



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Úloha radiologického asistenta
při CT vyšetření fertlní nebo těhotné ženy**

**The Role of the Radiological Assistant
during a CT Examination of a Fertile
or Pregnant Woman**

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Klára Baštová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jana Hudzietzová, Ph.D.

Kladno 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bašťová** Jméno: **Klára** Osobní číslo: **499648**
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:

Úloha radiologického asistenta při CT vyšetření ferttilní nebo těhotné ženy

Název bakalářské práce anglicky:

The Role of the Radiological Assistant during a CT Examination of a Fertile or Pregnant Woman

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude problematika vyšetřování ferttilních a těhotných žen pomocí výpočetní tomografie. V teoretické části bude popsán průběh a stádia těhotenství, vybrané zobrazovací metody na pracovišti radiodiagnostiky a budou zde uvedeny účinky záření na plod spolu s legislativními opatřeními v ČR pro provádění radiologických vyšetření. Práce se rovněž bude věnovat úloze radiologického asistenta během komunikace s těhotnou či ferttilní pacientkou před CT vyšetřením. V praktické části studentka zpracuje na vybraném pracovišti radiodiagnostiky přehled nejčastěji prováděných CT vyšetření za roky 2017-2022. U žen ve věku 15-45 let popíše nejčastější diagnózy indikované pro CT vyšetření břicha a malé pánve za rok 2022. Formou případových studií budou u bakalářské práci prezentovány dvě vybrané kazuistiky CT vyšetření těhotných pacientek.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MALÍKOVÁ, Hana, Základy radiologie a zobrazovacích metod, Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019, ISBN 978-80-246-4036-5
- [2] SÚKUPOVÁ, Lucie, Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi, ed. , Praha: Grada Publishing, 2018, ISBN 978-80-271-0709-4
- [3] PODZIMEK, František, Radiologická fyzika - Aplikace ionizujícího záření, V Praze: České vysoké učení technické, 2021, ISBN 978-80-01-06829-8

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jana Hudzietzová, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Mgr. Oto Slowik

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Úloha radiologického asistenta při CT vyšetření fertilní nebo těhotné ženy“ vypracovala 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 Kladně dne 17.05.2023

.....
Klára Baštová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Janě Hudzietzové, Ph.D., za její ochotu vést mou práci, za trpělivost, podporu, rady a konstruktivní připomínky. Dále bych chtěla poděkovat konzultantovi, panu Mgr. Otu Slowikovi, za jeho ochotu a praktické rady. Také bych chtěla poděkovat Radiodiagnostické klinice, za umožnění sběru dat k bakalářské práci a všem pracovníkům, kteří mi vždy poskytli pomoc při získávání informací.

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je problematika CT vyšetření fertlních či těhotných žen a úloha radiologického asistenta během těchto vyšetření.

Teoretická část se skládá z popisu principu a průběhu vyšetření na vybraných zobrazovacích modalitách na pracovišti radiodiagnostiky. Dále popisují vznik a druhy ionizujícího záření, možnosti vyšetření fertlních a těhotných žen a účinky záření na plod. Poslední úsek teoretické části se věnuje legislativním úpravám týkajících se lékařského ozáření fertlních a těhotných žen a úlohou radiologického asistenta během komunikace s fertlní či těhotnou ženou před vyšetřením CT.

Praktická část se skládá ze sběru dat o pacientech ve věku 15-45 let vyšetřených pomocí CT přístroje v letech 2017-2022. Dále jsou zpracovány dvě kazuistiky těhotných žen podstupujících CT vyšetření.

Klíčová slova

CT vyšetření; radiologický asistent; fertlita; těhotenství; zobrazovací metody; lékařské ozáření

ABSTRACT

The subject of the bachelor's thesis is the issue of CT examination of fertile or pregnant women, and the role of the radiological assistant during these examinations.

The theoretical part consists of a description of the principle, and the course of examination on the selected imaging modalities at the radiodiagnostic clinic. I also describe the origin and types of ionizing radiation, the possibilities of examining fertile and pregnant women and the effects of radiation on the fetus. The last section of the theoretical part is devoted to legislative amendments regarding the medical irradiation of fertile and pregnant women, and the role of the radiological assistant during communication with a fertile or pregnant woman before a CT exam.

The practical part consists of the collection of data about patients aged 15-45 years examined using a CT device between the years 2017-2022. Furthermore, case studies of two pregnant women undergoing CT examination are processed.

Keywords

CT examination; radiological assistant; fertility; pregnancy; imaging methods; medical radiation

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce	10
3	Přehled současného stavu	11
3.1	Fertilita.....	11
3.2	Těhotenství.....	13
3.3	Vybrané zobrazovací metody na pracovišti radiodiagnostiky	14
3.3.1	Konvenční rentgen.....	14
3.3.2	Výpočetní tomografie	17
3.3.3	Ultrazvuk.....	20
3.3.4	Magnetická rezonance.....	24
3.4	Lékařské ozáření fertálních nebo těhotných žen	28
3.4.1	Ionizující záření.....	28
3.4.2	Lékařské ozáření.....	31
3.4.3	Účinky záření na plod	32
3.4.4	Vyšetření fertálních a těhotných žen	33
3.5	Legislativa.....	35
3.6	Úloha radiologického asistenta během komunikace s fertální či těhotnou ženou před CT vyšetřením	36
4	Metodika	37
4.1	Sběr dat na vybraném radiodiagnostickém pracovišti.....	37
4.2	Sběr dat ke kazuistikám	38
5	Výsledky	40
5.1	Vybrané radiodiagnostické pracoviště	40

5.2	Kazuistiky.....	45
5.2.1	Kazuistika č.1	45
5.2.2	Kazuistika č.2	46
6	Diskuze	47
6.1	Sběr dat na vybraném radiodiagnostickém pracovišti	47
6.2	Kazuistiky.....	55
7	Závěr	56
8	Seznam použitých zkratk	57
9	Seznam použité literatury	58
10	Seznam použitých obrázků.....	66
11	Seznam použitých tabulek	67
12	Seznam Příloh.....	68

1 ÚVOD

V dnešní době se běžně vyšetřují fertilní i těhotné ženy na oddělení radiodiagnostiky. To může zahrnovat zobrazovací metody bez využití ionizujícího záření (magnetická rezonance, ultrazvuk) anebo s využitím ionizujícího záření (konvenční rentgen, výpočetní tomografie). Radiologický asistent je nelékařský zdravotnický pracovník se specializací na činnost související s využitím ionizujícího záření a jiných zobrazovacích metod pro diagnostické účely. Úlohou radiologického asistenta je provádění diagnostických vyšetření [1].

Radiologická pracoviště mají při vyšetření pacientů povinnost postupovat podle národních radiologických standardů, ale řídí se i místními radiologickými standardy, které si pracoviště vytvoří na základě standardů národních. Standardy obsahují personální zajištění a požadavky na kvalifikaci, postupy při lékařském ozáření a pravidla radiační ochrany při daných výkonech [2].

CT vyšetření slouží k zobrazování vnitřních struktur těla pomocí rentgenového záření. Výsledný obraz se skládá z tenkých řezů těla. Pomocí CT lze diagnostikovat akutní i chronická onemocnění. Díky podávání kontrastní látky lze rozlišit i měkké tkáně podobných či stejných denzit [3].

Vyšetřování těhotných žen se věnuje větší pozornost, neboť je vyvíjející se organismus citlivější k ionizujícímu záření. Pokud jde o vyšetření těhotné pacientky, metoda využívající ionizující záření se volí pouze pokud je pacientka ve stavu ohrožení života nebo v jiném akutním stavu [4].

Ve své práci se zaměřuji na průběh CT vyšetření fertilních a těhotných žen a úlohu radiologického asistenta během nich.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je popsat úlohu radiologického asistenta během vyšetření fertálních a těhotných žen pomocí výpočetní tomografie, popsat průběh a stadia těhotenství a vybrané zobrazovací metody na pracovišti radiodiagnostiky. Dále práce popisuje účinky záření na plod a legislativní opatření v České republice týkající se radiologických vyšetření.

Záměrem praktické části je získání informací na vybraném radiodiagnostickém pracovišti týkající se počtu provedených CT vyšetření za roky 2017-2022, a formou případových studií zpracování dvou kazuistik CT vyšetření těhotných pacientek.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

Tato kapitola popisuje fertilitu v České republice a průběh plodnosti a těhotenství u žen. Kapitola rovněž zahrnuje principy vybraných zobrazovacích metod, se kterými se může těhotná či fertilní žena setkat na pracovišti radiodiagnostiky. Poslední část se věnuje lékařskému ozáření, legislativě a úloze radiologického asistenta při CT vyšetření fertilních či těhotných žen.

3.1 Fertilita

Fertilita (plodnost) může být anatomický nebo demografický ukazatel. Demograficky je plodnost ukazatelem průměrného počtu potomků na jednu ženu, který dosahoval v České republice v roce 2022 hodnoty 1,83, což se považuje za nedostatečné, vzhledem k zachování populace, jelikož hraniční hodnota se udává jako 2,1 potomků na ženu [5], [6].

S fertilitou úzce souvisí porodnost, jež udává počet narozených dětí za určité období na daném území. Faktory, které toto ovlivňují jsou např. sociální situace rodiny nebo některé ekonomické krize [6].

V dnešní době fertilita roste, a v minulém roce dosáhla nejvyšší hodnoty za posledních 20 let (podle tabulky 1), ale stále je však pod hodnotou potřebnou k uchování populace. V tabulce lze vidět hodnoty plodnosti v Československu a následně Česku, kdy lze pozorovat i pokles plodnosti vlivem sametové revoluce [5].

Tabulka 1 - Plodnost v Československu a Česku mezi lety 1980-2022 [7]

Rok	1980	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2022
Plodnost	2,10	1,89	1,28	1,14	1,15	1,49	1,57	1,83

Fertilní věk žen začíná první menstruací. Menstruační cyklus nastává u dívek v pubertě průměrně kolem 13. roku života jako první pravidelné krvácení, tzv. menarché a je ovlivňován hormony estrogenem a progesteronem. Délka cyklu se pohybuje od 21 do 35 dní a dělí se na fáze. První fáze je menstruační, kdy má žena krvácení trvající 2-6 dní. Celá povrchová vrstva děložní sliznice je v této fázi odstraněna spolu s krví, které bývá 30-50 ml. Druhá fáze je proliferační fáze neboli rostoucí, pohybující se od konce krvácení až do 14. dne cyklu [8]. Během ní se dělí buňky endometria, čímž se obnovuje a regeneruje jeho povrch. Tloušťka děložní sliznice v této fázi dosahuje až 10 mm. Ve vaječniku mezitím zraje několik folikulů (budoucích vajíček), kdy se jeden z nich stane dominantním a produkuje estrogen. Třetí fází je sekreční fáze, ta probíhá od 15. do 28. dne cyklu [8]. V podstatě připravuje dělohu na možnost přijetí oplozeného vajíčka. Zvyšuje se prokrvení dělohy a během této fáze probíhá ovulace, což je uvolnění vajíčka z vaječniku, které pak putuje do vejcovodu. Z původního obalu folikulu (vajíčka) se po ovulaci vytvoří žluté tělísko produkující hormony. To, pokud nedojde k oplodnění, zanikne a klesá produkce progesteronu, který udržuje sliznici dělohy v sekreční fázi. Poslední den je fází ischemickou. Malé tepny dělohy se smrští a způsobí nedostatečné prokrvení povrchu děložní stěny, ta se začne rozpadat, a celý menstruační cyklus se opakuje znovu [9], [10], [8], [11].

Období pohlavní zralosti se pak určuje jako doba mezi 17.-45. rokem života, kdy je menstruační cyklus pravidelný [9]. Maximální schopnosti otěhotnět žena dovrší mezi 20 až 30 lety, kdy je na těhotenství připravena nejlépe jak fyzicky, tak psychicky [10]. Kolem 40. roku se cyklus stává nepravidelným, tato přechodná fáze může trvat až 10 let, až se dostaví poslední krvácení a žena se ocitne v období menopauzy, čímž skončilo její fertilní období [8].

Plodnost mužů nemá tak jednoznačnou hranici jako u žen. Dá se určit podle počtu spermií v ejakulátu. Jeho objem je 2,5-3,5 ml a k oplození je celkem potřeba 300-350 milionů spermií, což na 1 ml odpovídá 40-250 milionů spermií. Pokud počet v 1 ml klesne pod 10 milionů, lze říci, že muž je sterilní. Za počátek fertilního období muže můžeme považovat období puberty, počínaje 13.-15. rokem [8]. Během ní se začínají vyvíjet a měnit mužské pohlavní žlázy. Pohlavní dospělost se udává jako období od 20 let, kdy jsou všechny pohlavní orgány plně vyvinuté. Reprodukční schopnost bývá zachována až do velmi vysokého věku, a nemá přesně stanovený konec [8], [9].

3.2 Těhotenství

Těhotenství je období od oplození až po porod dítěte. Jeho délka je průměrně 270-280 dní a dělí se na tři trimestry [11]. Těhotenství nastane, pokud se ve vejcovodu setká spermie a vajíčko, které je při ovulaci uvolněno. K oplození může dojít maximálně 24 h po ovulaci, po níž je vajíčko vyplaveno do břišního prostoru a je zachyceno ve vejcovodu [9]. Průběh těhotenství lze poté rozdělit na několik období na základě fyziologie plodu. Prvním obdobím je blastogeneze, kdy se oplozené vajíčko po několika hodinách začne dělit, čemuž říkáme rýhování. Po 4-6 dnech doputuje do dělohy již jako zárodek tvořen z několika buněk [11]. Tam se uchytí do děložní sliznice, která je vysoce prokrvená. Hned po uhníždění se z vnější vrstvy buněk vytváří placenta, která se vyvíjí až do třetího měsíce těhotenství. S plodem je propojena pomocí pupečnickové šňůry, a má několik funkcí. Umožňuje výměnu látek mezi matkou a plodem, tedy výměnu vody, minerálů, vitamínů, ale zároveň jsou přes ní vylučovány odpadní produkty plodu jako je oxid uhličitý nebo močovina. Nahrazuje plíce, ledviny a trávicí trubici. Dále zajišťuje oddělení krevních oběhů obou organismů – matky i plodu. Poslední funkcí je tvorba hormonů, konkrétně hormon progesteron a onadotropin, který zabraňuje zániku žlutého tělíska,

aby děložní sliznice zůstala v sekreční fázi. Přibližně 22. den po oplodnění přichází období embryogeneze, kdy se vytváří převážně základy mozku a srdce, a později i všech vnitřních orgánů. Koncem druhého měsíce má embryo končetiny s viditelnými prsty, lze také rozeznat ústa, nos a oční víčka. Původně neurčité pohlavní žlázy se začínají diferenciovat na základě genetického pohlaví embrya na mužské nebo ženské žlázy, pohlaví však lze na ultrazvuku rozeznat až po 14-16 týdnech těhotenství. Poslední fází, jež nastává od 9. týdne, je fetogeneze, během které orgány dokončují svůj vývoj a plod již převážně jen roste. V 16. týdnu jsou vytvořené nehty, vlasy, a kůže je pokrytá jemným chmýřím. Kolem 17.-20. týdne může matka cítit pohyby plodu v děloze, a pokračuje jeho vývoj plic. Po 28. týdnu je dokončen vývoj pohlavních znaků. Posledním krokem těhotenství je porod novorozence, který je zpravidla mezi 38.-42. týdnem gravidity, ale může být i předčasný nebo opožděný [10], [11], [12], [13].

