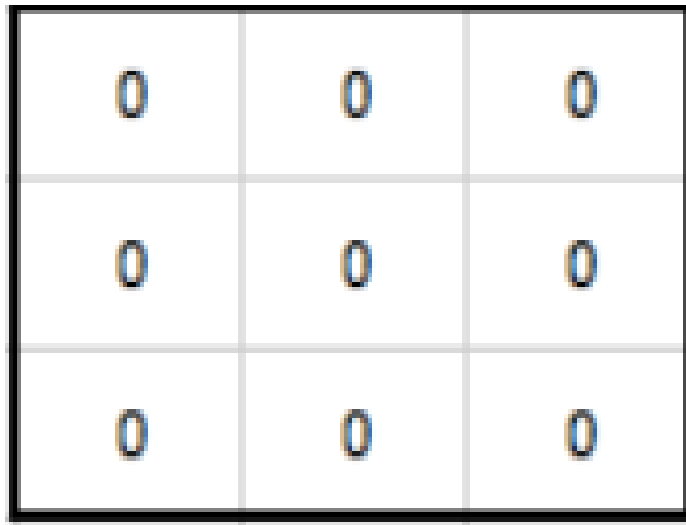
Obrázek 21 – Porovnání sinogramu a zpětné projekce (obrázky nahoře) s filtrovaným sinogramem a filtrovanou zpětnou projekcí (obrázky ve spodní části) (21 str. 120).

5.2.2 Iterativní rekonstrukce obrazu

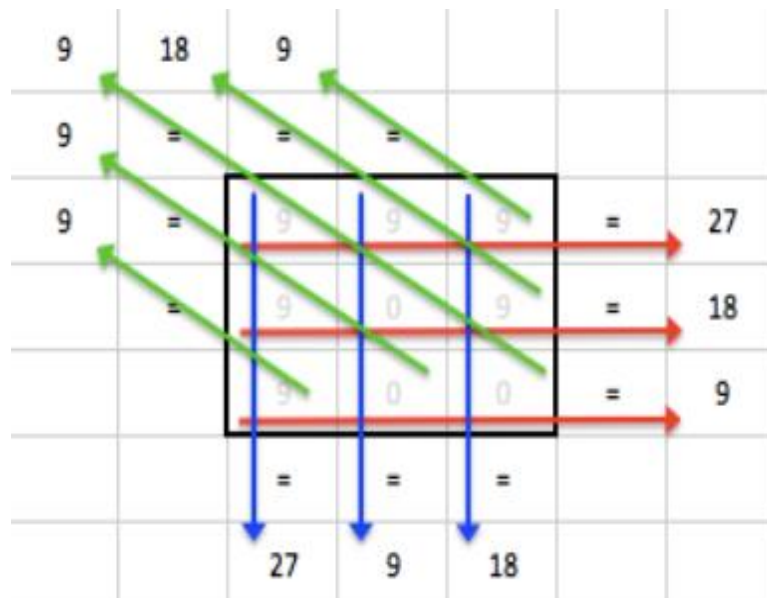
Iterativní rekonstrukce obrazu není tak často využívána jako filtrovaná zpětná projekce. Při využívání filtrované zpětné projekce je nutné brát v potaz to, že čím lepší prostorové rozlišení, tím je vyšší podíl šumu v obrazu. Při iterativní rekonstrukci je možné prostorové rozlišení a šum v obraze oddělit. Iterativní rekonstrukce umožňuje použitím korekční smyčky snížit množství šumu v obrazu nebo získat dostatečnou kvalitu obrazu i při nižší dávce záření. Iterativní rekonstrukce je metoda, která je založena na filtrované zpětné projekci, nebo na obrazu s konstantní hodnotou, u kterého jsou získány profily zeslabení pro různé projekce. Tyto obrazy jsou následně porovnávány s profily pro skutečný obraz. Porovnáním lze stanovit odchylku mezi projekčními daty originálního obrazu a zrekonstruovaného obrazu, která je použita pro korekci během další smyčky neboli iterace. Odchylka se během iterací mění a zrekonstruovaný obraz se čím dál více blíží profilům skutečného obrazu. Iterace vedou k zachování anebo zlepšení prostorového rozlišení objektů s vysokým kontrastem a ke snížení šumu u objektů s nízkým kontrastem. Výhodou tohoto

druhu rekonstrukce je, že lze udělat kvalitní obraz a zároveň minimalizovat dávku záření, kterou klientka obdrží. Nevýhodou iterativní rekonstrukce jsou složité matematické operace, pro které je potřeba výkonný počítačový systém. (21; 28).

Pro lepší představivost zde bude popsán princip tvorby obrazu na nulové matici o velikosti 3x3. Jsou známy také profily zeslabení ve třech projekcích, P1, P2 a P3, viz obrázek č. 22 a 23 (28).



Obrázek 22 - Nulová matice o velikosti 3x3 (28).



Obrázek 23 - Znázorňuje profily zeslabení ve třech projekcích (28).

Při sečtení hodnot nulové matice v prvním řádku vyjde 0. Musí ale vyjít číslo 27, tudíž číslo 27 se vydělí 3, aby bylo rovnoměrně rozloženo ve všech třech pixelech. Tím vyjde, že v každém pixelu v prvním řádku bude číslo 9. Stejně se bude postupovat i u druhého řádku, kde vychází číslo 6 a ve třetím řádku číslo 3. Matice po dosazení hodnot z P1 vypadá následovně, viz obrázek č. 24 (28).

