



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Nejčastější příčiny opakování zobrazovacích vyšetření  
na radiodiagnostickém oddělení**

**The Most Frequent Reasons For Repeat Imaging Examinations  
at the Radiodiagnostic Department**

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví  
Studijní obor: Radiologický asistent

Vedoucí práce: Ing. Jana Hudzietzová

**Lukáš Klinkáček**

---

**Kladno, květen 2019**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Klinkáček** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **456638**  
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:

**Nejčastější příčiny opakování zobrazovacích vyšetření na radiodiagnostickém oddělení**

Název bakalářské práce anglicky:

**The Most Frequent Reasons For Repeat Imaging Examinations at the Radiodiagnostic Department**

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude problematika nejčastějších příčin opakování vyšetření na radiodiagnostickém oddělení. Práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se bude zabývat obecnou problematikou radiační ochrany na radiodiagnostických pracovištích a popisem vybraných radiodiagnostických zobrazovacích metod. V praktické části student popíše obecně technické a organizační podmínky na vybraných radiodiagnostických pracovištích a provede vlastní sběr dat za účelem zjištění nejčastějších příčin opakování vyšetření z konkrétních zobrazovacích modalit na vybraných radiodiagnostických pracovištích.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SÚKUPOVÁ, Lucie, Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi, Praha: Grada Publishing, 2018, ISBN 978-80-271-0709-4
- [2] SEIDL, Zdeněk, Radiologie pro studium i praxi, Praha: Grada, 2012, ISBN 978-80-247-4108-6
- [3] VOMÁČKA, Jaroslav, Zobrazovací metody pro radiologické asistenty, ed. 2., Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, ISBN 978-80-244-4508-3

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Jana Hudzietzová**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

**Mgr. Ondřej Krahula, MBA**

Datum zadání bakalářské práce: **18.02.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

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

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

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Nejčastější příčiny opakování vyšetření na radiodiagnostickém oddělení vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 16.05.2019

.....  
podpis

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Janě Hudzietzové za cenné rady, ochotu a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Ondřeji Krahulovi, MBA za poskytnutí konzultací, materiálů a cenných připomínek, vedoucím radiologickým asistentům nemocnic, ve kterých jsem prováděl sběr dat a všem radiologickým asistentům, kteří mi pomáhali se sběrem dat vyplňováním dotazníků.

## Abstrakt

Ve své bakalářské práci jsem se věnoval zjišťování nejčastějších příčin opakovaní vyšetření na skiografii a výpočetní tomografii, neboť právě tyto dvě modalities patří v radiodiagnostice mezi nejvíce využívané.

V teoretické části práce jsem se zabýval vlastnostmi rentgenového záření a jeho vznikem, radiační ochranou a principy vybraných radiodiagnostických zobrazovacích metod.

V praktické části práce jsem zjišťoval příčiny opakovaných vyšetření na uvedených modalitách. Za tímto účelem jsem vypracoval dotazníky, které sloužily k zaznamenávání opakovaných vyšetření. Dotazníky jsem následně distribuoval na radiodiagnostická pracoviště tří vybraných nemocnic. V dotaznících jsem kromě samotných příčin opakovaní vyšetření sledoval také jejich další parametry. Získaná data jsem zpracoval formou grafů a tabulek. Dále jsem použil data poskytnutá pracovišti, která zahrnují období několika let a vybrané kazuistiky opakovaných CT vyšetření.

## Klíčová slova

Příčiny opakovaných CT vyšetření; příčiny opakovaných snímků na skiografii; radiodiagnostika; radiační ochrana; zobrazovací metody.

## Abstract

In my bachelor thesis I aimed at finding the most frequent causes of why the examinations on skiagraphy and computation tomography are being repeated. As a matter of fact, just these two modalities are the most widely used ones within the radiodiagnostics.

In the theoretical part of my thesis I addressed the radiographic radiation properties and X-ray production, radiation protection and the principles of selected radiodiagnostic display methods.