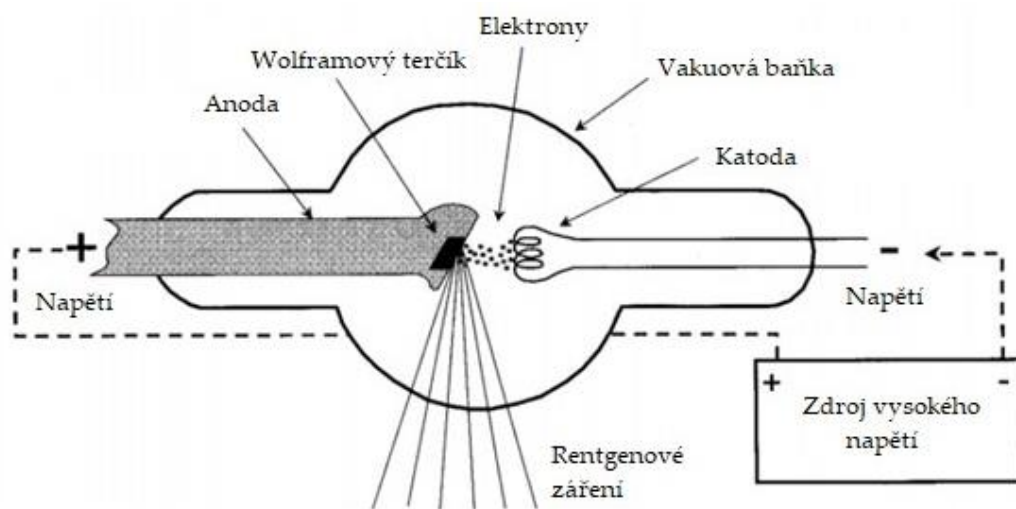
3.3 Vybrané zobrazovací metody na pracovišti radiodiagnostiky

Kapitola se věnuje principu, průběhu a indikacím vybraných vyšetřovacích diagnostických metod, se kterými se může fertlní nebo těhotná žena setkat na radiodiagnostickém pracovišti.

3.3.1 Konvenční rentgen

Nejběžnější vyšetřovací metodou na oddělení radiodiagnostiky je rentgenový přístroj využívající rentgenové záření. To vzniká v rentgenové lampě neboli rentgence. Jde o skleněnou trubici naplněnou vakuem a dvěma elektrodami, katodou a anodou. Katoda je elektroda se záporným nábojem tvořena z wolframového vlákna ve tvaru spirály, kde wolfram je materiál odolný vysokému teplu, jelikož je katoda pomocí elektrického proudu žhavana

na teplotu 2000 °C [3]. Tepelná energie katody umožňuje její vyzařování elektronů. Pomocí hodnoty elektrického proudu jsme schopni řídit termoemisi elektronů, tedy čím vyšší teplota, tím větší produkce elektronů. Ty jsou poté vysokým napětím mezi katodou a anodou urychlovány a přitahovány na wolframovou anodu s pozitivním nábojem. Dopadají na malé místo, jemuž se říká ohnisko. Tam se téměř všechna kinetická energie elektronů přemění na tepelnou energii. Z toho důvodu musí být anoda chlazena, čehož je docíleno odvodem tepla přes měděný blok nebo použitím rotující anody. Zbytek energie (přibližně 1 %) se mění na energii rentgenového záření, které vyzařuje ven výstupním okénkem ve formě fotonů. Celá skleněná trubice rentgenky je umístěna v kovovém, uvnitř olověném krytu, který slouží k mechanické ochraně rentgenky proti poškození a zároveň zajišťuje odstínění nežádoucího záření. Na obrázku 1 je zobrazeno jednoduché schéma rentgenky [3], [14], [15].



Obrázek 1 - Schéma rentgenky [16]

Při skiagrafickém vyšetření se používají rentgenky, které jsou připevněny buď na pohyblivém stropním závěsu, nebo na posuvném stojanu. Detektor záření je pro snímkování vleže umístěn ve stole, nebo pro vyšetření vestoje ve vertigrafu. Na operačních sálech se také můžeme setkat s tzv. C-ramenem. Jde o umístění rentgenky a detektoru na speciálním stojanu ve tvaru písmene C.

V rentgenovém přístroji se dále nachází primární clony, umístěny mezi rentgenkou a pacientem, které vymezují primární svazek záření na potřebnou velikost, čímž se určuje ozářená plocha tvaru čtverce nebo obdélníku, a snižuje se ozáření pacienta na možné minimum. Jsou tvořeny ze 2-4 vrstev olověných lamel. Sekundární clona, tzv. Bucky-Potterova clona, se nachází ve stole pod pacientem a zabraňuje šíření rozptýleného záření, které není součástí primárního svazku. Tyto rozptýlené fotony by snižovaly ostrost výsledného obrazu. Další součástí rentgenového přístroje jsou kolimátory s nastavitelnými clonami, které modelují geometrický tvar svazku rentgenového záření. Přímou u rentgenky se nacházejí filtrace v podobě hliníkových mřížek, které slouží k rozdělení fotonů vycházejících z rentgenky podle jejich energie [3], [14].

Princip vzniku obrazu je poměrně jednoduchý, ale je potřeba uvést základní vlastnosti rentgenového záření. První z nich je schopnost pronikat hmotou, přičemž je záření zeslabeno podle její hustoty a složení. V případě pacienta se jedná o kosti, měkké tkáně a vzduch, z nichž každé pohlcuje ionizující záření jinak. Další je luminiscenční efekt, což je schopnost rentgenového záření při dopadu na konkrétní látky vyvolat fluorescenci, tedy vzniká viditelné světlo. Tohoto jevu se využívá v detektorech spolu s fotochemickým efektem, kdy viditelné světlo uvolní vzájemnou vazbu v halogenidech stříbra na fotografickém materiálu a mění jejich ionty na neutrální atomy. Díky tomuto jsme schopni získat obraz struktur objektu pomocí rentgenového záření. Vyšetření probíhá tak, že pacient je umístěn před detektor podle vyšetřované oblasti, která musí být u detektoru co nejbližší, aby nedošlo k příliš velkému zvětšení obrazu. Z rentgenky je směrem na vyšetřovanou oblast vyzařováno rentgenové záření, které je jí různě absorbováno v závislosti na hustotě dané části těla. Rentgenové paprsky, jež prošly skrz, jsou detektorem zachyceny a následně převedeny buď na fotony viditelného světla, které jsou fotodetektory následně přeměněny na elektrický signál, nebo je rentgenové záření registrováno

polovodičovými detektory, a ty jej převádí rovnou na signál elektrický, z něhož je pak vytvořen výsledný obraz. Rentgenový obraz je dvourozměrný, a dochází k sumaci struktur, tudíž zobrazené orgány v jedné rovině jsou zobrazeny přes sebe a vytvářejí stín. Proto se snímky zhotovují alespoň ve dvou projekcích, kvůli lepší prostorové orientaci. Někdy je však zapotřebí využít i jiné zobrazovací modalities, jako je např. výpočetní tomografie [3], [14], [17], [18], [19].

3.3.2 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie neboli CT (Computed Tomography) je zobrazovací metoda využívající rentgenové záření. Přístroj je konstruován do kruhu neboli gantry. V něm je umístěna pohyblivá rentgenka a naproti ní oblouková řada detektorů, jež se během snímkování otáčí kolem pacienta ležícího na stole, který postupně projíždí skrz otvor v gantry. Během toho provede rentgenka stovky expozic z různých úhlů a z nich je vytvořen výsledný CT obraz za použití speciálních algoritmů, nejčastěji se jedná o filtrovanou zpětnou projekci nebo iterativní rekonstrukci. V dnešní době se setkáváme se spirálními, jinak řečeno helikálními CT přístroji. Jejich princip spočívá v tom, že rentgenka s detektory rotuje kontinuálně kolem pacienta, který se současně posouvá skrz gantry na vyšetřovacím stole. Dráha, kterou se rentgenka pohybuje, má tedy tvar šroubovice. Další moderní úpravou je multidetektorové CT, které má detektory uložené ve více řadách, a lze tedy provést náběr dat pro více vrstev během jedné rotace, což značně zkracuje vyšetřovací čas. Celý proces skenování se pohybuje v řádu jednotek sekund. Tloušťka výsledných řezů je mezi 0,5-1,5 mm a z nich se zhotoví různé rekonstrukce v jednotlivých rovinách nebo prostorové modely. Výsledný obraz se skládá z různých odstínů šedi, kdy každému bodu obrazu (pixel) odpovídá konkrétní číselná hodnota na Hounsfieldově stupnici. Ta udává míru absorpce rentgenového záření různými tkáněmi a vyjadřuje se v Hounsfieldových jednotkách, zkráceně HU, jejichž číselná hodnota se pohybuje od -1000 do 3000 HU. Tkáně s menší absorpcí, např. vzduch a tuk, mají záporné

hodnoty a tkáně, jež absorbují rentgenové záření více, dosahují hodnot vysokých, např. kosti. V tabulce 2 jsou příklady jednotlivých denzit tkání podle dané stupnice. Čím vyšší je absorpce záření, tím světlejší je výsledný bod na obrazu. Jelikož je lidské oko schopné detekovat pouze kolem 16 odstínů šedi, používá se často jen zobrazení určitých denzitních škál, tzv. oken, které mají definovanou šíři a střed (např. šíře 400 HU se středem 0, krajní body stupnice jsou tím pádem v rozmezí od bodu -200 HU do +200 HU). Nejčastější okna, která používáme, jsou plicní, kostní, mozkové, břišní a lze je v softwaru přednastavit [20], [21], [22], [23].

Tabulka 2 - Denzity vybraných tkání [21]

Tkáň	Denzita [HU]
vzduch	-1000
tuk	-100 až -50
voda	0
mozkomíšní mok	15
bílá hmota	20 až 30
nekoagulovaná	30 až 45
kost	700 a výš

Důležitou součástí CT vyšetření je použití jodových kontrastních látek. Ty kromě zvýraznění struktur, které naplní, slouží k hodnocení nasycení patologických ložisek, která by bez kontrastu nemusela být rozeznatelná od okolní tkáně. Nejčastější forma podání kontrastní látky je intravenózně. Aplikuje se pomocí tlakového injektoru napojeného na kanylu v periferní žíle, obvykle kubitální. Na injektoru lze zadat objem a rychlost toku podle daného vyšetření a hmotnosti pacienta, množství kontrastní látky se většinou pohybuje mezi 40-120 ml, a rychlost aplikace je 2-5 ml za sekundu. Při vyšetření gastrointestinálního traktu se také můžeme setkat s kontrastními látkami naplňujícími nebo přiléhajícími ke stěnám vyšetřovaného orgánu podávající se

per os nebo per rectum. Příkladem je naředěná jodová nebo baryová kontrastní látka, tu pacient postupně pije před vyšetřením, dále lze použít vodu, roztok manitolu, nebo se aplikací per rectum při virtuální kolonoskopii využívá vzduch. Pomocí jodové kontrastní látky můžeme vyšetřit i jiné duté orgány a struktury, které lze naplnit, např. močový měchýř, páteřní kanál, kloubní dutina. Dalším druhem vyšetření velmi závislým na kontrastní látce je CT angiografie, zkráceně CTA. To je zobrazení cév pomocí CT. Při vyšetření se pacientovi podá intravenózně kontrastní látka, a ve vhodné fázi, ve které budou cévy naplněny kontrastem, se pro danou oblast provede rychlé helikální skenování. Nejčastěji zobrazované jsou tepny, hlavně aorta, karotidy, mozkové tepny, tepny dolních končetin nebo renální tepny. Žíly se pomocí této metody příliš často nevyšetřují [19], [20], [21].

CT vyšetření se během posledních pár let stává čím dál běžnějším vyšetřením. Díky jeho rychlosti a účinnosti se stalo běžnou metodou akutní medicíny, často se jedná o akutní cévní mozkové příhody nebo je využíváno u ischemických stavů mozku. Další obor, který závisí na CT, je traumatologie, jelikož u polytraumat a jiných závažných nebo i život ohrožujících stavů je nejrychlejší metodou zobrazení celého těla. Zahrnuje i běžná vyšetření v případě že např. rentgenový snímek nebyl jednoznačný, vyšetřuje se tedy hrudník, břicho nebo skelet. Další indikací k CT vyšetření také může být intervenční výkon navigovaný pomocí CT, jako je drenáž, biopsie nebo různé obstrukce nervů. Klasické vyšetření probíhá tak, že pacient podepíše informovaný souhlas s vyšetřením, u žen je nutno vyloučit těhotenství. Také je potřeba získat alergickou anamnézu, kvůli možnosti alergické reakce na kontrastní látku. Důležitá je i správná funkce ledvin, jelikož se kontrastní látka z těla filtruje pomocí ledvin, které jsou tímto zatěžovány. Pokud jde o vyšetření s kontrastní látkou podanou per os, tak se pacient dostaví asi o hodinu dříve, a dostane od personálu kontrastní látku, kterou postupně vypije. Následuje uložení

pacienta na vyšetřovací stůl, kde je mu zavedena kanyla, jež se napojí na injektor. Radiologický asistent zvolí vhodný vyšetřovací protokol, a provede tzv. topogram, rentgenový snímek bez rotace rentgenky a detektorů v gantry, podle kterého se následně volí rozsah vyšetření. Pak už probíhá vlastní skenování, které může být nativní, tedy bez použití kontrastní látky, nebo s určitým časovým odstupem od jejího podání, podle fáze, kterou vyšetření vyžaduje. Pacient se může vrátit do čekárny, kde vyčká přibližně 15 minut pro sledování možnosti vzniku alergické reakce, poté se může vyjmout kanyla a pacient odchází. Po zbytek dne by měl dodržovat řádný pitný režim. Získané snímky jsou zobrazeny v axiální rovině a radiologický asistent provede potřebné rekonstrukce a výsledek odešle radiologovi [20], [21], [22].