9	9	9
6	6	6
3	3	3

Obrázek 24 - Výsledná matice po první úpravě (28).

Pro úpravu P2 se už nevychází z nulové matice, nýbrž z té, která vyšla úpravou P1. Z projekce P2 vyplývá, že součet pixelů v prvním sloupci je 27. Ovšem v matici odvozené z P1 je součet v prvním sloupci 18. Rozdíl je tedy $27 - 18 = 9$. Tudíž hodnota 9 se musí rovnoměrně rozdělit na 3 hodnoty a ty se přičtou ke stávajícím hodnotám v matici. Takže $9 : 3 = 3$, tudíž se do každého pixelu v prvním sloupci přičte číslo 3. Ve druhém sloupci dle profilu zeslabení vychází číslo 9. V odvozené matici z P1 vychází součet druhého sloupce na číslo 18. Rozdíl je tedy $9 - 18 = -9$. Hodnota -9 se opět rozdělí na tři shodné hodnoty a opět se přičtou zpět do druhého sloupce v matici. Tudíž do každého pixelu se přičte číslo -3. Ve třetím sloupci je hodnota profilu zeslabení 18. Hodnota

v odvozené matici P1 je také 18. Rozdíl je roven 0 a tudíž se hodnoty ve třetím sloupci nemění. Výsledná matice po úpravě P2 vypadá následovně, viz obrázek č. 25 (28).

12	6	9
9	3	6
6	0	3

Obrázek 25 - Výsledná matice po druhé úpravě (28).

Stejným způsobem jako se postupovalo u P1 a P2 se bude postupovat i u výpočtu P3. Viz obrázek č. 26 a 27 (28).

9	18	9		
9	=	=	=	
9	=	12	6	9
	=	9	3	6
		6	0	3

Obrázek 26 - Hodnoty zeslabení u P3 v matici po druhé úpravě (28).

$12-3$	$6+3$	$9+0$
$9+0$	$3-3$	$6+3$
$6+3$	$0+0$	$3-3$

Obrázek 27 - Matice při matematických úpravách P3 (28).

Po provedení matematických úkonů v obrázku č. 27 vyjde výsledná matice, viz obrázek č. 28.

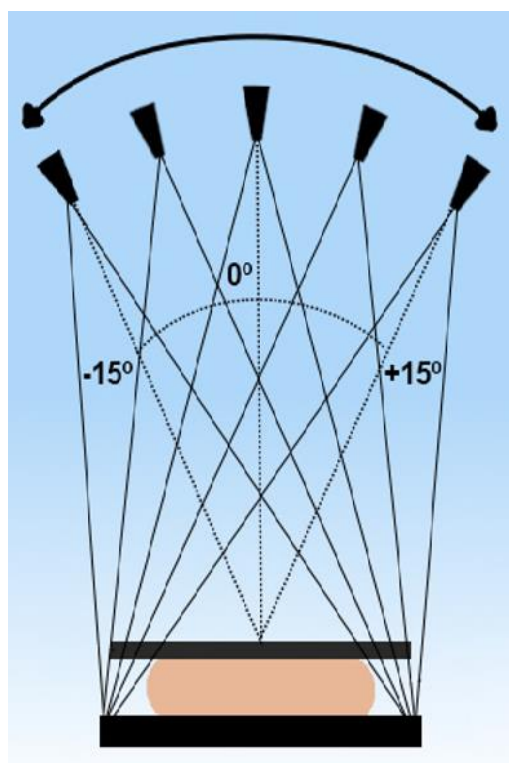
9	9	9
9	0	9
9	0	0

Obrázek 28 - Výsledná matice (28).

5.3 Digitální tomosyntéza prsu

Veškeré informace k této kapitole jsem čerpal během praxe od lékařů z Thomayerovy nemocnice, kteří toto vyšetření provádí jak v České republice, tak v zahraničí. Digitální tomosyntéza prsu je zobrazovací metoda, která využívá pro zobrazení prsní tkáně měkké ionizující záření. Řadí se mezi doplňující metody, které se využívají pouze k doplnění standardního mamografického vyšetření, jestliže je prsní tkáň nepřehledná a hrozí přehlédnutí maligní léze, nebo k dovyšetření prsní tkáně před případnou biopsií.

Digitální tomosyntéza se liší od standardního mamografického vyšetření systémem náběru dat. Při digitální tomosyntéze je pořizováno více snímků ve dvou základních projekcích, kraniokaudální a šikmé. Snímky jsou pořizovány v kyvech s rozsahem $\pm 50^\circ$. Existují dva způsoby náběru dat. Prvním způsobem se snímky vytváří kontinuálně, kdy rentgenka snímkuje a zároveň se pohybuje. Druhý způsob je step and shoot, kdy rentgenka najede do zvolené pozice, zastaví se, udělá snímek a poté najede do další zvolené pozice, viz obrázek č. 29.



Obrázek 29 - Schématický nákres pohybu rentgenky při náběru dat (29).