In the practical part of my thesis I focused on finding out the causes of repeated examinations at the aforementioned modalities. For this purpose, I developed the questionnaires which were then applied for recording the repeated examinations. Subsequently I distributed these questionnaires within the radiodiagnostic workplaces of three hospitals that I chose. In the questionnaires, aside from the causes of the repeated examinations themselves, I followed their other parametres as well. I then processed the acquired data in the form of charts and tables. In additon I applied the data provided by the workplaces. These data encompass the period of several years and include selected cases of repeated CT examinations.

## Keywords

Causes of repeated CT examinations; causes of repeated skiagraphs; radiodiagnostics; radiation protection; imaging metods.

## Obsah

1	Úvod .....	10
2	Teoretická část .....	11
2.1	Vlastnosti RTG záření.....	11
2.2	Radiační ochrana .....	12
2.2.1	Principy radiační ochrany .....	14
2.2.2	Technické principy ochrany před zevním ozářením .....	16
2.2.3	Sledované a kontrolované pásmo .....	18
2.2.4	Stochastické a deterministické účinky ionizujícího záření.....	20
2.3	Radiační ochrana na radiodiagnostických pracovištích .....	21
2.3.1	Radiační ochrana pacientů.....	21
2.3.2	Radiační ochrana personálu na skiografii a CT .....	22
2.3.3	Radiační ochrana personálu při skiaskopii .....	23
2.3.4	Klasifikace radiologických událostí.....	23
2.4	Princip vzniku RTG záření.....	24
2.5	Zobrazovací metody.....	25
2.6	Skiografie .....	26
2.7	Výpočetní tomografie.....	27
2.7.1	Historie CT .....	27
2.7.2	Generace CT přístrojů.....	27
2.7.3	Princip výpočetní tomografie .....	30
2.8	Kontrastní látky .....	31
2.9	Další radiodiagnostické zobrazovací modality .....	31
2.10	Příčiny opakování vyšetření.....	32

3	Cíl práce.....	33
4	Metodika .....	34
4.1.1	Nemocnice A.....	36
4.1.2	Nemocnice B .....	36
4.1.3	Nemocnice C.....	37
5	Výsledky.....	39
5.1	Obecně technické a organizační podmínky na vybraných radiodiagnostických pracovištích .....	39
5.1.1	Nemocnice A.....	39
5.1.2	Nemocnice B .....	40
5.1.3	Nemocnice C.....	41
5.1.4	Přehled vybraných parametrů sledovaných nemocnic .....	43
5.2	Příčiny opakovaných vyšetření .....	44
5.2.1	Nemocnice A.....	44
5.2.2	Nemocnice B .....	57
5.2.3	Nemocnice C.....	60
5.2.4	Souhrnné výsledky z dotazníků na skiografii.....	66
5.2.5	Souhrnné výsledky CT .....	69
6	Diskuse .....	70
6.1	Příčiny opakovaných snímků na skiografii .....	70
6.2	Příčiny opakovaných CT vyšetření.....	73
7	Závěr .....	75
8	Seznam použitých zkratk.....	76
9	Seznam použité literatury.....	77
10	Seznam použitých obrázků .....	81



11	Seznam použitých grafů.....	82
12	Seznam použitých tabulek.....	83
13	Seznam příloh.....	84
14	Přílohy.....	85

# 1 ÚVOD

Od objevu rentgenových paprsků, který učinil na konci 19. století Wilhelm Conrad Röntgen a následného sestrojení prvního rentgenového přístroje došlo k velkému rozvoji zcela nového oboru radiodiagnostiky. Postupem času byly rentgenové přístroje a vyšetřovací postupy zdokonalovány tak, aby radiační zátěž pacientů i personálu byla co nejnižší a zároveň byla vypovídající hodnota vyšetření co nejvyšší.

Dnes již mezi radiodiagnostické zobrazovací modalitty nepatří pouze konvenční snímkování a skiaskopie, ale i výpočetní tomografie (CT), digitální substrakční angiografie a řada dalších diagnostických metod.