3.3.3 Ultrazvuk

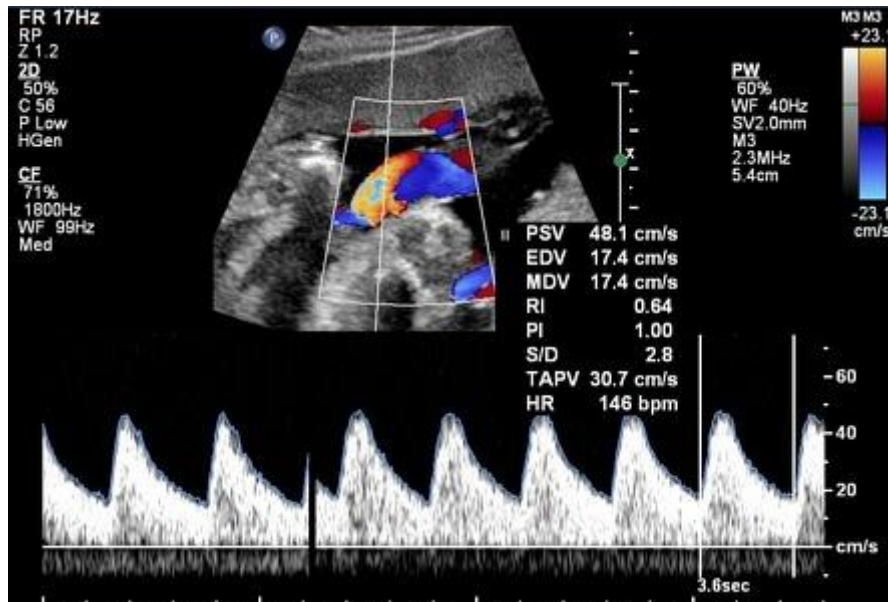
Ultrazvuková zobrazovací metoda nevyužívá ionizující záření, nýbrž mechanické vlnění, jež se tkání šíří tak, že rozkmitává její částice. Ultrazvukové vlny, které se používají v diagnostice, mají frekvenci mezi 2-15 MHz [21]. Tkáně v těle mají různou akustickou impedanci, což je veličina popisující schopnost ultrazvukových vln procházet hmotou. Ultrazvuková sonda obsahující řadu piezoelektrických krystalů je při vyšetření přiložena k vyšetřované oblasti a vyšle ultrazvukové vlnění do tkáně, kde se absorbuje, rozptýlí a odrazí od rozhraní tkání. Sonda je následně schopná registrovat odražené vlnění podle akustického rozhraní. Pokud je rozhraní vysoké, bude intenzita odražených vln vysoká. Pokud je rozdíl těchto rozhraní však velmi vysoký, např. přechod měkká tkáň a kost, ultrazvukové vlnění se úplně odrazí a struktury, jež jsou uloženy hlouběji, nelze zobrazit. Naopak v prostředí, které je homogenní, např. čirá tekutina, nedochází k žádnému odrazu [19], [21], [22].

Signál vzniká tak, že piezoelektrický krystal se působením střídavého elektrického proudu deformuje, v podstatě vibruje, čímž vysílá mechanické vlnění. Zároveň slouží krystal i jako přijímač ultrazvukových vln, kdy ho toto odražené vlnění zpětně rozechvěje. Sonda tedy může zachytit nejen intenzitu přijímaného vlnění, ale i jeho vzdálenost, ze které se odrazilo, díky délce časového intervalu mezi vysláním a příjmem signálu. Z těchto informací je již počítač schopen vytvořit výsledný obraz. Pro vyšetřování orgánů, které jsou uloženy hlouběji, jsou používány nízkofrekvenční sondy. Nízká frekvence (hovoříme o 2-5 MHz) má totiž větší dosah, avšak nižší rozlišovací schopnost [21]. Na povrchové oblasti se naopak využívají vysokofrekvenční sondy (5-15 MHz), které mají vyšší rozlišovací schopnost a nižší dosah [21]. Nejdůležitějším faktorem pro úspěšné vyšetření ultrazvukem je vytvoření vodivého prostředí mezi sondou a povrchem těla. Proto se na kůži aplikuje ultrazvukový gel. Bez něj by mezi povrchem těla a ultrazvukovou sondou zůstala velmi tenká vrstva vzduchu, která by odrážela vysílané ultrazvukové vlny, a ty by se nedostaly dál do těla pacienta. Rozlišujeme několik druhů ultrazvukových sond. Podle tvaru je lze dělit na lineární, ty se používají pro vyšetřování povrchových struktur, jako jsou lymfatické žlázy nebo prsa, a výsledný obraz má obdélníkový tvar. Frekvence těchto sond je vyšší než 7 MHz, tudíž je nízká penetrace ultrazvukových vln, ale vysoké rozlišení [20]. Dalším typem je konvexní sonda, která je vhodná pro zobrazování pánve a břišních orgánů. Frekvence konvexní sondy se pohybuje v rozmezí 2,5-3,5 MHz [20]. Posledním druhem je sektorová sonda, využívaná pro oblasti, kde je prostor pro průchod ultrazvuku moc malý, např. mezi žebry. Obrazy těchto sond jsou vějířovitého tvaru. Ženy se často setkají s transvaginálními sondami pro zobrazení orgánů v okolí pochvy [19], [20], [21].

Ultrazvuk má několik zobrazovacích módů. Nejčastěji využívaným je B-mód, kdy vzniká dvojrozměrný obraz vyšetřované oblasti složený z bodů,

jejichž odstíny šedi odpovídají intenzitám odrazů z konkrétních míst. Pro hodnocení obrazu se využívá vlastnost echogenita (odrazivost). Tkáň může tedy být buď hyperechogenní, to jsou objekty světlejší než okolí (kosti, kalcifikace), nebo hypoechogenní, které jsou tmavší (měkké tkáně, patologická ložiska). Objekty nevytvářející žádné odrazy jsou anechogenní a za nimi dochází k zesílení intenzity signálu. Těmi jsou např. tekutiny v orgánových dutinách nebo cystách. Zároveň má-li tkáň stejnou echogenitu jako okolní struktury, jedná se o izoechogenní látky. Dopadá-li ultrazvukové vlnění na oblast s velmi výrazným akustickým rozhraním, dochází k odrazu veškerých ultrazvukových vln, a vzniká tzv. akustický stín, kdy nelze sledovat žádné jiné struktury nacházející se za ním. Nejjednodušším typem ultrazvukového modu je A-mód. Jde o jednorozměrné zobrazení, tedy výsledek má podobu křivky, která vyjadřuje intenzitu odrazu v závislosti na hloubce. A-mód se v dnešní době již příliš nevyužívá, v minulosti sloužil v očním lékařství pro přesné měření rozměrů oka. Třetím typem je M-mód, M podle movement. Za užití tohoto módu získáváme obraz rozložený v čase. Ten se využívá např. v kardiologii pro zobrazení pohybu srdečních chlopní a stěny. Poslední poměrně často využívaná metoda je Dopplerovský ultrazvuk, také D-mód, fungující na principu Dopplerova jevu. Dopplerův jev je stav, kdy se frekvence zvuku vysílaná objektem mění v závislosti na tom, jestli se objekt nebo detektor pohybuje, přibližuje nebo vzdaluje. Pokud se k posluchači objekt přibližuje, frekvence zvuku je vyšší, a naopak když se vzdaluje, frekvence je nižší. Tento jev slouží v sonografii k měření rychlosti a směru toku krve v cévách, což bývá na obrazovce znázorněno pomocí barev. Směřuje-li pohyb toku k sondě, je zobrazen červeně. Pokud se tekutina pohybuje směrem od sondy, je zobrazena modře. Čím rychleji se kapalina pohybuje, tím jasnější je odstín dané barvy. V porodnictví hraje velice důležitou roli trojrozměrná sonografie, která umožňuje rekonstrukci trojrozměrného obrazu, a hodnotí se s ní vývojové

vady plodu. Na obrázku 2 je zobrazeno Dopplerovské ultrazvukové vyšetření plodu [20], [21].



Obrázek 2 - Dopplerovský ultrazvukový snímek plodu [24]

Kontrastní ultrasonografie pro zobrazení používá kontrastní látku, jež obsahuje mikrobubliny plynu o velikosti krvinek, které jsou schopné projít i plicní membránou. Bubliny zvyšují odraz ultrazvukových vln, čímž se značně zvýrazňuje rozlišení obrazu. Pacientovi se aplikuje intravenózně. Nejčastější využití této metody je při zobrazování jaterních ložisek [20], [21].

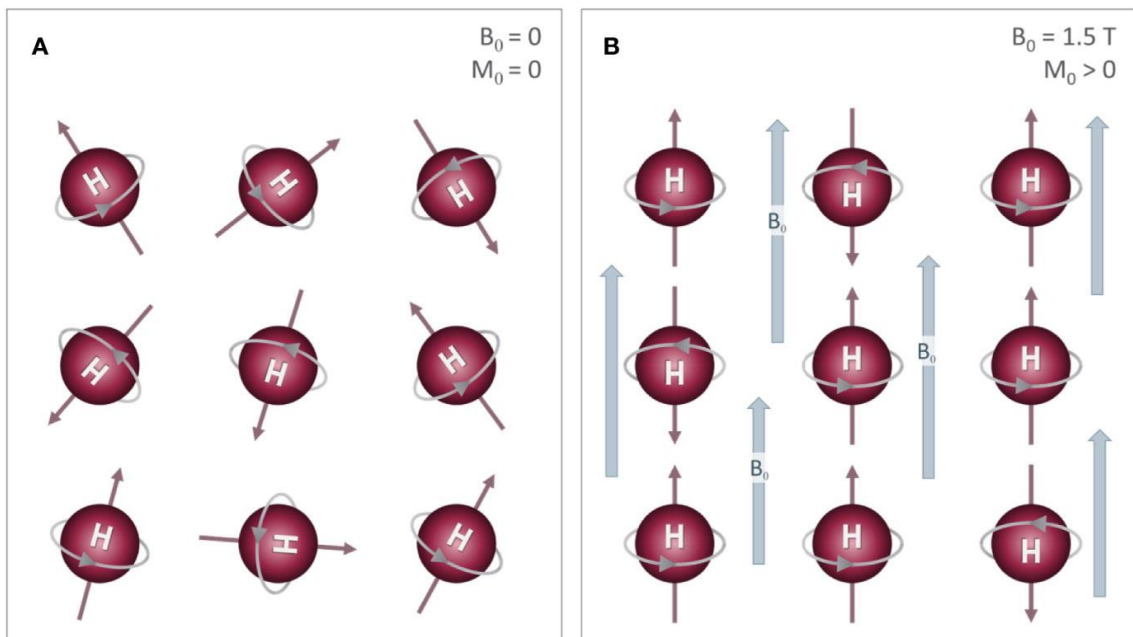
Ultrazvukové vyšetření v podstatě nemá žádnou kontraindikaci ani nežádoucí účinky, což je oproti jiným vyšetřením obrovská výhoda. Setkáváme se pouze se dvěma možnými reakcemi na ultrazvukové vlnění. Prvním je ohřev tkáně v důsledku jejího rozkmitání mechanickým vlněním, druhá je možnost kavitací, kdy vznikají v tkáni malé bublinky. Při běžném vyšetření však tyto potenciální vedlejší účinky nehrají důležitou roli. Je však třeba dát pozor v těhotenství, kdy ultrazvuk je sice hlavní metoda ke kontrole vývinu plodu, ale nadbytečný počet vyšetření může být škodlivý, neboť tkáň plodu je citlivější na tyto účinky. Nejčastější indikací k vyšetření ultrazvukem pak bývá vyšetření břicha s použitím konvekční sondy o nižší

frekvenci. Sledují se játra, žlučník, pankreas, ledviny, močový měchýř a střevní kličky. Specifické vyšetření břicha je tzv. FAST (Focussed Assessment with Sonography for Trauma), kdy se jedná o akutní vyšetření k vyloučení přítomnosti volné tekutiny v břiše nebo krvácení do dutiny břišní [20].

3.3.4 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance (MRI neboli Magnetic Resonance Imaging, zkráceně MR) je metoda sloužící k zobrazování tkání založená na chování těchto tkání v magnetickém poli. Jde o tomografickou metodu, neboť je výsledný obraz ve formě řezů těla podobně jako u CT. Výhodou vyšetření MR je vysoký kontrast mezi jednotlivými druhy tkáně. Princip magnetické rezonance je založen na jevu, kdy protony v jádrech rotují kolem své osy neboli mají spin, a jelikož se jedná o elektricky nabitě částice, tak kolem sebe generují slabé magnetické pole. Dá se tedy říci, že se chovají jako slabé magnety, z čehož plyne, že pokud je umístíme do magnetického pole, jsou schopny přijímat i emitovat energii formou elektromagnetického vlnění. To se projevuje pouze u atomů, co mají liché protonové číslo, jelikož u atomů se sudým protonovým číslem se protony párují, a jejich magnetická pole se tím pádem navzájem ruší. Pro tento jev je nejvíce ideálním prvkem vodík, protože má liché protonové číslo, a je nejvíce zastoupeným prvkem splňující tyto podmínky v lidské tkáni. Protony vodíku mají za klidového stavu vektory magnetických polí uspořádány náhodně, ale pokud je umístíme do magnetického pole, uspořádají se rovnoměrně s vektorem zevního magnetického pole, jak lze vidět na obrázku 3. Většina z nich se srovná paralelně, jakožto energeticky výhodnějšího směru, zbytek opačně, tedy antiparalelně. Tím, že jsou však tyto vektory srovnané s vnějším magnetickým polem, celé magnetické pole tkáně je v zákrytu, jelikož došlo k podélné magnetizaci, a nelze jej měřit. Proto je zapotřebí vektory tkáně ještě vychýlit, čímž se docílí příčné magnetizace. K tomu je zapotřebí ovlivnit tzv. precesní pohyby, což je rotační pohyb protonů do jakéhosi tvaru

kužele, který je orientován podle vektoru silného magnetického pole. Tyto pohyby jsou asynchronní, a rotují s určitou frekvencí, která se nazývá Larmorova frekvence. Avšak když se do tkáně vyše elektromagnetický pulz s Larmorovou frekvencí, ale různou energií, dojde k resynchronizaci pohybu a vektory se vychýlí za vzniku příčné magnetizace. Ty následně ztrácí získanou energii, kterou již lze změřit za pomoci cívky, fungující na principu elektromagnetické indukce. Dle potřeby vyšetření se vysílají pulzy v různých stupních, aby se protony vychýlily o specifický úhel. Často se využívá 90° radiofrekvenční pulz, takže se magnetický moment protonů vychýlí právě o 90° [19], [20], [21], [25].



Obrázek 3 - Protony vodíku v klidovém stavu a v podélné magnetizaci [26]

Jakmile skončí pulz, vektory se vrací do původního stavu za čas, který se nazývá relaxační čas, u nichž rozeznáváme dva druhy. Prvním je relaxační čas T_1 , což je doba nutná k návratu na 63 % úrovně původní podélné magnetizace. Druhý je T_2 relaxační čas, ten se definuje jako pokles příčné magnetizace na 37 % původní hodnoty způsoben ztrátou synchronizace precesních pohybů protonů [21]. Oba relaxační časy závisí na složení tkáně, kdy neměříme jejich hodnoty, ale tzv. T_1 a T_2 vážené obrazy. Třetím typem obrazu, který se používá

výrazně méně, jsou protondenzitní (PD) vážené obrazy, jež závisí na hustotě protonů v dané tkáni. Magnetická rezonance pracuje v sekvencích, kdy se v daném pořadí opakuje vysílání radiofrekvenčních pulzů do těla pacienta a příjem signálu na cívkách. Po určitém čase je nasbírán dostatek dat k vytvoření rekonstrukce z určité sekvence. To může trvat několik sekund ale i desítky minut. Při běžném magnetickém vyšetření se sledují stejné oblasti v různých sekvencích, takže celková doba vyšetření se pohybuje mezi 15-50 minutami [20]. Mimo sekvence, které tvoří T1, T2 a PD vážené obrazy, se používají i sekvence spin echo a sekvence gradientního echa. Další často využívané jsou sekvence s potlačením signálu vody nebo tuku, popřípadě speciální sekvence pro MR angiografii nebo spektroskopii. Vyšetření se v mnoha případech často také neobejde bez kontrastní látky. Ty obsahují gadolinium, jenž mění magnetické vlastnosti tkáně, ve které se nachází. Kontrastní látka má vliv pouze na T1 vážené obrazy, na T2 je účinek minimální [19], [20], [21], [25].