Digitální tomosyntézu lze provádět i v jiných, speciálních projekcích, ovšem nejčastěji se dělají právě tyto dvě, aby lékař, který snímky vyhodnocuje, je mohl případně porovnat s předchozím mamografickým vyšetřením (21).

Principem digitální tomosyntézy je v určené projekci snímkovat prs ve vrstvách, tudíž se v jedné projekci vytvoří několik snímků. Tyto vrstvy jsou nejčastěji po deseti milimetrech, ale lze nastavit i menší rozhraní, záleží na zvyklostech jednotlivého pracoviště. Každá vrstva představuje jeden snímek a díky postprocesingu jsou jednotlivé vrstvy složeny na sebe, čímž vytvoří obraz daného prsu. Lékař, který následně snímky vyhodnocuje a popisuje, si poté může prohlížet jednotlivé vrstvy prsní tkáně, takže je prsní tkáň mnohem přehlednější. Při kompresi prsu se občas stane, že nahromaděné mléčné žlázy vytvoří v prsní tkáni nepřehledný útvar, snadno zaměnitelný za maligní lézi. Následně se provede dovyšetření digitální tomosyntézou a díky tomu, že si lékař může prohlížet jednotlivé řezy, snadněji vyhodnotí, zda se jedná skutečně o nahromaděné mléčné žlázy, či nikoliv a rozhodne o biopsii tkáně. Digitální tomosyntéza nedokáže odhalit maligní změny v prsní tkáni, které jsou menší než pět milimetrů.

Na vyšetření prsu metodou digitální tomosyntézy nechodí klientky, které mají prsní implantáty. Pro tyto klientky nemá vyšetření takovou výtežnost, jelikož výsledný obraz má špatnou kvalitu, právě kvůli implantátům, které rozostřují snímek a vytváří artefakty. Dalším důvodem, proč se digitální tomosyntéza prsu neprovádí u klientek s prsními implantáty je, že se v prsu nachází malé množství původní prsní tkáně, a tudíž nelze udělat dostatečně kvalitní snímek na její vyhodnocení.

Vyšetření prsu pomocí digitální tomosyntézy se provádí bez použití kontrastních látek. Není věkově nikterak omezeno, ovšem její výtežnost je vyšší u klientek nad 25 let věku. Vyšetření není časově náročné, trvá přibližně pět minut, přičemž většinu času zabere nastavení správné polohy klientky a fixace

prsu kompresní lopatkou. Samotný náběr dat trvá přibližně deset sekund. Digitální tomosyntéza prsu je neinvazivní a nebolestivé vyšetření. Nepříjemná je komprese prsu, která by měla být deset až dvanáct kilogramů, nicméně v praxi se komprese vždy nastavuje individuálně dle klientky.

Digitální tomosyntéza není základní vyšetřovací metoda, ale metoda doplňující, jejímž úkolem je dovyšetřit danou tkáň po předchozím mamografickém či ultrasonografickém vyšetření. Tudíž nelze provádět digitální tomosyntézu u klientek, které předtím nepodstoupily vyšetření jinou zobrazovací modalitou. Digitální tomosyntéza se nesmí používat jako screeningová metoda, jelikož radiační zátěž vyšetření je vyšší, než je u screeningových vyšetřovacích modalit legislativou povoleno. Z tohoto důvodu se nesmí používat ani základní 2D obraz, vytvořený tomosyntézou pro screening. Radiační zátěž při standardní digitální mamografii je přibližně 1 mSv. Při digitální tomosyntéze prsu je radiační zátěž přibližně 1,3 – 1,6 mSv. Digitální tomosyntéza prsu není v České republice proplácena zdravotními pojišťovnami, jelikož pro toto vyšetření neexistuje výkazový kód.

5.3.1 Úloha radiologického asistenta při digitální tomosyntéze prsu

Veškeré informace do této kapitoly jsem čerpal od radiologických asistentů z Thomayerovy nemocnice. Radiologický asistent musí ovládat digitální mamografický přístroj a zařídit, aby vyšetření proběhlo bez zbytečných časových prodlev. Rovněž je důležité, aby radiologický asistent provádějící vyšetření byl dostatečně empatický a uvědomoval si, že pro některé klientky toto vyšetření není příjemné a že se mohou stydět. Zároveň je důležité si uvědomit, že tento typ vyšetření je po fyzické, ale i psychické stránce velice náročný i pro samotné radiologické asistenty.

Úloha radiologického asistenta před vyšetřením:

Radiologický asistent obdrží od klientky žádanku na vyšetření prsu digitální tomosyntézou. Nejprve ji pozve do kabinky a poučí jí, co vše si má odložit a co naopak při samotném vyšetření nevádí a může mít na sobě, jako například boty, kalhoty, hodinky nebo náramek. Po dobu přípravy klientky na vyšetření, si radiologický asistent do systému pracovní stanice zadá údaje ze žádanky. Vyplňuje například jméno, rodné číslo nebo druh vyšetření a projekci.