Při těchto vyšetřeních se využívá ionizující záření, je proto nezbytné jejich použití zdůvodnit přínosem pro pacienta. Stává se, že je potřeba vyšetření opakovat, což má za následek zvýšení radiační zátěže. Je tedy vhodné zabývat se příčinami těchto opakovaných vyšetření a snažit se jejich počet eliminovat.

V této bakalářské práci se zabývám problematikou opakovaných vyšetření u vybraných radiodiagnostických zobrazovacích metod. V teoretické části se věnuji vlastnostem rentgenového záření, radiační ochraně na radiodiagnostickém oddělení a principu vybraných zobrazovacích metod. V praktické části popisují technické a organizační podmínky na vybraných radiodiagnostických pracovištích a zjišťuji příčiny opakovaných vyšetření na skiagrafií a CT.

## **2 TEORETICKÁ ČÁST**

Objevitelem RTG (rentgenového) záření se stal v roce 1895 Wilhelm Conrad Röntgen, který byl v roce 1901 za svůj objev oceněn Nobelovou cenou (1). Díky skutečnosti, že si svůj objev nenechal patentovat, došlo následně k rychlému rozšíření jeho objevu do praxe. Protože zpočátku nebyly známy nežádoucí účinky ionizujícího záření, nepoužívali lékaři ochranné pomůcky, ani nedodržovali pravidla radiační hygieny. V důsledku nerespektování těchto pravidel se u lékařů často vyskytovaly radiační dermatitidy a maligní onemocnění (1).

Vzhledem k tomu, že zpočátku se k zobrazování prošlého rentgenového záření používalo fluorescenční stínítko, byla první rentgenová vyšetření skiaskopická. K velkému rozvoji skiaskopie následně došlo v 60. letech díky objevu Seldingerovy metody zavádění katétrů u angiografických vyšetření (1).

Skiografie, označovaná také jako prosté snímkování, využívala k detekci prošlého RTG záření fotografický film, který se následně vyvolával. Výsledkem skiografie je tedy statický obraz, který znázorňuje negativní zobrazení hustoty tkáně. V současnosti se již fotografické filmy téměř nepoužívají, neboť byly nahrazeny systémy elektronického snímání obrazu s digitalizací (2).

Mezi další významné objevy patří také sestavení prvního CT přístroje v roce 1971 inženýrem Hounsfieldem a magnetické rezonance v osmdesátých letech 20. století (1).

### **2.1 Vlastnosti RTG záření**

RTG záření je pronikavé elektromagnetické X-záření tvořené fotony o energii přibližně 20 až 150 keV. Toto záření vzniká ve speciální elektrone (rentgence) zabrzděním urychlených elektronů na anodě rentgenky. Důležitou vlastností RTG záření využívanou v medicíně je schopnost pronikat tkání. Při průchodu

tkání dochází v závislosti na její hustotě k útlumu záření. V lidském těle je největší útlum záření v kostech, k menšímu útlumu dochází ale i v měkkých tkáních. K nejmenšímu útlumu záření dochází při průchodu vzduchem a tělesnými dutinami (2).

Mezi vlastnosti RTG záření patří:

- luminiscenční efekt;
- fotochemický efekt;
- ionizační efekt;
- biologický efekt.

Z hlediska radiodiagnostiky je z těchto vlastností nejdůležitější schopnost luminiscence, která umožňuje neviditelné RTG záření interakcí s určitými látkami zviditelnit. Z hlediska radiační ochrany a radioterapie je důležitý biologický účinek, neboť působením RTG záření na tkáň dochází ke zničení buněk. V důsledku absorpce ionizujících částic dochází v buňkách ke vzniku vysoce reaktivních negativně nabitých aniontů. Tyto anionty se účastní celé řady chemických reakcí, z nichž některé způsobují změny genetické informace buňky, nebo její smrt. Tento účinek je nežádoucí, jedinou výjimkou je radioterapie, kde se této schopnosti IZ (ionizujícího záření) využívá k destrukci nádorové tkáně (1).