Základní součástí MR přístroje je silný magnet a systém cívek sloužící k přenosu radiofrekvenčního signálu. K vytvoření indukce se používají supravodivé magnety. Jeho konstrukce spočívá v tom, že cívky jsou chlazené tekutým heliem s teplotou téměř absolutní nuly, díky čemuž se snižuje odpor a dochází k indukci velmi silného magnetického pole, využívá se 1,5 a 3,0 T [21]. Jak již bylo zmíněno dříve, k vytvoření snímatelného signálu jsou zapotřebí cívky, ty jsou buď zabudovány v přístroji, nebo se umisťují na pacienta, kdy jejich konstrukce odpovídá vyšetřované části těla, tedy máme speciální cívku na mozek, břicho, koleno, rameno apod. [19], [21].

Vyšetření magnetickou rezonancí je většinou indikováno až jako druhá nebo třetí možnost po jiných zobrazovacích metodách, jelikož je oproti nim poměrně finančně i časově náročná. Díky absenci ionizujícího záření se však MR indikuje častěji než CT vyšetření hlavně u dětí a žen ve fertilním věku.

Jiné indikace, kdy je MR první volbou, jsou vyšetření mozku, páteře, kdy se sleduje hlavně mícha, a malé pánve kvůli posouzení tumorů dělohy nebo prostaty. Při vyšetření je nejen personál ale i pacient povinen dodržovat jistá bezpečnostní opatření. Do vyšetřovny se nesmí dostat jakýkoliv feromagnetický kov, který může být magnetickým polem ovlivněn pohybem nebo jen zahřátím. Konstrukce vyšetřovny je tedy vyřešena Faradayovou klecí ve zdi vyšetřovny, aby magnetické pole neovlivňovalo okolní místnosti. Absolutní kontraindikace vyšetření jsou kardiostimulátory, v dnešní době se však vyrábí i MR kompatibilní kardiostimulátory, které musí před vyšetřením kardiolog přenastavit na správný MR bezpečný mód, o čemž musí následně předat potvrzení radiologickému asistentovi. V těle jinak nesmí být žádné jiné elektronické či kovové implantáty a jiné kousky kovů jako jsou např. kovové střepy a šrapnely [20], [21].

Před vyšetřením radiologický asistent informuje pacienta o průběhu vyšetření, aby pacient následně lépe spolupracoval a dosáhlo se co nejkvalitnějších snímků. Veliký důraz je kladen na vyloučení veškerých kontraindikací před vyšetřením, neboť chyba by mohla vést i k vážným zdravotním následkům. Proto pacient vyplňuje připravený dotazník, ale lze doporučit opětovnou verbální kontrolu před vstupem do vyšetřovny. Při podávání kontrastní látky je nutno vyloučit renální selhání. Pacient leží v MR gantry kolem 30 minut a nesmí se pohnout. Zároveň přístroj vydává hluk způsobený spínáním gradientních cívek během sekvencí, což se řeší špunty do uší nebo sluchátky. Po vyšetření se pacientovi hned vyjme kanyla a může odejít [3], [20].

3.4 Lékařské ozáření fertálních nebo těhotných žen

3.4.1 Ionizující záření

Ionizující záření je záření složené z částic, které mají dostatečnou energii k ionizaci atomů ozářené hmoty. Hraniční hodnota energie ionizace je 5 keV [14]. Ionizace je děj, kdy z neutrálních atomů vznikají ionty, tedy elektricky nabitě částice. K tomu dochází dvěma způsoby, a to vyražením jeho elektronu nebo přijetím elektronu. Ionizující záření se dělí na dva druhy, a to přímo a nepřímo ionizující. Přímé ionizující záření se skládá z nabitých částic (elektron, proton, alfa částice), jež ionizují látku přímo, pomocí působení Coulombovských sil. To jsou síly působící mezi elektricky nabitými částicemi, v tomto případě mezi nabitou částicí záření a elektronovým obalem částice hmoty, na které dopadá záření. Tím se vytvoří nabitě ionty v jednom kroku, čemuž se říká one-step process. Nepřímé ionizující záření je složeno z nenabitých částic, tedy fotonů a neutronů. Ionizace látky je v tomto případě dvoukroková (two-step process). V prvním kroku interaguje nenabitá částice s látkou za vzniku sekundárně nabitě částice, čímž tedy vytvoří elektrony, protony atd., a v druhém kroku tyto částice ionizují látku působením Coulombovských sil, jako u přímého ionizujícího záření. Ionizující záření má tedy několik podob podle toho, z jakých částic se skládá [14].

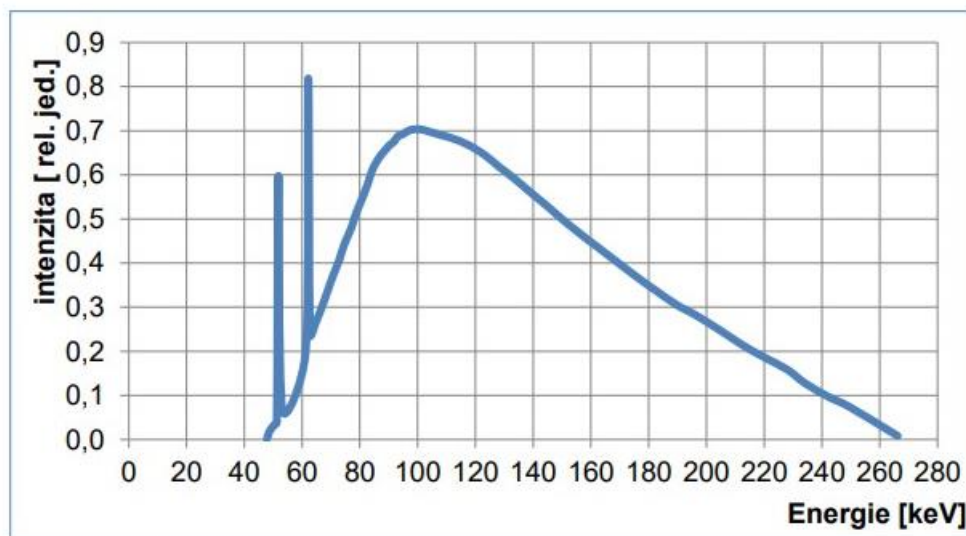
První je záření alfa, což je záření v podobě jader helia, kterým se říká alfa částice. Ty obsahují dva protony a dva neutrony. Vzniká spontánní emisí částice z nestabilního jádra, a objevuje se pouze u těžkých přírodních radionuklidů. Jelikož částice alfa obsahuje dva elektrické náboje, lze ji vychýlit magnetickým i elektrickým polem, a při průchodu prostředím velice silně ionizují své okolí, ale rychle ztrácí svou energii. Dosah alfa záření ve vzduchu se pohybuje v řádu centimetrů, ve tkáni pouze v řádech desetin milimetrů [14], [15].

Druhým typem je beta záření. Je tvořeno elektrony nebo pozitrony, což jsou částice stejné hmotnosti a opačného náboje. Beta záření vzniká při radioaktivní přeměně přírodních, ale i umělých radionuklidů. Oproti alfa částicím se pohybují rychleji a schopnost ionizace v prostředí je slabší. Díky tomu mají vyšší dosah a pronikavost. Záření lze ještě rozdělit na beta plus a beta minus záření. Beta minus záření vzniká emisí elektronů z jádra, a zároveň vzniká částice elektronové antineutrino. Beta plus záření je naopak vytvořené z pozitronu vylétávajícího z jádra. Vzniká v důsledku přebytku protonů v jádře, kdy se proton přemění na neutron a z jádra emitují částice beta plus a elektronové neutrino [15].

Dalším druhem je záření gama, která vzniká tak, že se z excitovaného jádra, které často zůstane po přeměnách alfa nebo beta, vyzáří přebytečná energie ve formě fotonů, a jádro se tak dostává do stabilního stavu. Tento jev nastane téměř ihned po přeměně, jež způsobila vznik excitovaného jádra, takže jí gama záření v podstatě doprovází. Jelikož fotony nenesou elektrický náboj, nelze jejich trajektorii ani rychlost ovlivnit elektrickým ani magnetickým polem. Během průchodu látkou ji silně ionizuje, a uvolňuje z ní nabitě částice za působení fotoefektu, Comptonova jevu a tvorby elektron-pozitronových párů. Záření gama nikdy nelze vystínit na nulu, jsme schopni ho pouze snížit na určitou úroveň [14], [15].

V radiodiagnostice se setkáváme s rentgenovým zářením, které je stejně jako gama záření tvořeno fotony, ale liší se způsobem vzniku. Rentgenové záření může vznikat až třemi způsoby. První způsob je náraz urychleného elektronu na pevnou podložku, např. na anodu v rentgence. Druhá možnost je změna dráhy elektronu, kdy vyzáří část své energie během zakřivení dráhy, a třetí způsob vzniku je ve formě vybuzeného fluorescenčního záření. Rentgenové záření se dělí na brzdné a charakteristické, dle vzniku [14].

Brzdné záření se vytváří následkem změny vektoru rychlosti pohybující se nabitě částice v blízkosti atomového jádra. Jádro na částici působí elektrostatickým polem, čímž částice ztratí část své kinetické energie, která se vyzáří v energii elektromagnetického brzdného záření. Spektrum tohoto záření je spojitě, jelikož jej zastupují fotony všech energií od nuly až k maximální hodnotě. Zdrojem brzdného záření je rentgenová lamp a urychlovač. Charakteristické záření vzniká při přechodech elektronů na jiné hladiny v elektronovém obalu atomu. Pokud na vnitřní elektronové slupce dojde k vyražení elektronu, na volné místo přeskakuje elektron z vyšší energetické hladiny. Rozdíl mezi těmito hladinami se vyzáří formou charakteristického záření. Spektrum záření je čárové. Na obrázku 4 jsou znázorněny spektra brzdného a charakteristického záření, kdy plynulá křivka zastupuje brzdné, a vysoké výkyvy intenzity vyjadřuje záření charakteristické [14], [15].



Obrázek 4 - Spektrum brzdného a charakteristického záření [14]

Rentgenové záření interaguje s látkou Comptonovým jevem, fotoelektrickým jevem, a vznikem páru elektron-pozitron. Comptonův jev popisuje interakci rentgenového a gama záření s elektronovým obalem atomu. Dojde ke srážce fotonu a elektronu z elektronového obalu, kdy je část energie fotonu předána jednomu z elektronů. Elektron je vychýlen ze své dráhy a foton změní svou trajektorii a sníží svou energii. Fotoelektrický jev je interakcí fotonového záření

s hmotou, kdy v hmotě vzniká elektrický náboj, kvůli uvolnění elektronu z elektronového obalu. Poslední interakcí je tvorba elektron-pozitronového páru. Tento jev nastane pouze při interakci elektromagnetického vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou s prostředím. Foton se v blízkosti jádra přemění na elektron a pozitron, které následně anihilují za vzniku dvou fotonů s energií 511 keV. Tento jev se neuplatňuje u rentgenového záření v radiodiagnostice, jeho přínos spočívá v nukleární medicíně [14], [21].

Posledním typem ionizujícího záření je neutronové. Letící neutrony mají vysokou pronikavost, jelikož nenesou elektrický náboj, tudíž nemohou ztrácet energii přímou ionizací atomů na své dráze. Neutron s atomy reaguje jinak než nabitá částice, nejčastěji pružným rozptylem. Jde o přímou reakci, kdy neutron vniká do atomového jádra a vlivem jaderných sil se odkloní ze své dráhy, kdy neutron část své energie předá jádru [14].

3.4.2 Lékařské ozáření

Lékařské ozáření je vystavení osob ionizujícímu záření za účelem lékařského vyšetření nebo léčby. Pod lékařské ozáření také spadají osoby, které poskytují pomoc osobě podstupující lékařské ozáření a osoby, které se dobrovolně účastní lékařského ověřování nezavedené metody spojené s lékařským ozářením. Toto je definováno v současné legislativě, přesněji v zákoně č. 263/2016 Sb. neboli Atomový zákon [27]. Lékařské ozáření představuje největší zdroj ozáření obyvatelstva umělými zdroji ionizujícího záření. Účinky ionizujícího záření jsou závislé na druhu záření, velikosti dávky a na druhu orgánů a tkání v ozářené oblasti. Lékařské ozáření musí být vždy odůvodněno přínosem pro pacienta, jelikož riziko ozáření je vždy nenulové. Je tedy zapotřebí se řídit principem zdůvodnění, který říká, že jakákoliv expozice by měla být více prospěšná oproti své možné škodlivosti. Je nutné zavést možná opatření k zajištění co nejmenší možné dávky, a zamezení zbytečného ozáření. Jedná se

jak o opatření organizační, kdy pacientovi není indikováno více vyšetření, než je nutné, ale také technická opatření vedoucí ke snížení celkové dávky. Nejvyšší podíl na dávce z důvodu lékařského ozáření má v dnešní době radiodiagnostika, přesněji výpočetní tomografie. Radiační ochrana pacienta je taktéž definována v Atomovém zákoně a dále ve vyhlášce SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost) č. 422/2016 Sb. K dosažení uspokojivých výsledků je podstatné zavádění legislativy do praktického využití, tedy zajištění technické úrovně diagnostických přístrojů, kvalifikace personálu a dodržování radiologických postupů [28], [29], [30].

3.4.3 Účinky záření na plod

Plod je různě citlivý na ionizující záření podle stádia vývoje. Nejvíce senzitivní je plod v období organogeneze, tedy 3-5 týdnů po oplození. V tomto období může docházet k vzniku malformací, poruchám růstu nebo jiných vrozených defektů. Mezi 8. a 25. týdnem je zárodek při ozáření ohrožen z hlediska vzniku mentální retardace [31]. Ve třetím trimestru je pak nejméně citlivý, jelikož má již vyvinuté všechny orgány, které nejsou ohroženy možným výskytem vývojových vad způsobených ozářením. Existuje hraniční dávka na plod, která se nesmí překročit, abychom zabránili poškození plodu. Za tento práh se považuje dávka 100 mGy ve všech fázích těhotenství. Při rentgenovém snímku dosahuje dávka na plod maxima 4,2 mGy a při snímku pánve 10 mGy. Toto jsou maximální dávky, průměrně bychom se bavili o hodnotách mezi 1 a 2 mGy. Během CT vyšetření břicha dosahuje dávka průměrně 8 mGy a maximální hodnota je 49 mGy. U CT pánve je průměrná dávka na plod 25 mGy a maximální hodnota 80 mGy. Z těchto hodnot vyplývá že dosažení prahové dávky není v praxi pravděpodobné. Zmíněné účinky patří mezi deterministické, mají tedy prahovou dávku, kterou když překročíme, dojde k nějakému druhu poškození. Čím vyšší dávka, tím vyšší bude míra poškození. Druhým typem účinků záření jsou stochastické. Ty nemají žádnou prahovou hodnotu,

ale udávají, že čím vyšší je dávka, tím vyšší je i pravděpodobnost vzniku nežádoucího účinku. To může být např. pozdní nádorová změna nebo genetické poruchy [31], [32].