Úloha radiologického asistenta při vyšetření:

Radiologický asistent následně vyzve klientku, aby přišla do vyšetřovací místnosti, kde se ještě před začátkem samotného vyšetření pro ověření zeptá klientky na celé jméno a zkontroluje si, zda se shoduje se jménem, které je v systému, aby nedošlo k záměně. Poté radiologický asistent vysvětlí klientce, jak bude vyšetření probíhat. Nastaví výšku C ramene tak, aby se klientka cítila pohodlně. Standardně probíhá vyšetření ve stoje. Pokud zdravotní stav klientky nedovoluje provést vyšetření standardní cestou, provádí se vsedě. Radiologický asistent nastaví klientku do potřebné pozice a přiloží prs na detektor, ke kterému je fixován kompresní lopatkou. Nastavení síly komprese prsu je individuální a záleží na klientce, jak velkou kompresi dokáže zvládnout. Vzápětí jde radiologický asistent k ovládací stanici a spustí samotné snímkování, které trvá přibližně deset sekund. Výsledný snímek se zobrazí na obrazovce, a pokud je zobrazen správně, radiologický asistent označí, jestli se jedná o pravý nebo levý prs a potvrdí jeho odeslání do systému. Tím celé vyšetření končí a klientka může odejít zpět do převlékací kabinky a následně odchází, nebo čeká na popsany výsledek vyšetření.

Poté probíhá zpracování vyšetření lékařem.

5.4 Stereotaktická vakuová biopsie pod tomosyntézou

Stereotaktická vakuová biopsie je způsob odběru vzorku tkáně z prsu. Odebraný vzorek se následně odesílá na histologické vyšetření. Nejčastější indikací ke stereotaktické vakuové biopsii jsou mikrokalcifikace. Odběr tkáně touto metodou se indikuje také v případě výskytu patologických ložisek, u kterých není zjevné, zda jsou tvořeny maligními či benigními buňkami (30; 31).

Vzhledem k nemoci Covid 19 byly nemocnice pro studenty kvůli bezpečnostním opatřením uzavřeny a zároveň se omezil provoz, z toho důvodu jsem kapitolu stereotaktická vakuová biopsie zpracoval za pomoci literatury.

Stereotaktická vakuová biopsie pod tomosyntézou se provádí na standardním mamografickém přístroji, který je doplněný o trojrozměrný zobrazovací systém a zároveň se na C rameno připevní systém pro uchycení speciální bioptické jehly, lopatka s vyřízlým otvorem a ovládací panel pro bioptický systém, viz obrázek č. 22 (30).



Obrázek 30 – Systém na biopsii prsní tkáně, který je připevněn na C rameno mamografického přístroje (32).

5.4.1 Úloha radiologického asistenta při stereotaktické vakuové biopsii

Radiologický asistent připevní na C rameno mamografického přístroje systém pro stereotaktickou vakuovou biopsii. Pomocí speciálního programu v ovládacím systému radiologický asistent před každou biopsií zkontroluje přesnost přístroje. V případě odchylky je nutné přístroj zkalibrovat, aby nedošlo k chybnému výpočtu při lokalizaci místa biopsie (30; 31).

Lékař klientce vysvětlí postup vyšetření a seznámí klientku s možnými komplikacemi. Dále zjistí lékovou anamnézu, jelikož by klientka před tímto vyšetřením měla vysadit léky snižující krevní srážlivost. Klientka musí podepsat informovaný souhlas s vyšetřením (30; 31).

Následně je klientka vyzvána, aby si v převlékací kabině svlékla oblečení z horní poloviny těla. Radiologický asistent mezitím zadá do pracovní stanice jméno klientky, rodné číslo a typ vyšetření. Poté klientku posadí čelem k mamografickému přístroji, vloží prs na detektor a stlačením lopatky vytvoří kompresi. Následně se pořídí dva snímky, nejčastěji v úhlech $\pm 15^\circ$ (30; 31).

Lékař snímky zkontroluje, zda je na nich zachycena léze či mikrokalcifikace a označí na nich bod, kde chce provést odběr tkáně. Do počítačového systému zapíše délku zvolené punkční jehly. Počítačový systém poté automaticky nastaví bioptickou jehlu do pozice, kdy je připravena k odběru. Radiologický asistent dezinfikuje předpokládané místo vpichu. Následně lékař aplikuje do okolí lokální anestezii. Poté bioptický systém sám provede vpich bioptické jehly do předem označeného bodu. Mohou následovat kontrolní snímky zavedené bioptické jehly, pro ověření, že je bioptická jehla na správném místě, záleží na indikaci lékaře (30; 31).

Následuje samotný odběr vzorku. Do bioptického okna na duté bioptické jehle se díky podtlaku vtáhne tkáň, která je rotujícím nožem v bioptické jehle

odstraněna a tím vznikne cylindrický vzorek tkáně. Vzorek tkáně je za pomoci podtlaku dopraven do sběrné nádržky, odkud je poté sterilně odebrán a odeslán na histologické vyšetření. Jelikož se bioptická jehla může ve vpichu otáčet, je možné získat větší množství cylindrických vzorků tkáně z více stran (30; 31).

Po vytažení bioptické jehly lékař většinou zavádí klip do místa odběru. Klip slouží k přesné zpětné lokalizaci místa, kde byla tkáň odebrána. Dále slouží také k navádění chirurgů, při odstraňování části prsní tkáně (30; 31).

Následně radiologický asistent ošetří místo po vpichu dezinfekcí a přelepí místo vpichu náplastí. Radiologický asistent provede poslední kontrolní snímek, na kterém je zachycen i klip a poté klientka může odejít. Ve zbytku dne se doporučuje šetřící režim, nesportovat a nevyvíjet přílišnou fyzickou námahu (30; 31).