## **2.2 Radiační ochrana**

Dle atomového zákona č. 263/2016 Sb. (3) je radiační ochrana definována jako „systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzické osoby a k ochraně životního prostředí před účinky ionizujícího záření“ (3).

K rozvoji radiační ochrany začalo docházet již krátce po objevu RTG záření. V letech 1911-1914 bylo zaznamenáno 198 nádorových onemocnění u osob pracujících s ionizujícím zářením, z nichž 54 následně na tato onemocnění zemřelo. Následně byla v letech 1920-1940 objevena radiační dermatitida u rentgenologů

a pacientů. Z tohoto důvodu vznikla první doporučení omezující ozáření. Maximální bezpečná dávka byla tehdy stanovena na 0,6 rad týdně na kost a kostní dřev, což odpovídá přibližně 6 mGy za týden. (4) Výzkumy po druhé světové válce, při které byly v Japonsku použity jaderné zbraně, vedly ke stanovení koeficientů rizika pravděpodobnosti smrti a zdravotní újmy. Od 50. let minulého století došlo v důsledku obav z možného použití jaderných zbraní a rozvoji jaderné energetiky k velkému rozvoji radiobiologie a dozimetrie. V 70. a 80. letech minulého století byl učiněn pokrok v objasňování kancerogeneze a genetických poškození v důsledku působení ionizujícího záření a účinky IZ (ionizujícího záření) byly rozděleny na deterministické a stochastické (4).

V současné době je v České republice (ČR) prováděno přibližně 16 milionů rentgenových vyšetření ročně. (5 str. 21) Počet ročně prováděných vyšetření je větší než počet obyvatel ČR. Je proto zřejmé, že radiační ochrana se týká nás všech. Z hlediska radiační ochrany pacientů je kladen velký důraz na řádnou indikaci rentgenových vyšetření a správnou volbu zobrazovacích modalit. Na provádění takto vysokého počtu rentgenových vyšetření se podílí značné množství radiačních pracovníků, mezi které patří radiologičtí asistenti (RA), radiologičtí fyzici, lékaři a řada dalších profesí. Proto je nezbytné se zabývat i radiační ochranou těchto pracovníků tak, aby jejich ozáření bylo co nejmenší. Cílem radiační ochrany je zabránění výskytu deterministických účinků a omezení stochastických účinků na obecně přijatelnou úroveň (5).

Dozor nad radiační ochranou v ČR vykonává Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a z legislativního hlediska je radiační ochrana upravována Atomovým zákonem č. 263/2016 Sb. (3) a vyhláškou o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje č. 422/2016 Sb. (6).

Dlouhodobým vývojem radiační ochrany došlo k formulování několika základních principů radiační ochrany, mezi které patří:

- princip zdůvodnění činnosti;
- princip optimalizace ochrany;
- princip limitování;
- princip zajištění ochrany zdrojů. (4)

### 2.2.1 Principy radiační ochrany

Výše uvedené principy radiační ochrany lze využít k omezení ozáření osob u zdroje záření, v expozičních cestách i u exponovaných osob (4).

Princip zdůvodnění činnosti, nebo zásahu

Tento princip znamená, že každé ozáření v medicíně musí být zdůvodněné a měl by z něj vyplývat přínos pro pacienta tak, aby došlo k vyvážení újmy způsobené pacientovi ozářením. Znamená to tedy, že každé vyšetření využívající ionizující záření by mělo být pro pacienta přínosné. Přínosem pro pacienta může být například diagnostika onemocnění nebo léčba pacientovy nemoci (5).