3.4.4 Vyšetření fertálních a těhotných žen

Ve většině případů ozáření těhotných žen se jedná o vyšetření oblastí mimo břicho, např. rentgenový snímek nohy, CT hlavy apod. U těchto případů však hrozí minimální riziko jakéhokoliv poškození plodu ionizujícím zářením, jelikož dávka na plod bývá skutečně zanedbatelná. Cílem radiologického asistenta by i přesto mělo vždy být dosažení co nejnižší možné dávky, zvláště v oblasti břicha a malé pánve a vždy se ujistit, že pacientka skutečně není těhotná. Jedná-li se však o vyšetření přímo v břišní a pánevní oblasti, zejména CT vyšetření, provádí se pouze výjimečně, příkladem takové situace je polytrauma matky. Výkon je stále možné provést, ale před vyšetřením se provede odhad dávky na plod, který by neměl překročit hranici 100 mGy [32], [33].

Výpočet dávky na plod probíhá pomocí k tomu určených speciálních softwarů. Příklady těchto programů sloužících k výpočtu dávky na plod během vyšetření CT jsou CT-Expo, ImPACT CT aj. Pro první a třetí trimestr se mohou používat rozdílné programy. Jak probíhá výpočet dávky na plod ukážeme na příkladu programu s názvem CODE. Ten umožňuje spočítat odhad dávky na plod během všech fází těhotenství. Vstupní parametry jsou specifické expoziční parametry, u CT vyšetření se zadávají také rozměry vyšetřované pacientky (obvod břicha). Program obsahuje odvozené konverzní koeficienty pro odhad dávky na plod. Na základě těchto parametrů je program schopný vypočítat výsledný odhad dávky na plod [34].

Nejčastějším vyšetřením a nepostradatelnou součástí těhotenství je vyšetření ultrazvukové. To svou funkci plní již na začátku těhotenství, a to k jeho potvrzení, což se většinou provádí transvaginální sondou. Lze také včas determinovat, jestli se nejedná o těhotenství extrauterinní (mimoděložní). S průběhem těhotenství se provádí další ultrazvukové kontroly, již abdominální sondou, sloužící k časnému odhalení možných vývojových vad a poruch růstu plodu. Základní ultrazvukové kontroly se provádí tři, v každém trimestru jedna. Posuzuje se např. velikost embrya, možnost vícečetného těhotenství, uložení plodu a placenty a množství plodové vody. Obvykle se pracuje s 2D obrazem, ale pro některá vyšetření plodu se využívají přístroje vytvářející 4D obraz (pohyby plodu v reálném čase). Lze využít i Dopplerovskou flowmetrii k diagnostice hypoxie plodu, během které se sleduje fetální a pupečnicková cirkulace krve. Při vyšetření Dopplerovskou metodou se můžeme setkat s limity, které mohou být při delší vyšetřovací době překročeny. Vznik nežádoucích účinků není příliš pravděpodobný, přesto se však toto vyšetření během prvního trimestru nedoporučuje opakovaně. Pokud ultrazvuk odhalí abnormality, dalším indikovaným vyšetřením může být magnetická rezonance. Ta je schopná zobrazit mozek, páteřní kanál, hrudní i břišní orgány a pánev plodu. Konkrétní využití spočívá např. k diagnóze hydrocefalu, agenezi (nevyvinutí) částí mozku nebo různých nádorů. Magnetická rezonance se používá kromě diagnostiky plodu i k zobrazení možných poruch matky, např. apendicitida nebo poruchy růstu placenty. Nebyly pozorovány žádné škodlivé účinky na plod způsobené elektromagnetickými poli magnetické rezonance. Stále však platí, že vyšetření by se mělo provádět pouze v případě nezbytné nutnosti, tedy když nejsme schopni dosáhnout požadovaných výsledků za pomoci ultrazvuku. Vyšetření magnetickou rezonancí se taktéž nedoporučuje provádět v prvním trimestru těhotenství, kdy je plod nejcitlivější [10], [13], [35], [36], [37].

3.5 Legislativa

Základním legislativním dokumentem z hlediska pracovníka s ionizujícím zářením můžeme nazývat zákon č. 263/2016 Sb. neboli Atomový zákon [27]. Ten obsahuje základní pravidla a povinnosti spojené s mírovým využitím jaderné energie a ionizujícího záření. Dále pravidla radiační ochrany a pravidla nakládání s radiačním odpadem a vyhořelým jaderným palivem. Zákon doplňuje vyhláška č. 422/2016 Sb., tedy vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [38]. Pravidla lékařského ozáření jsou popsána ve vyhlášce č. 410/2012 Sb. [39]. V té se nachází pravidla a postupy radiační ochrany osob podstupujících lékařské ozáření, včetně těhotných žen. Vyhláška stanovuje, že lékařské ozáření těhotných žen je možné provést pouze v neodkladných případech nebo z důvodů indikace pro potřeby porodu. Během toho je nezbytné vždy zvažovat nutnost získání diagnostické informace nebo léčebného přínosu, jehož by bylo dosaženo použitím zdrojů ionizujícího záření. Dále je nutné volit postupy, které zajistí maximální ochranu embrya a plodu.

Lékařské ozáření žen ve fertilním věku je upraveno ve Věstníku ministerstva zdravotnictví týkající standardů CT vyšetření. Pokud pacientka udává, že není těhotná, lze vyšetření provést bez dalších komplikací. Jestli je pacientka těhotná, a nejedná se o vyšetření nezbytné, může být odloženo na dobu po porodu. Pokud je vyšetření nezbytné pro stanovení diagnózy a odložení léčby by mohlo poškodit matku, není důvod vyšetření odkládat. Pokud se jedná o neodkladné vyšetření, u kterého by dávka na plod překročila hraniční hodnotu 100 mGy, vyšetření se odloží na dobu po porodu nebo se ukončí těhotenství [40].

3.6 Úloha radiologického asistenta během komunikace s fertilní či těhotnou ženou před CT vyšetřením

První krok před vyšetřením je podepsání informovaného souhlasu, který vysvětluje typ výkonu, jeho průběh a možná rizika či komplikace. Ženy ve věku 15-45 let musí ještě vyloučit, že nejsou nebo by nemohly být těhotné. Před vyšetřením je také zapotřebí pečlivě zkontrolovat pacientky předchozí zdravotní historii, zejména alergickou anamnézu v případě podání jodové kontrastní látky. Jsou-li tyto informace v pořádku, může se provést vyšetření. U těhotných pacientek je zapotřebí detailnější postup. Pokud vyšetření zahrnuje přímé ozáření břicha, provede před ním radiologický fyzik odhad dávky na plod. K tomu se využívají simulační programy nebo normalizované dávkové koeficienty. Programy jsou schopné pracovat s fází těhotenství, obvodem pacientky a hloubkou uložení plodu. Nepřesahuje-li dávka 100 mGy, pacientka může bezpečně podstoupit vyšetření. Často ovšem se stává, že těhotné pacientky, které byly poslány na CT vyšetření, nejsou dostatečně informované o přínosech a míře rizik vyšetření. V mnoha situacích vede nedostatek informací těhotných žen k obavám z výkonu nebo výjimečně i k ukončení těhotenství z důvodu naplánovaného vyšetření [40]. Může tedy být i úlohou radiologického asistenta ženu ujistit a informovat o tom, že z vyšetření nedostane dávku, která by plod mohla ohrozit. Pracoviště je schopné zpětně zobrazit parametry provedeného vyšetření, ze kterých se dá stanovit dávka na plod, pokud by pacientka měla obavy po výkonu [3], [18], [32], [33].

4 METODIKA

V první části praktické části se zabývám sběrem dat zahrnujících počet vyšetření žen a mužů ve fertlím věku, tedy ve věku 15-45 let během let 2017-2022. Zpracovala jsem celkové množství vyšetření ve vybraných letech, spolu s nejčastěji vyšetřovanými oblastmi. V druhé části jsou zpracovány dvě kazuistiky týkající se CT vyšetření dvou těhotných pacientek. Kazuistika se zabývá důvody vyšetření pacientky a výpočtem dávky na plod.

4.1 Sběr dat na vybraném radiodiagnostickém pracovišti

Sběr dat probíhal na vybrané radiodiagnostické klinice fakultní nemocnice v Praze ve dnech 13. 4.-17. 4. 2023, kde jsem zároveň vykonávala odborné praxe z radiodiagnostiky. Na daném oddělení se momentálně nacházejí dva CT přístroje, konkrétně Siemens: Somatom Drive (dvojdvořový systém) a Somatom Definition AS. Vedoucí radiologický asistent mě první den zaškolil, jak pracovat se systémem PACS (Picture Archiving and Communication System), se kterým jsem poté byla schopna pracovat sama. Přes systém PACS, přesněji MARIE PACS by OR jsem získala statistická data počtu CT vyšetření. Systém obsahuje různé možnosti filtrování pro vyhledávání, jako je jméno a příjmení pacienta, datum narození, který lze zvolit jako časový úsek, dále obsahuje možnost výběru pohlaví, datum vyšetření, ID (Identifier) studie, odesílajícího lékaře a modalitu, na které bylo vyšetření provedeno. Přes možnost filtrovaného vyhledávání jsem selektovala datum narození, aby splňoval příslušný věk pro skupiny 15-17, 18-20, 21-30, 31-40 a 41-45 let. Dále jsem zvolila jednotlivá pohlaví a roky, ve kterých by mělo vyšetření proběhnout. Jednotlivé vyšetřované oblasti jsem hledala pomocí ID studie. Pro CT vyšetření hlavy se protokol nazývá HEAD, pro vyšetření hrudníku se využívá protokol THORAX, břicho se vyšetřuje pod protokolem ABDOMEN, protokol pro pánev se nazývá PELVIS a pro celotělové polytraumatické vyšetření slouží protokol

POLYTRAUMA. Protokol na vyšetření pánve se ve většině případů překrývá s břišním protokolem, jelikož samostatná pánev se vyšetřuje málokdy. Volila jsem proto protokoly pouze pro vyšetření pánve, což může způsobit nižší počet vyšetření pánve ve výsledcích oproti ostatním vyšetřením. Program poté zobrazil vyfiltrovaný seznam pacientů. Seznam obsahoval počet pacientů, rodná čísla, datum vyšetření a jeho výsledky. Tímto postupem jsem byla schopna nasbírat data počtu provedených CT vyšetření rozdělených na věkové skupiny a pohlaví.

Sběr dat ohledně jednotlivých diagnóz proběhl v systému PACS, odkud jsem sbírala rodná čísla pacientek, podle nichž jsem v DICOMu (Digital Imaging and Communications in Medicine) našla jednotlivé žádanky, a z nich zaznamenala diagnózu, která byla indikací k vyšetření břicha nebo pánve. Jednotlivé diagnózy jsem poté uspořádala do jednotlivých skupin podobných diagnóz, aby se s jejich počty lépe pracovalo. Tato data jsem sbírala současně s počty CT vyšetření. Na oblast břicha a pánve jsem se zaměřila z důvodu, že jsou předmětem bakalářské práce fertilmí a těhotné ženy, u kterých je oblast zájmu děloha či plod.

4.2 Sběr dat ke kazuistikám

Tato část práce byla zpracována formou kvalitativního výzkumu na základě případových studií (kazuistik). Ve spolupráci s vedoucím radiologickým asistentem mi byla poskytnuta na základě osobně zvolených kritérií data týkající se dvou těhotných pacientek, které na pracovišti podstoupily CT vyšetření. Kritérii byly informace o těhotné pacientce (důvod a výsledky vyšetření), diagnóza související s vyšetřením břicha a aby bylo vyšetření uskutečněné mezi lety 2017-2022. CT vyšetření těhotných pacientek jsou zvolena tak, aby nebyla stejná či podobná. Proto se první kazuistika týká těhotné pacientky vyšetřené pro bolesti břicha, a druhá kazuistika je věnována těhotné pacientce po dopravní nehodě.

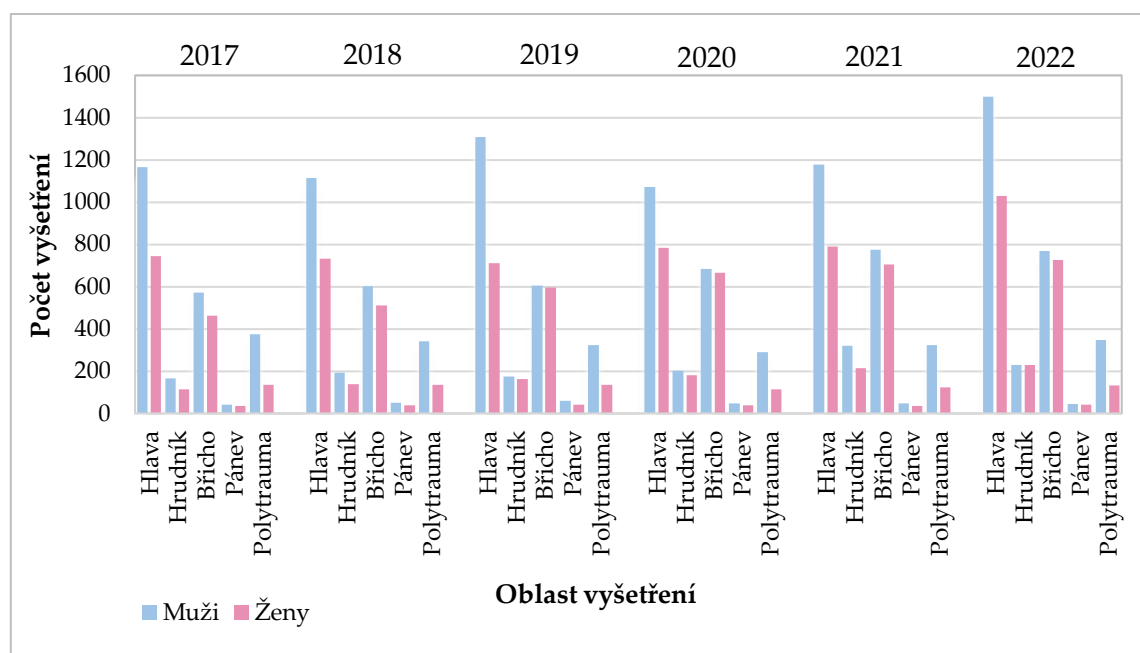
K dispozici mám textová data obsahující detaily o vyšetření pacientky, a výslednou dávku stanovenou na plod. Na základě informací o proběhlém vyšetření (druh vyšetření, hmotnost a výška pacientky, délka trvání těhotenství atd.) je radiologický asistent schopen vypočítat odhad dávky na plod. V raném těhotenství, kdy se jedná o zárodek, se počítá odhad dávky na dělohu. Obecně se dávky na plod nižší než 50 mGy považují za nevýznamné. Riziková vyšetření jsou ta, kdy dávka na plod překročí 100 mGy.

5 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou popsány výsledky praktické části bakalářské práce, týkající se sběru vybraných dat mezi lety 2017-2022 pacientů ve věku 15-45 let. Dále se zde nachází dvě kazuistiky ohledně CT vyšetření břicha dvou těhotných pacientek.

5.1 Vybrané radiodiagnostické pracoviště

V této kapitole jsou graficky znázorněna a popsána data z CT vyšetření mezi lety 2017-2022. Přesněji se jedná o počty vyšetření podle oblastí v jednotlivých letech (obrázek 5 a tabulka 3) a podle věku (obrázek 6).



Obrázek 5 - Počet CT vyšetření podle vyšetřovaných oblastí v jednotlivých letech

Z obrázku 5 je již na první pohled patrné, že nejčastěji vyšetřovanou oblastí je hlava. Muži jsou vyšetřováni mnohem častěji než ženy. Oblast hrudníku, břicha a pánve mají muži vyšetřovanou podobně často jako ženy, ale polytraumat mají jednoznačně více. Nejméně prováděným vyšetřením je oblast pánve.