5.5 Výhody a nevýhody digitální tomosyntézy prsu

Digitální tomosyntéza je poměrně nová doplňující diagnostická zobrazovací metoda. V České republice má tuto zobrazovací modalitu k dispozici pouze omezený počet akreditovaných screeningových mamografických pracovišť. Tato skutečnost je dána především pořizovací cenou samotného mamografického přístroje doplněného o trojrozměrnou zobrazovací techniku, ale i tím, že doposud není vykazovací kód. Zároveň není jednotný názor, zda je tato zobrazovací metoda přínosná či nikoliv. Ve světě proběhla a stále probíhá celá řada studií a výzkumů. Již v současné době jsou známy některé výhody a nevýhody této nové zobrazovací modality v mamární diagnostice.

Výhody digitální tomosyntézy prsu:

- Vyšší diagnostická výtěžnost než u standardních digitálních mamografických snímků.
- Lékař díky digitální tomosyntéze dokáže na snímcích rozpoznat útvar tvořený mléčnými žlázami od patologického útvaru a tím předejít zbytečné biopsii tkáně, která by jinak byla indikována.
- Nemusí se indikovat další dovyšetřování tkáně pomocí ultrasonografie či doplňujících mamografických snímků.
- Možno provést intervenční výkon. Největší výhodou stereotaktické vakuové biopsie je, že lze odebrat více vzorků tkáně na jeden vpich, čímž se výrazně snižuje riziko zanesení infekce. Mezi výhody se také řadí odsávání tekutin, převážně krve, při odběru, díky podtlaku, který je v bioptickém systému. Odběrový kanál je také možné proplachovat, což brání případnému ucpání odběrového kanálu (30).

Nevýhody digitální tomosyntézy prsu:

- Klientka obdrží vyšší dávku záření než při standardní digitální mamografii. To je hlavní důvod, proč není v současné době digitální tomosyntéza prsu screeningovou metodou. Jelikož screening by měl být rychlý, levný a s co nejnižší radiací zátěží.
- Delší doba vyhodnocování snímků. Lékaři zabere delší dobu, než si důkladně prohlédne všechny snímky, aby je mohl vyhodnotit.
- Vysoká pořizovací cena v porovnání se standardní digitální mamografií.
- Neexistuje kód pro zdravotní pojišťovny, tudíž toto vyšetření nemůže být vykazováno a hrazeno zdravotními pojišťovnami.
- Intervenční výkon – stereotaktická vakuová biopsie je limitována umístěním bioptované léze. Pokud je léze umístěna těsně pod kůží,

není možné tento systém odběru tkáně použít, jelikož bioptická jehla nezajede do potřebné hloubky, a tudíž se v odběrovém systému nedrží podtlak. Toto je hlavní nevýhoda stereotaktické vakuové biopsie (30).

6 DISKUZE

Digitální tomosyntéza je poměrně nová diagnostická zobrazovací metoda, která je využívána k diagnostice nádorových onemocnění prsu. Digitální tomosyntéza je používána jako doplňující diagnostické vyšetření, které se využívá v případech, je-li na standardním jak screeningovém, ale i na diagnostickém mamografickém snímku nejasný nález. Právě tato moderní zobrazovací metoda pomáhá lékaři rozhodnout, zda je zapotřebí provést biopsii prsní tkáně, jejíž vzorek se následně odešle na histologické vyšetření, nebo se jedná pouze o shluk mléčných žláz, který vznikl kompresí prsu.

Jak je již zmíněno, digitální tomosyntéza je poměrně nová doplňující diagnostická zobrazovací metoda. V České republice má tuto zobrazovací modalitu k dispozici pouze omezený počet akreditovaných screeningových mamografických pracovišť. Tato skutečnost je dána především pořizovací cenou samotného mamografické přístroje doplněného o trojrozměrnou zobrazovací techniku, ale i tím, že doposud není vykazovací kód. Zároveň není jednotný názor, zda je tato zobrazovací metody přínosná či nikoliv.

Jelikož se jedná o poměrně novou zobrazovací metodu, provádí se na tomosyntéze prsu řada různě zaměřených studií. Jedna taková studie se prováděla v Norsku a porovnávala účinnost tomosyntézy a standardního screeningového digitálního mamografického vyšetření. Studie probíhala v letech 2016 – 2017 a zúčastnilo se jí 28 749 žen ve věku 50 – 69 let. Z toho byly náhodným systémem rozděleny ženy na dvě poloviny. První polovinu tvořily ženy, které byly náhodně zařazeny do skupiny vyšetřované pomocí tomosyntézy. V této skupině bylo 14 380, zbylé účastnice studie 14 369 žen, se účastnily standardního vyšetření pomocí digitální mamografie. Hlavním cílem studie bylo zjistit, která ze dvou výše zmíněných metod odhalí více karcinomů v prsní tkáni v rámci

populačního screeningového programu. Výsledky programu ukázaly, že počet detekovaných případů karcinomu prsní tkáně digitální tomosyntézou a standardní digitální mamografií se od sebe významně neliší. V závěru studie autoři konstatovali, že tyto dvě metody se v rámci screeningového populačního vyšetření mezi sebou významně neliší a dosahují stejných výsledků detekce karcinomu v prsní tkáni (33).