Princip optimalizace ochrany

Cílem tohoto principu je zajištění, aby velikost dávek, pravděpodobnost ozáření a počet ozářených osob byl s ohledem na současné odborné znalosti, postupy, ekonomické a společenské faktory tak nízký, jak jen je rozumně dosažitelné. Tento princip je také označován zkratkou ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Součástí principu optimalizace je využívání a pravidelná revize diagnostických referenčních úrovní, což jsou úrovně dávek typické pro konkrétní radiologické vyšetření skupiny standartních pacientů s využitím definovaného typu vybavení. Přestože diagnostické referenční úrovně nejsou závazné, slouží jako indikátor míry optimalizace radiační ochrany (5).

## Princip limitování

Princip spočívá v dodržování dávkových limitů, které jsou dány vyhláškou č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje (6).

Dávkové limity jsou stanoveny pro obyvatelstvo (tabulka 1), radiační pracovníky (tabulka 2), studenty a učně (tabulka 3). Dávkové limity pro lékařské ozáření nejsou stanoveny, neboť s ohledem na využívání principů optimalizace radiační ochrany a princip zdůvodnění činnosti, nebo zásahu nejsou limity pro pacienty potřeba (6).

Tabulka 1: Obecné dávkové limity pro obyvatele <sup>(6)</sup>

<b>Obecné limity pro obyvatele</b>	<b>Hodnota limitu [mSv/rok]</b>
Efektivní dávka	1
Ekvivalentní dávka na oční čočku	15
Ekvivalentní dávka na 1 cm <sup>2</sup> kůže	50

Tabulka 2: Dávkové limity pro radiační pracovníky <sup>(6)</sup>

<b>Limity pro radiační pracovníky</b>	<b>Hodnota limitu [mSv]</b>
Součet efektivních dávek za kalendářní rok	20
Nejvyšší efektivní dávka za 5 po sobě jdoucích let	100
Nejvyšší efektivní dávka za kalendářní rok	50
Ekvivalentní dávka na oční čočku za kalendářní rok	50
Ekvivalentní dávka na oční čočku za 5 po sobě jdoucích let	100
Ekvivalentní dávka na 1 cm <sup>2</sup> kůže za kalendářní rok	500
Ekvivalentní dávka na končetiny za kalendářní rok	500

Tabulka 3: Dávkové limity pro studenty a učně <sup>(6)</sup>

<b>Limity pro studenty a učně</b>	<b>Hodnota limitu [mSv/rok]</b>
Efektivní dávka	6
Ekvivalentní dávka na oční čočku	15
Ekvivalentní dávka na 1 cm <sup>2</sup> kůže	150
Ekvivalentní dávka na končetiny za kalendářní rok	150

Princip zajištění ochrany zdrojů

Vzhledem k riziku zneužití aktivních zářičů k teroristickým činům je potřeba zajistit jejich ochranu před přístupem nepovolaných osob (7).

### **2.2.2 Technické principy ochrany před zevním ozářením**

V radiodiagnostice se obvykle využívá RTG záření vznikající v rentgence umístěné uvnitř přístroje (RTG přístroj, CT, ortopanoramatický rentgen atd.). Jedná se tedy z hlediska pacientů a radiačních pracovníků o vnější zdroje ionizujícího záření. K ochraně před ionizujícím zářením lze využít tři fyzikální metody, mezi které patří:

- ochrana časem;
- ochrana vzdáleností;
- ochrana stíněním. (7)

Ochrana časem

Radiační zátěž lze snížit zkrácením času, kterému je osoba vystavena. Snížení radiační zátěže pracovníků lze docílit například střídáním pracovníků na radiačně exponovaných pozicích (7).



Pro celkovou absorbovanou dávku platí vztah:

$$D = \dot{D} \cdot \Delta t$$

kde  $D$  je absorbovaná dávka,  $\dot{D}$  je dávkový příkon a  $\Delta t$  je čas (7).