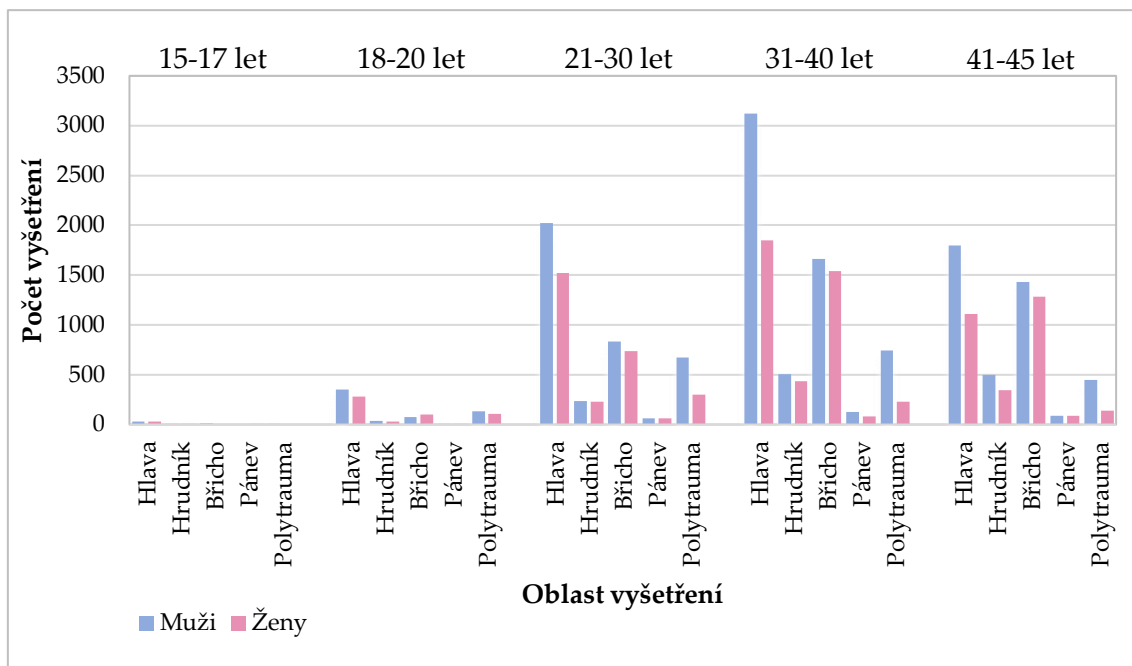
Tabulka 3 - Počet CT vyšetření daných oblastí za roky 2017-2022

Rok	Pohlaví	Oblast vyšetření				
		Hlava	Hrudník	Břicho	Pánev	Polytrauma
2017	Muži	1165	166	572	43	376
	Ženy	744	115	462	35	136
2018	Muži	1113	193	603	51	343
	Ženy	731	140	510	40	137
2019	Muži	1307	175	606	61	322
	Ženy	712	164	596	42	135
2020	Muži	1071	202	685	48	290
	Ženy	783	182	666	40	115
2021	Muži	1177	319	775	47	323
	Ženy	789	213	705	37	123
2022	Muži	1498	229	769	45	349
	Ženy	1030	229	726	42	133

V tabulce 3 můžeme vidět přesné počty jednotlivých druhů vyšetření v jednotlivých letech pro muže a ženy. Lze vidět, že ve většině případů převažují vyšetření mužů. Nejvíce CT vyšetření hlavy bylo u mužů v roce 2022, kterých bylo provedeno 1498. Nejčastěji vyšetřovanou oblastí u žen je hlava, na druhém místě je vyšetření břicha, na třetím místě vyšetření hrudníku, na čtvrtém polytraumatická vyšetření a nejméně vyšetřovaná oblast je pánev.

Z tabulky 3 plyne, že počet CT vyšetření v jednotlivých letech narůstá. Zaměříme se na ženy a vypočítáme, o kolik stoupl počet jednotlivých vyšetření od roku 2017 do 2022. Počet vyšetření hlavy se zvýšil o 28 %. U vyšetření břicha se počet zvýšil o 36 %. Počet vyšetření hrudníku navýšil o 49 %. U polytraumat a vyšetření pánve se jejich počet příliš nemění.

Na obrázku 6 jsou zobrazeny počty CT vyšetření u jednotlivých věkových kategorií.



Obrázek 6 - Počet CT vyšetření v letech 2017-2022 podle věkových kategorií

Z obrázku 6 vyplývá, že věkové skupiny 15-17 let a 18-20 let podstupují vyšetření CT významně méně často oproti skupinám 21-30 let a výš. Zaměříme se na vyšetření žen. Ve všech věkových kategoriích kromě 41-45 let je nejčastěji vyšetřovanou oblastí hlava. Druhou nejčastější vyšetřovanou oblastí je břicho kromě skupiny 41-45 let, ve které je na prvním místě vyšetření břicha a hlava je až na místě druhém. Druhou výjimkou je skupina 18-20 let, kde je druhé nejčastější vyšetření polytrauma. Nejméně vyšetřovaná oblast je pánev s výjimkou skupiny 15-17 let, ve které neproběhly žádná polytraumatická vyšetření ve sledovaném období.

Počty jednotlivých CT vyšetření vybraných oblastí a věkových skupin jsou uvedeny v tabulce 4. Výsledky mohou být ovlivněny velikostí nastavených věkových skupin.

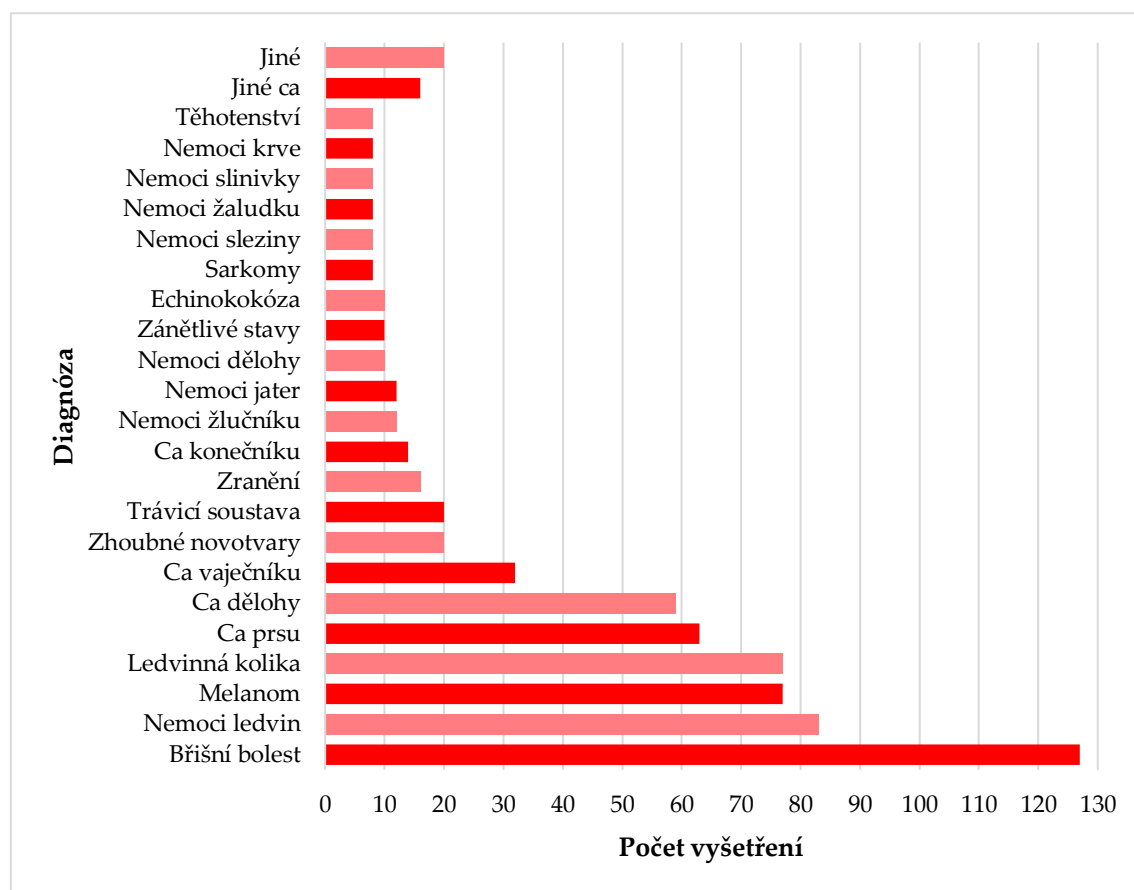
Tabulka 4 - Počet CT vyšetření v letech 2017-2022 podle věkových kategorií

Věková skupina	Pohlaví	Oblast vyšetření				
		Hlava	Hrudník	Břicho	Pánev	Polytrauma
15-17 let	Muži	31	5	9	7	3
	Ženy	29	6	7	3	0
18-20 let	Muži	352	39	72	6	132
	Ženy	280	33	99	3	109
21-30 let	Muži	2025	237	833	62	674
	Ženy	1519	227	740	62	300
31-40 let	Muži	3123	503	1665	129	745
	Ženy	1852	435	1538	79	232
41-45 let	Muži	1800	500	1430	90	451
	Ženy	1110	342	1283	89	138

Podle tabulky 4 dosáhli nejvyššího počtu muži s vyšetřením hlavy ve věkové kategorii 31-40 let, kdy se provedlo 3123 vyšetření hlavy. Dalo by se však spekulovat, že kategorie 41-45 let má vyšší počet vyšetření, jelikož se jedná o poloviční věkové rozpětí, ale hodnoty jsou se skupinou 31-40 let srovnatelné.

Porovnáme mezi sebou ženy. Z tabulky vyplývá, že ve skupině 18-20 let výrazně přibyl počet všech vyšetření oproti kategorii 15-17 let s výjimkou vyšetření pánve, kde se hodnoty nezměnily. Kromě polytraumat, jejichž počet klesl, se zvýšil počet vyšetření skupiny 31-40 let s porovnáním věkovou kategorií 21-30 let. Porovnáme-li vyšetření břicha skupin 31-40 let a 41-45 let, zjistíme, že i přesto, že je věkové rozpětí skupiny 41-45 let poloviční, jejich počty se liší pouze o 16 %.

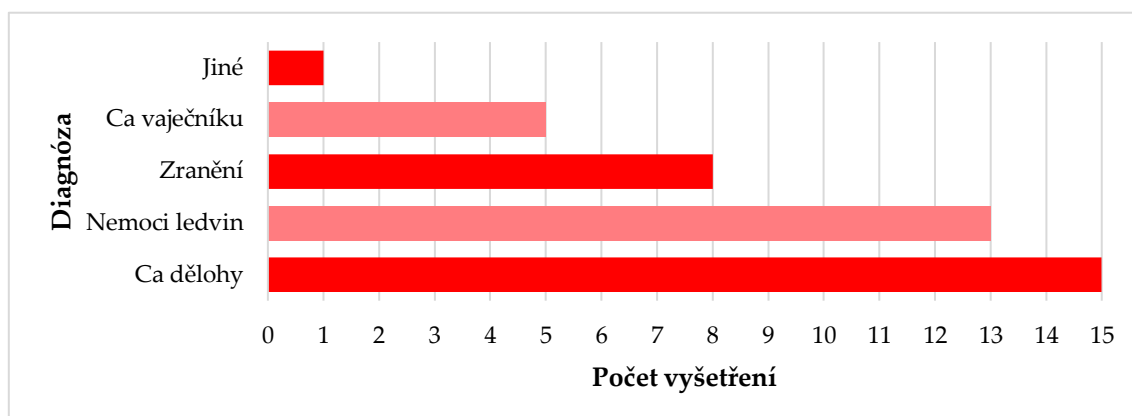
Obrázek 7 zobrazuje nejčastější diagnózy, které byly indikací k CT vyšetření břicha fertálních žen. Diagnózy jsou kvůli přehlednosti grafu zkráceny (ca je zkratkou pro karcinom), nebo uspořádány do skupin podobných diagnóz, či diagnóz týkající se jedné soustavy. To znamená, že např. skupina nemoci ledvin zahrnuje kameny ledvin a močovodu, záněty nebo novotvary ledvin. Skupiny označené „jiné karcinomy“ (např. lymfom, karcinom tenkého střeva) a „jiné“ (např. intoxikace), obsahují diagnózy, které se vyskytovaly po jednom, a nesplňovaly žádnou kategorii.



Obrázek 7 - Nejčastěji indikované diagnózy fertálních žen k CT vyšetření břicha za rok 2022

Nejčastější diagnózou je neurčená břišní bolest a druhá nejčastější je diagnostická skupina nemocí ledvin. Třetí nejvíce zastoupené jsou vyšetření melanomů. Karcinomy dělohy a vaječníku jsou na 6. a 7. místě. Na posledním místě jsou diagnózy spojené s průběhem těhotenství.

Obrázek 8 obsahuje nejčastěji indikované diagnózy pro CT vyšetření pánve u fertálních žen v roce 2022.



Obrázek 8 - Nejčastěji indikované diagnózy fertálních žen k CT vyšetření pánve za rok 2022

Tato CT vyšetření pánve vyšetření se však často provádí spolu s břichem, takže získaných dat je výrazně méně. Nejvíce indikovanou diagnózou pro vyšetření pánve je karcinom dělohy. Na druhém místě se umístily nemoci ledvin, na třetím místě zranění a na čtvrtém místě jsou karcinomy vaječníku.

5.2 Kazuistiky

Kapitola kazuistiky popisuje konkrétní případy dvou pacientek, jež v těhotenství podstoupily CT vyšetření břicha na vybraném radiodiagnostickém pracovišti v období 2017-2022. Každá kazuistika obsahuje informace týkající se indikace k vyšetření pacientky, vypočítanou dávku na plod a závěr vyšetření.

5.2.1 Kazuistika č.1

Věk: 35 let

Osobní anamnéza: Pacientka je ve stavu po resekci rektosigmatu z důvodu endometriózy, během které byla založena ileostomie. V následující operaci proběhla resekce ileostomie a obnova kontinuity ilea pomocí anastomózy end-to-end (propojením dvou úseků ilea). Pacientka byla v den vyšetření

ve třetím dni šestého týdnu těhotenství, o kterém se v den vyšetření nevědělo. K lékaři přichází pro nepravidelné bolesti břicha, pacientka udává, že má spíše průjmovou stolicí.

Vyšetření: CT břicha postkontrastní

Závěr: Nalezeno malé množství tekutiny v dutině břišní, jinak přiměřený CT nález.

Po zjištění, že pacientka je těhotná, zažádal odesílající lékař o výpočet dávky na plod. Radiologický fyzik stanovil dávku na plod 6 mGy, což je dávka nízká. Pacientka nemusí mít obavy, že by provedené vyšetření mělo vliv na vývoj plodu.

5.2.2 Kazuistika č.2

Věk: 30 let

Osobní anamnéza: Pacientka je po dopravní nehodě s podezřením na poranění hrudníku a nitrobřišních orgánů. V den vyšetření byla pacientka v šestém dnu dvacátého čtvrtého týdnu těhotenství.