V České republice se zatím neuvažuje o zařazení digitální tomosyntézy mezi screeningové metody a ani tam zatím být zařazena nemůže, jelikož dávka, kterou klientka při tomto vyšetření obdrží je vyšší než dávka, která je určena zákonem jako maximální možná dávka pro screeningové vyšetření, což je 0,20 mSv. Tudíž nejprve by muselo dojít k posunutí horní hranice maximální obdržené dávky a až následně poté by se dala digitální tomosyntéza zařadit mezi akreditované screeningové mamografické metody (34). Digitální tomosyntéza by mohla být ovšem použita u žen, které mají nepřehlednou prsní žlázu a jako doplňující vyšetření jak ke screeningovému, tak k diagnostickému vyšetření.

Dalším důvodem omezení výskytu digitálních mamografických přístrojů doplněných o trojrozměrnou zobrazovací schopnost je pořizovací cena, která je vyšší než u standardních digitálních mamografických přístrojů. Tento omezený počet digitálních mamografických přístrojů s tomosyntézou je rovněž dán i tím, že většina akreditovaných screeningových mamografických pracovišť je soukromá a v současné době neexistuje výkazový kód pro zdravotní pojišťovny. Kdyby existoval výkazový kód pro zdravotní pojišťovny, zdravotnické zařízení by si mohla nechat proplatit toto vyšetření a alespoň z části by se vracela zdravotnickému zařízení počáteční nemalá investice do tohoto moderního diagnostického přístroje.

I přes technický pokrok ve vývoji diagnostických přístrojů se odborníci stále nemohou shodnout, zda provádět screeningové mamografické vyšetření u žen pouze do 74 let anebo starší ženy ze screeningového programu nevyřazovat. Na tuto otázku se snažili nalézt odpověď vědci z Massachusetts General Hospital v USA. Vytvořili proto studii, ve které porovnávali účinnost standardní screeningové digitální mamografie s účinností digitální tomosyntézy. Více než 15 000 žen se účastnilo standardního screeningového vyšetření za využití digitální mamografie, přičemž věkový průměr žen byl 72,7 roku. Naproti tomu se více než 20 000 žen účastnilo vyšetření pomocí digitální tomosyntézy prsu. Věkový průměr těchto respondentek byl 72,1 roku. Při detekci karcinomu prsu byly oba přístroje velmi efektivní. Ve výsledcích vědci uvádí, že digitální tomosyntéza byla v porovnání se standardní digitální mamografií úspěšnější, jelikož měla nižší počet falešně pozitivních nálezů. Dále měla digitální tomosyntéza větší specifitu, tudíž lékař, který snímky vyhodnocoval, dokázal lépe rozlišit, zda se jedná o maligní či benigní nález (35).

V závěru vědci uvedli, že screeningové mamografické vyšetření je účinná metoda i u žen ve vyšším věku a že má vysokou detekční účinnost a nízký počet falešně pozitivních případů. Dále uvádí, že digitální tomosyntéza má ve screeningovém programu lepší výsledky než standardní digitální mamografie, což dokazují například tím, že podíl žen, které byly po provedení screeningové digitální tomosyntézy pozvány na doplňující vyšetření je nižší než u žen, které byly vyšetřeny standardní screeningovou digitální mamografií. Zároveň uvádí, že pozitivní nález na lymfatických uzlinách byl objeven u menšího počtu žen, jejichž zhoubný nádor prsu byl detekován pomocí digitální tomosyntézy ve srovnání se ženami, jejichž zhoubný nádor prsu byl detekován pomocí standardní digitální mamografie. Výsledek této studie byl publikován i v odborném časopise *Radiology* (35).

Výsledky z americké studie naznačují, že právě digitální tomosyntéza dokáže zachytit a odhalit nádorové bujení v časnější fázi, než je tomu u standardní digitální mamografie. A to přesně je cíl screeningového programu, zachytit nádorové bujení v brzkém stádiu, kdy je léčba snazší, účinnější a prognóza na celkové uzdravení optimističtější (35). Zároveň výsledky z norského programu ukázaly, že počet detekovaných případů karcinomu prsní tkáně digitální tomosyntézou a standardní digitální mamografií se od sebe významně neliší a dosahují stejných výsledků detekce karcinomu v prsní tkáni (33).

Jen čas a další studie prokáží, zda bude digitální tomosyntéza v budoucnu používána pro screeningové mamografické vyšetření či bude používána pouze jako doplňující zobrazovací metoda.

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo popsat tomosyntézu prsu, která se řadí k poměrně novým zobrazovacím modalitám využívané v mamární diagnostice. Touto zobrazovací metodou se zabývá ve světě mnoho institucí. Proběhly, ale stále i probíhají studie a výzkumy. V této chvíli jsou známy některé výhody, ale i nevýhody této zobrazovací metody.

Ovšem je nutné si uvědomit, že všechny zobrazovací metody používané v mamární diagnostice mají v současné chvíli své nezastupitelné místo a navzájem se doplňují. Jen čas a další studie prokáží, zda bude digitální tomosyntéza v budoucnu používána pro screeningové mamografické vyšetření či bude používána pouze jako doplňující zobrazovací metoda.