#### Ochrana vzdáleností

Ochrana vzdáleností spočívá v poklesu dávkového příkonu s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje záření. Ochrana vzdáleností se v radiodiagnostice využívá například při skiagrafii u lůžka, kdy během snímkování radiologický asistent odstoupí dále od přístroje. Ochrana vzdáleností je také řešena při návrhu pracovišť vhodným prostorovým uspořádáním. Při manipulaci s otevřenými zářiči lze zejména v nukleární medicíně využít ochranu vzdáleností tak, že k manipulaci se zářiči používáme manipulátory a pinzety, abychom udrželi zdroje záření dále od těla. Pro ochranu vzdáleností platí následující vztah:

$$\dot{D}_{l_2} = \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 \cdot \dot{D}_{l_1}$$

kde  $\dot{D}_{l_2}$  je dávkový příkon ve vzdálenosti  $l_2$ ,  $l_1$  je vzdálenost 1,  $l_2$  je vzdálenost 2 a  $\dot{D}_{l_1}$  je dávkový příkon ve vzdálenosti 1 (7).

#### Ochrana stíněním

Ochrana stíněním spočívá ve snížení intenzity dávkového příkonu v důsledku řady interakcí, ke kterým dochází během průchodu ionizujícího záření absorbujičím materiálem. Tento způsob ochrany se běžně používá v radiační ochraně pacientů i obsluhujícího personálu. Stínění je nezbytné realizovat z vhodného materiálu v závislosti na druhu záření. Pro stínění fotonového záření používaného v radiodiagnostice slouží materiály s vysokou hustotou a nukleonovým číslem. Používají se například olovo, baryt, železo a řada dalších materiálů, které se využívají v podobě ochranných vest z olověné gumy, dveří

s oloveným plechem, barytových omítek atd. Pro průchod ideálního, tenkého, kolimovaného svazku fotonů absorbujícím materiálem platí exponenciální zákon pro zeslabení intenzity svazku fotonů: (7)

$$\varphi = \varphi_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$$

kde  $\varphi$  je hustota toku prošlých fotonů,  $\varphi_0$  je hustota toku fotonů dopadajících na povrch vrstvy,  $d$  je tloušťka vrstvy v metrech a  $\mu$  je lineární součinitel zeslabení, který je funkcí absorpčního prostředí a energie fotonů (7).

### **2.2.3 Sledované a kontrolované pásmo**

Na pracovištích se zdroji ionizujícího záření se zřizují sledovaná a kontrolovaná pásma. Požadavky na jejich vymezení, označení a dodržování radiační ochrany jsou uvedeny ve vyhlášce č. 422/2016 Sb. (6) o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje (6).

Sledované pásmo

Sledované pásmo se vymezuje na pracovištích, kde lze předpokládat, že efektivní dávka za běžného provozu může být větší než 1 mSv ročně, nebo že ekvivalentní dávka může překročit 1/10 limitu na čočku, kůži, nebo končetiny pro radiačního pracovníka (3). Sledované pásmo musí být označeno tabulkou uvedenou na obrázku 1 s nápisem „sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření“ (6).



Obrázek 1: Sledované pásmo <sup>(8)</sup>

### Kontrolované pásmo

Na pracovištích, na kterých může pracovník obdržet efektivní dávku záření větší než 6 mSv za rok, nebo více než 0,3 limitu ekvivalentní dávky pro oční čočku, kůži a končetiny se zřizuje kontrolované pásmo. Kontrolované pásmo musí být stavebně oddělené a viditelně označené tabulkou uvedenou na obrázku 2 s nápisem „kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán!“ (6), (9).

V kontrolovaném pásmu platí zvláštní režim a smějí se v něm pohybovat pouze:

- radiační pracovníci kategorie A vybavení osobním dozimetrem;
- osoby poučené o případných rizicích a pravidlech chování v kontrolovaném pásmu;
- pacienti;
- studenti připravující se na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření. (1)

Do kontrolovaného pásma nesmí vstupovat těhotné ženy a osoby mladší 18 let. Výjimku tvoří těhotné radiační pracovnice za předpokladu, že celková dávka na plod za celou dobu těhotenství nepřekročí 1 mSv (1).