Vyšetření: Protokol polytrauma – CT vyšetření krční páteře, hrudníku, břicha a pánve, provedeno postkontrastně.

Závěr: Přiměřený nález, pacientka bez čerstvých traumatických změn.

Vzhledem ke graviditě pacientky bylo vyšetření konzultováno s klinickým lékařem a s vedoucím směny Chirurgické kliniky. Primář radiodiagnostické kliniky vybrané nemocnice zažádal následující den o stanovení dávky na plod. Na základě poskytnutých informací o průběhu vyšetření a o pacientce stanovil radiologický fyzik dávku na plod 20 mGy. Jelikož tato dávka nepřesahuje 50 mGy, jedná se o dávku zanedbatelnou a nehrozí poškození plodu.

6 DISKUZE

V první polovině praktické části bakalářské práce jsem se zabývala analýzou dat na vybraném pracovišti, která jsem získala sběrem dat ze systému PACS.

6.1 Sběr dat na vybraném radiodiagnostickém pracovišti

V této kapitole praktické části se zabývám vybranými daty o počtu CT vyšetření žen a mužů ve fertilním věku. Data se pohybují v rozmezí let 2017-2022.

Počet CT vyšetření

Z obrázku 5 jsme zjistili, že celkový počet vyšetření v průběhu let postupně roste. Bylo tomu tak zejména u vyšetření hlavy, hrudníku a břicha. Pokud se např. podíváme na vyšetření hlavy v roce 2017 a 2022, u mužů stoupl jejich počet o 22 % a u žen o 28 %. Když svá data porovnám s údaji z ÚZIS (Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR) v tabulce 5, je patrné, že celkový počet vyšetření CT v České republice stoupá. Tyto údaje jsou ve shodě s mými výsledky.

Tabulka 5 – Počet vyšetřených pacientů pomocí CT přístroje v ČR za jednotlivé roky [41]

Rok	Počet vyšetření
2010	916 121
2011	931 188
2012	960 797
2013	989 259
2014	1 021 685
2015	1 054 110
2016	1 106 919
2017	1 101 363
2018	1 134 265
2019	1 162 949
2020	1 115 149

Porovná-li počet CT vyšetření v České republice s počtem vyšetření ze zahraniční práce [42] v tabulce 6, mohu potvrdit, že počet CT vyšetření v obou zemích stoupá i přesto, že tabulky zobrazují odlišné desetileté období.

Tabulka 6 - Popis vyšetřených pacientů pomocí CT přístroje v Anglii za jednotlivé roky [42]

Rok	Počet vyšetření
2003	1 992 826
2004	2 141 652
2005	2 481 571
2006	2 728 119
2007	3 044 516
2008	3 355 161
2009	3 719 089
2010	3 986 831
2011	4 381 226
2012	4 722 923
2013	5 193 233

Pohlaví

Ačkoliv je bakalářská práce zaměřena na fertilní ženy, data se věnují i mužům. Je to z důvodu, abychom byli schopni porovnat faktory ovlivňující data týkající se vyšetření žen.

Z obrázku 5 vyplývá, že CT vyšetření podstupuje více mužů než žen. Nejčastějším vyšetřením je vyšetření hlavy. Nejběžnějšími indikacemi k vyšetření hlavy jsou úrazy, které se v zásadě vždy posílají na CT vyšetření jakožto hlavní zobrazovací metodu. Vybrané radiodiagnostické pracoviště také slouží jako traumacentrum, takže se tam oproti jinému pracovišti může vyšetřovat více úrazů. Mou vlastní domněnkou je, že muži jsou v některých případech méně opatrnější než ženy, což může ovlivnit větší četnost CT vyšetření u mužů oproti ženám.

Oblast vyšetření

Z obrázku 5 lze vidět, že nejčastěji vyšetřovanou oblastí žen i mužů je hlava. Podobnou statistiku zpracovali autoři zahraničního článku [43], kteří zaznamenávali nejčastější vyšetřované oblasti na CT přístroji v několika nemocnicích. Jejich výsledky udávají, že vyšetření hlavy je nejčastější. Na druhém místě je břicho, na třetím místě intervenční výkony a na čtvrtém místě je vyšetření hrudníku. Data se shodují v tom, že nejčastěji prováděným vyšetřením je hlava. To je ve článku odůvodněno tím, že CT vyšetření hlavy bývá první volbou při diagnostice naléhavých případů, díky jeho dostupnosti a rychlosti. Shodné výsledky s mými daty se vyskytují také v případě vyšetření břicha. Zahraniční studie neobsahuje samostatné vyšetření pánve a polytraumat, takže ty nelze porovnat.

Z obrázku 5 taktéž plyne, že druhé nejčastější vyšetření je břicho. To zahrnuje vyšetření orgánů dutiny břišní a retroperitonea. Časté indikace k vyšetření břicha jsou akutní stavy, např. náhlá příhoda břišní, abscesy, pankreatitida a hernie. To může mít za příčinu vysoký podíl počtu vyšetření břicha. U žen také slouží k diagnostice onemocnění dělohy a vaječníků [44].

Z obrázku 5 lze rovněž zjistit, že nejčastější vyšetření fertálních žen je hlava, a na druhém místě je břicho. Oproti mužům je však rozdíl mezi počty těchto vyšetření výrazně menší. V tabulce 7 jsou vypočítané hodnoty průměrného počtu vyšetření hlavy a břicha na základě dat z tabulky 3 a rozdíly mezi těmito vyšetřeními vyjádřené v procentech.

Tabulka 7 - Průměrný počet CT vyšetření hlavy a břicha

Pohlaví	Oblast vyšetření		Rozdíl [%]
	Hlava	Břicho	
Muži	1222	668	45
Ženy	798	610	24

Z tabulky 7 vyplývá, že rozdíl mezi počtem vyšetření hlavy a břicha u mužů je téměř dvakrát větší než u žen.

Mým předpokladem bylo, že v letech 2020 a 2021, kdy došlo k celosvětové pandemii onemocnění Covid-19, dojde k výkyvům v počtu vyšetření daných oblastí. Covid-19 je respirační onemocnění [45]. Proto jsem očekávala nárůst CT vyšetření hrudníku a útlum ostatních vyšetření v letech 2020 a 2021. Z obrázku 5 však lze vidět, že k žádnému výkyvu nedošlo. Během pandemie se na vybraném radiologickém pracovišti prováděly vyšetření pacientů s onemocněním Covid-19 primárně na jednom CT přístroji, a na druhém CT přístroji probíhal akutní provoz. Během tohoto období 2020-2021 byly v určité míře omezeny intervenční vyšetření, jejichž pokles nelze zhodnotit, jelikož se jimi můj výzkum nezabývá. Intervenční výkony jsou časově náročnější [17]. Pokud tato časově náročnější vyšetření nahradíme akutními vyšetřeními s kratší vyšetřovací dobou, může se případně zvýšit kapacita daného CT přístroje.

V rámci obrázku 5 lze vidět, že vyšetření pánve jsou nejméně vyšetřovanou oblastí. Vyšetření pánve je nutné zmínit z důvodu, že se v této oblasti nachází ženské pohlavní orgány. Důvodem menšího počtu vyšetření oproti břichu je ten, že vyšetření pánve je na radiodiagnostickém pracovišti, kde jsem data sbírala, součástí vyšetřovacího protokolu břicha. Jaký protokol se použije záleží na lékaři, který zažádal o vyšetření a na volbě radiologického asistenta.

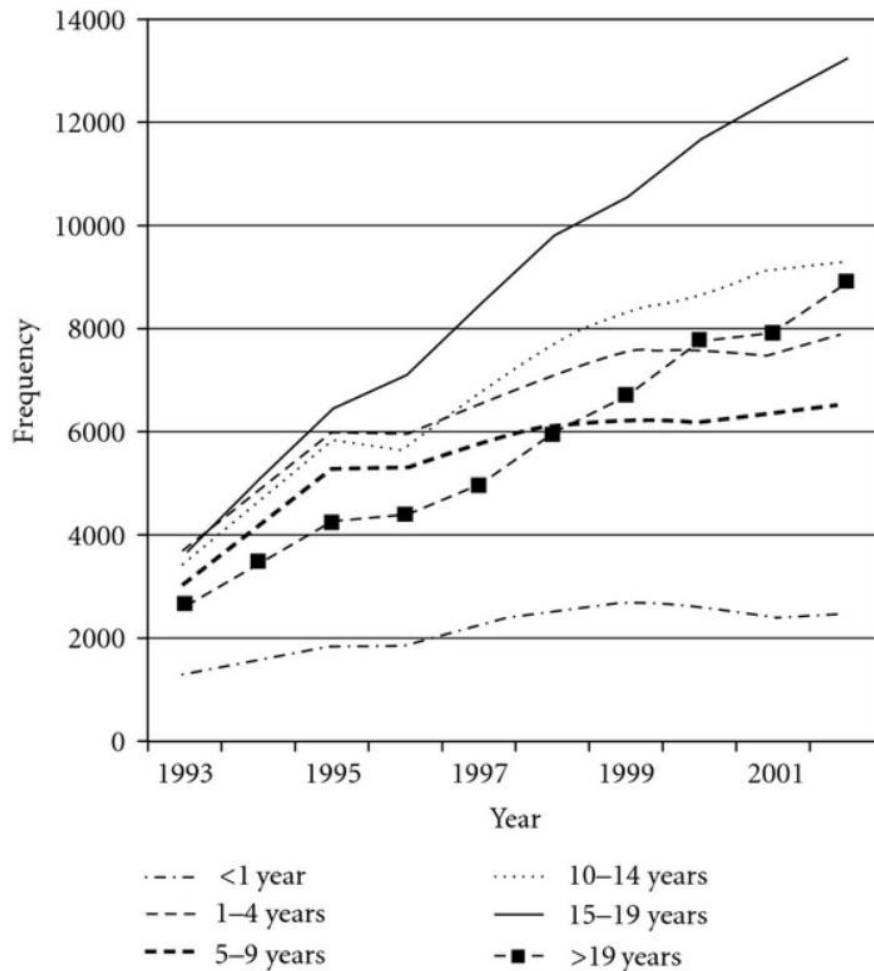
Počet vyšetření pro polytrauma jsem zvolila z důvodu, že se ve většině případů jedná o nezbytné vyšetření potřebné k diagnóze traumatu. Z toho důvodu se může stát, že se pomocí CT vyšetří i těhotné ženy, a přínos vyšetření je výrazně vyšší než jeho rizika. Z obrázku 5 plyne, že v průběhu

sledovaných pěti let nedošlo k nárůstu ani poklesu počtu polytraumatických vyšetření. To lze odůvodnit tak, že výskyt polytraumat vzniká náhodně, a nelze jej předpovědět. Z obrázku 5 však vyplývá, že muži jsou s polytraumatem vyšetřováni častěji než ženy. Autor bakalářské práce [46] zabývající se polytraumaty ve své práci uvádí, že počet mužů s polytraumatem byl průměrně trojnásobně vyšší než žen. Vypočítáme-li z tabulky 3 průměrný počet mužů a žen vyšetřovaných pro polytrauma, dojdeme k výsledku, že mužů bylo vyšetřeno průměrně 334 ročně a žen 130. To je téměř trojnásobně více mužů než žen, což se shoduje s údaji autora bakalářské práce.

Věk

Na obrázku 6 jsou znázorněny počty vyšetření různých věkových kategorií. Kategorii 15-17 let jsem zvolila z důvodu, že se stále jedná o nezletilé pacienty, kteří mají jiná pravidla a postupy během lékařského ozáření. Vyšetření nezletilého pacienta pomocí lékařského ozáření může být provedeno pouze s použitím vhodných zdravotnických prostředků a postupů určených pro tuto skupinu pacientů [47]. Vzhledem ke stejné velikosti skupin budeme kategorii 15-17 let porovnávat se skupinou 18-20 let.

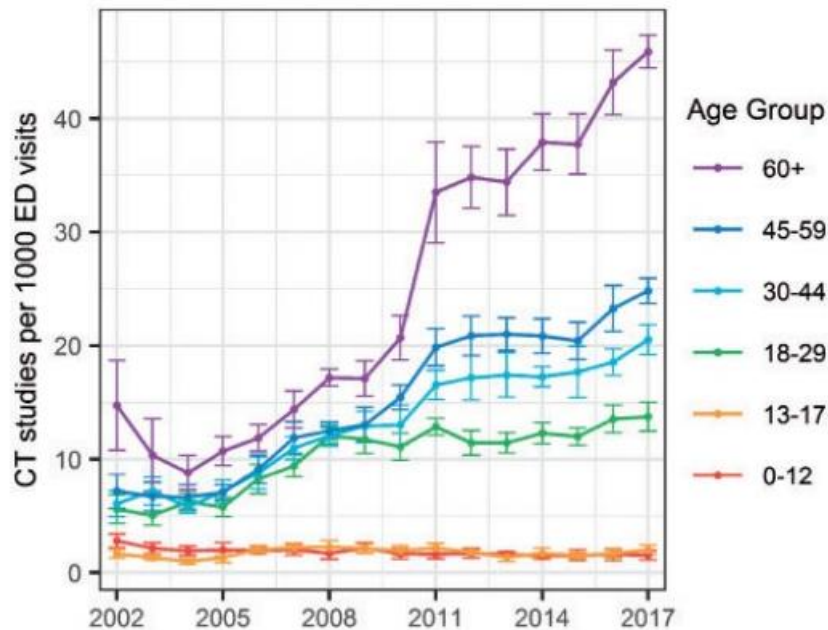
Z obrázku 6 vyplývá, že skupina 15-17 let podstupuje minimum vyšetření, zatímco u skupiny 18-20 již vidíme značný nárůst. Autoři studie [48] zkoumali počet CT vyšetření pacientů mladších 22 let v letech 1993-2002. Jejich výsledek je znázorněn na obrázku 9.



Obrázek 9 - Počet CT vyšetření pacientů mladších 22 let [48]

Z obrázku 9 vyplývá, že skupina 15-19 let je vyšetřována více než skupina starší 19 let, tedy 20-22 let. Jelikož se výzkum zabírá delším časovým obdobím, nelze výsledky porovnat přímo. Data ze zahraniční studie udávají, že počet vyšetření u starších 19 let klesl. Jedná se však o výzkum na více pracovištích, zatímco můj výzkum proběhl na jednom, kde není dětské oddělení, takže se tam nemusí být velký důraz na vyšetřování nezletilých pacientů.

Další věkové kategorie, které porovnáme jsou 21-30 let a 31-40 let. Z obrázku 6 plyne, že skupina 31-40 let je vyšetřována častěji. Tato data jsem porovнала s daty z anglické studie [49], jejíž graf je zobrazen na obrázku 10. Věkové skupiny jsou odlišné, ale data se shodují z toho hlediska, že s vyšším věkem stoupá počet vyšetření.



Obrázek 10 - Počet CT vyšetření na 1000 pohotovostních vyšetření dle věkové kategorie [49]

Diagnóza

Na obrázku 7 jsou zobrazeny nejčastěji indikované diagnózy fertálních žen při CT vyšetření břicha v roce 2022. Z obrázku je zřejmé, že nejčastější diagnózou je břišní bolest. Má domněnka je, že tyto diagnózy se vyskytují často z důvodu, že pacient přijde k lékaři s neurčenou bolestí, kterou nelze jinak specificky diagnostikovat bez zobrazovacích vyšetření a poté se dospěje k diagnóze, co bolest způsobilo.