Závěrem bych chtěl dodat, že k včasnému zachytu nádorového onemocnění je nutné šířit jednak osvětu o významu samovyšetření prsu ale i o samotných preventivních programech.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

UZ – Ultrasonografie

MR – Magnetická resonance

CT – Výpočetní tomografie

PET/CT – Systém pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie

FGD – Fluorodeoxyglukóza

LF UK – lékařská fakulta Univerzity Karlovy

VFN – Všeobecná fakultní nemocnice

EU – Evropská unie

mSv – jednotka milisievert

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Datový audit mamografického screeningu v praxi: Datový audit mamografického screeningu 2019. Mamo.cz [online]. Brno, 2019, 15. 11. 2019 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.mamo.cz/cs/lekari/datovy-audit/>
2. Onkologická prevence: Adresné zvaní do programů screeningu [online]. Praha [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/onkologicka-prevence/screening/adresne-zvani-do-programu-screeningu/>
3. DANEŠ, Jan a KOLEKTIV. Základy mamografie: Vybrané kapitoly pro lékaře a laborantky. 1. Praha: X-Egem, 2002. ISBN 8071990620.
4. SKOVAJSOVÁ, Miroslava. Mamodiagnostika: Integrovaný přístup. 1. Praha: Galen, 2003. ISBN 807262220X.
5. BI-RADS® složení (denzita) prsu: Screeningové mamocentrum [online]. Ústí nad Labem, 2016 [cit. 2019-12-10].
6. Mamografie pacientek s prsními implantáty [online]. 2011 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/mamografie-pacientek-s-prsnimi-implantaty-458791>
7. Prsní implantáty [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.buprague.cz/pro-pacienty/dulezite-informace/prsni-implantaty/>
8. Praktický návod na používání hodnotících kategorií dle BI-RADS [online]. 2008 [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: <http://www.mamo.cz/res/file/dokumenty/prakticky-navod-pouzivani-BI-RADS.pdf>
9. Bi-RADS pro mamografii a ultrazvuk 2013 [online]. Nizozemsko, 2014 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://radiologyassistant.nl/breast/bi-rads-for-mammography-and-ultrasound-2013#final-assessment-categories-bi-rads-0>

10. Radiopaedia [online]. [cit. 2020-01-08]. Dostupné z:
<https://radiopaedia.org/cases/benign-breast-calcifications>
11. ŠLAMPA, Pavel, Jiří PETERA a KOLEKTIV. Radiační onkologie. 1. Praha: Galen, 2007. ISBN 9788072624690.
12. STRNAD, Pavel. Nemoci prsu v každodenní praxi. 1. Praha: Maxdorf, 2014. ISBN 9788073453909.
13. Interní medicína pro praxi: Karcinom prsu - problém i v 21. století [online]. 2010, 12(1) [cit. 2020-01-11]. Dostupné z:
<https://www.solen.cz/pdfs/int/2010/01/05.pdf>
14. PETRÁKOVÁ, Katarína. Lobulární karcinom prsu. Linkos [online]. 2016 [cit. 2020-01-11]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/lobularni-karcinom-prsu/>
15. Linkos: TNM klasifikace [online]. [cit. 2020-01-11]. Dostupné z:
<https://www.linkos.cz/slovnicek/tnm-system-tnm-klasifikace/>
16. Linkos: TNM klasifikace zhoubných nádorů [online]. 2017 [cit. 2020-01-11]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/diagnostika-a-lecba/klasifikace-a-ciselniky/tnm/tnm-klasifikace-zhoubnych-novotvaru-8-verze-tnm8/>
17. VOMÁČKA, Jaroslav a KOLEKTIV. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. 2. Olomouc: Univerzita Palackého, 2015. ISBN 9788024445083.
18. ROSINA, Josef a KOLEKTIV. Biofyzika: Pro nelékařské zdravotnické obory. 1. Praha: Grada, 2013. ISBN 9788024742373.
19. MAGNETICKÁ REZONANCE PRSU V DETEKCI KARCINOMU PRSU [online]. Praha, 2013 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z:
<https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/magneticka-rezonance-prsu-v-detekci-karcinomu-prsu/>

20. SEIDL, Zdeněk a KOLEKTIV. Radiologie pro studium i praxi. 1. Praha: Grada, 2012. ISBN 9788024741086.
21. SÚKUPOVÁ, Lucie. Radiační ochrana při rentgenových výkonech: to nejdůležitější pro praxi. 1. Praha: Grada, 2018. ISBN 9788027107094.
22. Mamo.cz [online]. Brno: Institut biostatistiky a analýz Masarykovy univerzity [cit.2019-12-06]. Dostupné z:
<http://www.mamo.cz/index.php?pg=aktuality&aid=517>
23. Používání rentgenů - lékařské ozáření [online]. Praha [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni/>
24. Odborníci: To, že by mamograf zavínil rakovinu štítné žlázy, je nesmysl [online]. 2012 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z:
<https://www.ordinace.cz/clanek/odbornici-to-ze-by-mamograf-zavinil-rakovinu-stitne-zlazy-je-nesmysl/>
25. Existuje souvislost mezi mamografickým screeningem a rakovinou štítné žlázy? [online]. 2013 [cit. 2019-12-07]. Dostupné z:
<http://www.sukupova.cz/existuje-souvislost-mezi-mamografickym-screeningem-a-rakovinou-stitne-zlazy/#comments>
26. Hologic – Pracovní manuál a příručka v Thomayerově nemocnici
27. Hologic [online]. [cit. 2020-04-02]. Dostupné z:
[file:///C:/Users/Asus/Downloads/Hologic%20Dimensions%203D%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/Hologic%20Dimensions%203D%20(1).pdf)
28. Principy rekonstrukce CT obrazu [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/principy-rekonstrukce-ct-obrazu/>
29. DIAGNOSTIC MAMMOGRAPHY WITH PLANMED CLARITY SYSTEM [online]. [cit. 2020-05-18].
30. Stereotaktická vakuová biopsie prsu z pohledu radiologického asistenta: Linkos [online]. Praha, 2014 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z:
<https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po->

[kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/stereotakticka-vakuova-biopsie-prsu-z-pohledu-radiologickeho-asistenta/](#)

31. Metody vyšetřování prsu: Biopsie [online]. [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://www.mammahelp.cz/rakovina-prsu/vse-o-rakovine-prsu/metody-vysetrovani-prsu/>
32. Gutta: Zobrazovací technika [online]. 2017 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://guttaeu.eu/cz/shop/zobrazovaci-technika/intervencni-reseni/affirm-4/>
33. The lancet oncology: Two-view digital breast tomosynthesis versus digital mammo [online]. Norsko, 2019 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: [https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(19\)30161-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(19)30161-5/fulltext)
34. Ministerstvo Zdravotnictví České republiky: Věstník 11/2002 Metodická opatření [online]. 2002 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik_3594_1777_11.html
35. Národní Screeningové centrum: Ve screeningu starších žen je osvědčenou metodou nejen klasická mamografie, ale i 3D mamografie [online]. 2019 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://nsc.uzis.cz/index.php?pg=aktuality&aid=58>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Mamografický a schématický obraz prsu typu I (3).....	14
Obrázek 2 – Mamografický a schématický obraz prsu typu II (3).....	15
Obrázek 3 – Mamografický a schématický obraz prsu typu III (3).....	15
Obrázek 4 – Mamografický a schématický obraz prsu typu IV (3).	16
Obrázek 5 – Mamografický a schématický obraz prsu typu V (3).....	17
Obrázek 6 – Mamografický obraz prsu BI – RADS A (5).	19
Obrázek 7 – Mamografický obraz prsu BI – RADS B (5).	20
Obrázek 8 – Mamografický obraz prsu BI – RADS C (5).	20
Obrázek 9 – Mamografický obraz prsu BI – RADS D (5).	21
Obrázek 10 – Mamografický obraz prsu s prsním implantátem (7).....	22
Obrázek 11 – Zařazen do kategorie BI – RDS 0 k dalšímu vyšetření (9).....	23
Obrázek 12 – Negativní nález, proto zařazeno do kategorie BI – RADS 1 (9). 23	
Obrázek 13 – Benigní kalcifikace (10).....	24
Obrázek 14 – Sledování po 3, 6, 12 a 24 měsících neprokázalo žádnou změnu. (benigní cévní malformace) (9).	25
Obrázek 15 – Podezřelý nález. Byla indikována biopsie (9).....	26
Obrázek 16 – Pro nepravidelný tvar a vysokou denzitu byla provedena biopsie (9).	26
Obrázek 17 – Po chemoterapeutické léčbě již není nádor na mamografickém obrazu vidět. Ultrasonografické vyšetření potvrdilo zmenšení maligní léze z 3,7 cm na 1,8 cm (9).	27
Obrázek 18 – Mamograf rozdělený na 3 základní části (26).....	44
Obrázek 19 – Mamografický přístroj (27).	45
Obrázek 20 – Pracovní stanice (27).	46
Obrázek 21 – Porovnání sinogramu a zpětné projekce (obrázky nahoře) s filtrovaným sinogramem a filtrovanou zpětnou projekcí (obrázky ve spodní části) (21 str. 120).	49

Obrázek 22 - Nulová matice o velikosti 3x3 (28).	50
Obrázek 23 - Znáznorňuje profily zeslabení ve třech projekcích (28).....	50
Obrázek 24 - Výsledná matice po první úpravě (28).	51
Obrázek 25 - Výsledná matice po druhé úpravě (28).	52
Obrázek 26 - Hodnoty zeslabení u P3 v matici po druhé úpravě (28).	52
Obrázek 27 - Matice při matematických úpravách P3 (28).	53
Obrázek 28 - Výsledná matice (28).	53
Obrázek 29 - Schématický nákres pohybu rentgenky při náběru dat (29).	54
Obrázek 30 – Systém na biopsii prsní tkáně, který je připevněn na C rameno mamografického přístroje (32).	58

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – Pro lepší přehlednost je zde tabulka, která udává přehledně počet vyšetření a vyjadřuje výskyt jednotlivých typů prsních žláz dle Tabára od roku 2003 do roku 2015 (5).	18
Tabulka 2 - Označení radiačního rizika (23).....	40
Tabulka 3 - Typické hodnoty efektivních dávek (23).....	41
Tabulka 4 – Typické hodnoty efektivních dávek z přírodních zdrojů (23).....	41