Podle obrázku 7 jsou druhou nejčastější diagnózou nemoci ledvin. V této skupině se vyskytují urolitiázy, záněty močových cest a novotvary močových cest. Důvodem spojení těchto diagnóz do jedné skupiny bylo,

že se každá zaměřuje na jinou oblast močové soustavy. Např. pod diagnózu urolitiáza spadají podobné diagnostické podkategorie jako jsou nefrolitiáza, kámen v ureteru nebo kámen ledviny s kamenem močovodu. Z důvodu podobnosti těchto diagnóz jsem se rozhodla je spojit, což je umístilo na druhou nejčastěji indikovanou diagnózu.

Dále lze z obrázku 7 zjistit, že hojně zastoupenou skupinou jsou nádorová onemocnění. Má domněnka je, že velký počet vyšetření pro nádorová onemocnění plyne z faktu, že tato vyšetření není vhodné odkládat. Nejčastěji vyšetřovaným nádorovým onemocněním je melanom. Během sběru dat o diagnózách v DICOM jsem zjistila, že pacienti s melanomy chodí na CT, ale i MR vyšetření častěji než pacienti s ostatními nádorovými onemocněními. Klinický souhrn ohledně diagnostiky a léčby maligního melanomu udává, že CT vyšetření je dnes standardní diagnostickou metodou u metastazujících maligních melanomů od stadia III a výše [50]. Z tohoto však nevyplývá, že melanom je nejčastější nádorové onemocnění u žen. Nejčastější nádorové onemocnění postihující ženy je karcinom prsu [51]. Na základě mých dat z obrázku 7 vyplývá, že se kontrola rozsahu onemocnění melanomem provádí pomocí CT vyšetření častěji než u vyšetření pro nádorové onemocnění prsu.

Obrázek 8 obsahuje nejčastěji indikované diagnózy fertálních žen k CT vyšetření pánve za rok 2022. Porovnáme-li tato data s obrázkem 7, je patrné, že vyšetření pánve obsahuje značně méně diagnóz. Prvním důvodem může být fakt, že vyšetření břicha má větší zájmovou oblast, tedy vyšetřuje se více orgánů než u pánve. Dalším faktorem je, že se pánev často vyšetřuje společně s břichem. Oba obrázky však obsahují údaje o rakovině dělohy, vaječníků a nemocích ledvin. Na radiodiagnostickém pracovišti se totiž nachází více druhů vyšetřovacích protokolů, a záleží na odesílajícím lékaři a radiologickém asistentovi, jestli zvolí pouze vyšetření pánve nebo břicha.

6.2 Kazuistiky

V druhé polovině praktické části jsem zvolila případovou studii. Kazuistiky jsem vybrala ve spolupráci s vedoucím radiologickým asistentem vybraného pracoviště. Kritérium pro volbu kazuistik bylo, aby se nejednalo o stejné či podobné případy. Obě kazuistiky pracují s výpočtem dávky na plod, první však zahrnuje celou dělohu z důvodu rané fáze těhotenství.

Závěrem první kazuistiky bylo, že výsledná dávka na plod (dělohu) byla 6 mGy. Hraniční dávka, která nesmí být překročena je 100 mGy. Závěrem tedy je, že plod obdržel 6 % maximální možné dávky.

V druhé kazuistice se dospělo k závěrečné dávce na plod 20 mGy. V tomto případě se jednalo o polytraumatický vyšetřovací protokol, který se skládá z vyšetření hlavy a krku, poté protokolu hrudníku, břicha a pánve. Nelze tedy stanovit průměrnou dávku vyšetření, jelikož se jedná o několik protokolů v jednom, a na základě zranění se ne vždy provádí všechny. Závěr této kazuistiky je, že plod obdržel 20 % z maximální dávky, kterou mohl obdržet.

7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabývala vyšetřováním fertálních a těhotných žen na CT se zaměřením na nejčastěji prováděná vyšetření za roky 2017-2022 na vybraném pracovišti radiodiagnostiky.

V teoretické části bakalářské práce jsou popsány vybrané zobrazovací modality, ionizující záření, lékařské ozáření fertálních a těhotných žen a účinky ionizujícího záření na plod. Dále jsou zde uvedeny základní legislativní dokumenty, týkající se práce s ionizujícím zářením a vyšetření fertálních či těhotných žen. Nakonec je v teoretické části popsána úloha radiologického asistenta při komunikaci během CT vyšetření fertální či těhotné ženy.

V praktické části bakalářské práce jsou popsána data o pacientech ve fertálním věku, kteří byli vyšetřeni na CT přístroji, která pak porovnávám s publikacemi. Na základě tohoto srovnání jsem zjistila, že počet provedených CT může případně ovlivnit pohlaví a věk pacienta.

Druhá část praktického úseku popisovala kazuistiky dvou těhotných žen, které podstoupily CT vyšetření, kde hodnotím, jakou část z maximální možné dávky plod v praxi obdržel.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

aj. – a jiné

atd. – a tak dále

ca – karcinom

CT – Computed Tomography

CTA – Computed Tomography Angiography

č. – číslo

DICOM – Digital Imaging and Communication in Medicine

FAST – Focussed Assessment with Sonography for Trauma

HU – Hounsfield unit

ID – Identifier

MR – Magnetic Resonance

např. – například

PACS – Picture Archiving and Communication System

PD – protondenzitní

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

tzv. – tak zvané

ÚZIS – Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Radiologický asistent. In: *Národní soustava povolání* [online]. Ministerstvo práce a sociálních věcí [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://nsp.cz/jednotka-prace/radiologicky-asistent-dc83>
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*. In: . Praha 2: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2016, ročník 2016, částka 2. Dostupné také z: <https://www.crs.cz/media/File/pdf/NRS/StandardyCT.pdf>
- [3] VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.
- [4] Indikace a kontraindikace CT vyšetření. In: *Nemocnice na Homolce* [online]. Praha [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/nase-oddeleni/11635-diagnosticky-program/11635-radiodiagnosticke-oddeleni-rdg/11780-nase-sluzby/11782-ct-vypocetni-pocitacova-tomografie/moznosti-a-indikace-ct-vysetreni/>
- [5] V polovině zemí světa lidská plodnost pozoruhodně klesá, překvapilo vědce. *Česká televize* [online]. 2018, 1 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2652962-v-polovine-zemi-sveta-lidska-plodnost-pozoruhodne-klesa-prekvapilo-vedce>

- [6] Úroveň plodnosti v Česku patřila loni k nejvyšším v EU. In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2023-04-26]. Dostupné z:
<https://www.czso.cz/csu/czso/uroven-plodnosti-v-cesku-patrila-loni-k-nejvyssim-v-eu>
- [7] Obyvatelstvo - roční časové řady. In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2023-04-26]. Dostupné z:
https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo_hu
- [8] DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. 1. vydání. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- [9] SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vyd., zcela přeprac. a rozš., Vyd. 3. české. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0630-X.
- [10] SLEZÁKOVÁ, Lenka, Martina ANDRÉSOVÁ, Petra KADUCHOVÁ, Monika ROUČOVÁ a Eva STAROŠTÍKOVÁ. *Ošetrovatelství v gynekologii a porodnictví*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. Sestra (Grada). ISBN 978-80-271-0214-3.
- [11] DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie: pro předmět Základy anatomie a fyziologie člověka*. 3. přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2111-3.
- [12] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.

- [13] HÁJEK, Zdeněk, Evžen ČECH a Karel MARŠÁL. *Porodnictví*. 3., zcela přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4529-9.
- [14] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.
- [15] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Aplikace ionizujícího záření*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2021. ISBN 978-80-01-06829-8.
- [16] Rentgenka – její stavba a funkce. In: *Lucie Súkupová: Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice, ale i mimo ni, aneb co by Vás mohlo zajímat...* [online]. Institut klinické a experimentální medicíny, Praha, 2011 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/rentgenka-a-produkce-rentgenoveho-zareni/>
- [17] SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
- [18] SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.
- [19] HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.

- [20] MALÍKOVÁ, Hana. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.
- [21] FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.
- [22] NEKULA, Josef. *Radiologie*. 3. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-1011-7.
- [23] *Computed Tomography: From Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT*. 1. vydání. Lübeck: Springer, 2010. ISBN 978-3-642-07257-4.
- [24] Umbilical arterial Doppler assessment. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://radiopaedia.org/articles/umbilical-arterial-doppler-assessment>
- [25] *How Does MRI Work?: An Introduction to the Physics and Function of Magnetic Resonance Imaging*. Second Edition. Zurich: Springer, 2006. ISBN 978-3-540-30067-0.
- [26] Magnetic resonance imaging (MRI). In: *Khan Academy* [online]. [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/physical-processes/proton-nuclear-magnetic-resonance/a/magnetic-resonance-imaging-mri>
- [27] *Zákon č. 263/2016 Sb.: Atomový zákon*. In: . 2016, 102/2016. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263>

- [28] Hodnocení lékařského ozáření. In: *SÚJB: Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. Praha [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/Bulletinlo2021.pdf
- [29] Lékařské ozáření. In: *SÚRO: Státní ústav radiální ochrany, v. v. i.* [online]. Praha [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/lekarske>
- [30] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2022. ISBN 978-80-01-06971-4.
- [31] Dávky na plod při radiodiagnostických vyšetřeních (1). In: *Lucie Súkupová* [online]. Praha, 2012 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/davky-na-plod-pri-radiodiagnostickych-vysetrenich/>
- [32] Lékařské ozáření v těhotenství. In: *Lucie Súkupová* [online]. Praha [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/lekarske-ozareni-v-tehotenstvi/>
- [33] Dávky na plod při radiodiagnostických vyšetřeních (2). In: *Lucie Súkupová* [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/davky-na-plod-pri-radiodiagnostickych-vysetrenich-2/>

- [34] Odhad dávek na plod z rtg výkonů. In: *Lucie Sůkupová* [online]. Praha [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/odhad-davek-na-plod-z-rtg-vykonu/>
- [35] HOFER, Matthias. *Kurz sonografie*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0956-2.
- [36] BURGHART, Geraldine a Carol FINN. *Handbook of MRI Scanning*. Missouri: Elsevier Mosby, 2011. ISBN 978-0-323-06818-5.
- [37] BRIGHT, Anne. *Planning and positioning in MRI*. 1. vydání. Chatswood: Elsevier, 2011. ISBN 9780729539852.
- [38] *Vyhláška č. 422/2016 Sb.: Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*. In: . 2016, 172/2016. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>
- [39] *Vyhláška č. 410/2012 Sb.: Vyhláška o stanovení pravidel a postupů při lékařském ozáření*. In: . 2012, 150/2012. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-410>
- [40] *Věstník MZ ČR č. 2/2016*. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2016. Dostupné také z: <https://www.crs.cz/media/File/pdf/NRS/StandardyCT.pdf>
- [41] ZDRAVOTNICTVÍ ČR: *Stručný přehled činnosti oboru radiologie a zobrazovací metody za období 2007–2020: NZIS REPORT č. K/19 (08/2021)*. In: *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. Praha

2 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/res/f/008394/nzis-rep-2021-k19-a049-radiologie-a-zobrazovaci-metody-2020.pdf>

- [42] Annual Imaging and Radiodiagnostics Data. In: *NHS England* [online]. Londýn [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.england.nhs.uk/statistics/statistical-work-areas/diagnostics-waiting-times-and-activity/imaging-and-radiodiagnostics-annual-data/>
- [43] ZARB, Frank, Louise RAINFORD a Mark MCENTEE. Frequency of CT Examinations in Malta. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences* [online]. 2011, **42**(1), 4-9 [cit. 2023-05-17]. ISSN 19398654. Dostupné z: doi:10.1016/j.jmir.2010.11.003
- [44] CT vyšetření. In: *ALTOA: Premium Healthcare* [online]. Praha, 2014 [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://altoa.cz/ct-vysetreni>
- [45] VAN DOREMALEN, Neeltje, Trenton BUSHMAKER, Dylan MORRIS et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine* [online]. 2020, **382**(16), 1564-1567 [cit. 2023-05-18]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMc2004973
- [46] HOTAŘ, Michal. *Ošetřování Polytraumatizovaných Pacientů Posádkami Zdravotnické Záchrané Služby Jihomoravského Kraje*. Praha, 2020. Bakalářská práce. Vysoká škola zdravotnická, o. p. s. Vedoucí práce PhDr. Mgr. et Bc. Josef Taybner.

- [47] 410/2012 Sb. Vyhláška o stanovení pravidel a postupů při lékařském ozáření § 7. In: *Zákony pro lidi* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010-2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-410#p7>
- [48] PEARCE, Mark, Jane SALOTTI, Nicola HOWE et al. CT Scans in Young People in Great Britain: Temporal and Descriptive Patterns, 1993–2002. *Radiology Research and Practice* [online]. 2012, 8 [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/rrp/2012/594278/>
- [49] JULIUSSON, Gunnar, Birna THORVALDSDOTTIR, Jon KRISTJANSSON a Petur HANNESSON. Diagnostic imaging trends in the emergency department: an extensive single-center experience. *Acta Radiologica Open* [online]. 2019, 8(7) [cit. 2023-05-17]. ISSN 2058-4601. Dostupné z: [doi:10.1177/2058460119860404](https://doi.org/10.1177/2058460119860404)
- [50] Maligní melanom – diagnostika a léčba: Klinický souhrn. In: *Národní portál klinických doporučených postupů* [online]. Praha: ÚZIS ČR [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://kdp.uzis.cz/res/guideline/36-maligni-melanom-souhrn.pdf>
- [51] Den boje proti rakovině a statistiky ÚZIS ČR. In: *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. Praha 2 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=aktuality&aid=8466>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Schéma rentgenky [16].....	15
Obrázek 2 - Dopplerovský ultrazvukový snímek plodu [24]	23
Obrázek 3 - Protony vodíku v klidovém stavu a v podélné magnetizaci [26]25	
Obrázek 4 - Spektrum brzdného a charakteristického záření [14].....	30
Obrázek 5 - Počet CT vyšetření podle vyšetřovaných oblastí v jednotlivých letech.....	40
Obrázek 6 - Počet CT vyšetření v letech 2017-2022 podle věkových kategorií	42
Obrázek 7 - Nejčastěji indikované diagnózy fertálních žen k CT vyšetření břicha za rok 2022.....	44
Obrázek 8 - Nejčastěji indikované diagnózy fertálních žen k CT vyšetření pánve za rok 2022	45
Obrázek 9 - Počet CT vyšetření pacientů mladších 22 let [48]	52
Obrázek 10 - Počet CT vyšetření na 1000 pohotovostních vyšetření dle věkové kategorie [49]	53

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Plodnost v Československu a Česku mezi lety 1980-2022 [7].....	11
Tabulka 2 - Density vybraných tkání [21].....	18
Tabulka 3 - Počet CT vyšetření daných oblastí za roky 2017-2022	41
Tabulka 4 - Počet CT vyšetření v letech 2017-2022 podle věkových kategorií	43
Tabulka 5 – Počet vyšetřených pacientů pomocí CT přístroje v ČR za jednotlivé roky [41].....	47
Tabulka 6 - Popis vyšetřených pacientů pomocí CT přístroje v Anglii za jednotlivé roky [42].....	48
Tabulka 7 - Průměrný počet CT vyšetření hlavy a břicha	49

12 SEZNAM PŘÍLOH