Obrázek 2: Kontrolované pásmo (8)

#### 2.2.4 Stochastické a deterministické účinky ionizujícího záření

Cílem radiační ochrany je omezení vzniku stochastických účinků na přijatelnou úroveň a zabránění vzniku deterministických účinků (7).

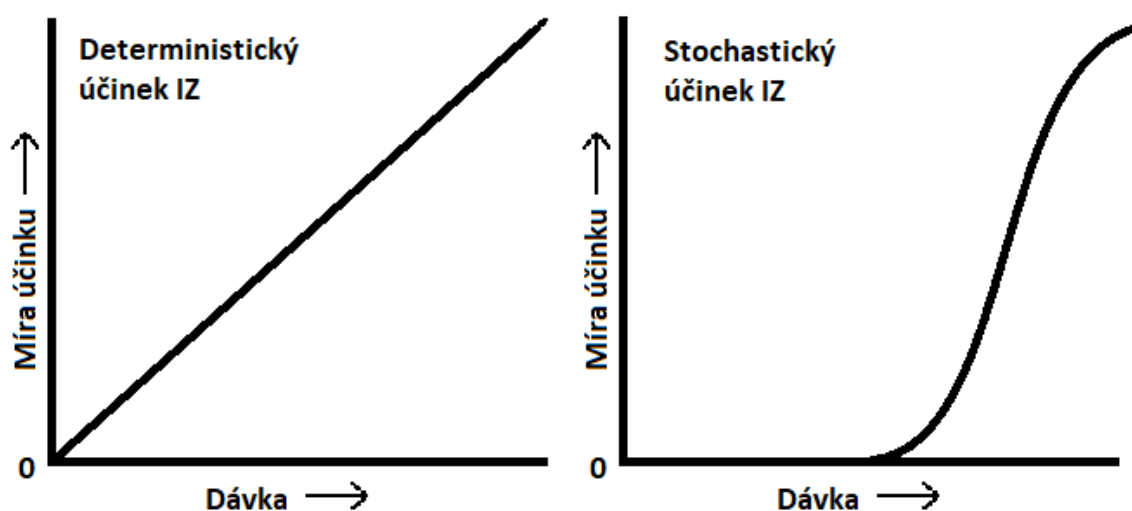
Stochastické účinky ionizujícího záření

Stochastické účinky ionizujícího záření se mohou projevit po značné době od ozáření v důsledku změn v zasažených buňkách. Změněné buňky se mohou působením stochastických účinků proměnit v nádorové a způsobit tak nádorové onemocnění. Díky obranným a reparačním schopnostem buněk je pravděpodobnost projevení stochastických účinků při ozáření malou dávkou nepravděpodobná, nelze je ale vyloučit. Obecně u stochastických účinků platí, že s rostoucí dávkou záření roste i pravděpodobnost vzniku nádorového onemocnění, nikoliv však jeho závažnost. Stochastické účinky záření se mohou projevit také dědičně u potomstva ozářených osob (10).

Deterministické účinky ionizujícího záření

Deterministické účinky ionizujícího záření se vyznačují tím, že se vyskytují při překročení prahové dávky záření 0,7 Gy (11). Projevy deterministických účinků jsou na rozdíl od stochastických přímo závislé na velikosti dávky záření. Porovnání

deterministických a stochastických účinků IZ je znázorněno na obrázku 3. Důsledkem deterministických účinků je akutní nemoc z ozáření, radiační dermatitida, sterilita, šedý zákal (12), (13).



Obrázek 3: Deterministické a stochastické účinky IZ (14)

### 2.3 Radiační ochrana na radiodiagnostických pracovištích

Radiační ochranu na radiodiagnostických pracovištích lze rozdělit na radiační ochranu pacientů a radiačních pracovníků a studentů (5).

#### 2.3.1 Radiační ochrana pacientů

Jak již bylo uvedeno, každé vyšetření, při kterém se používá ionizující záření, musí být v souladu s principem zdůvodněno jeho přínosem pro pacienta. I přes zdůvodnění tohoto vyšetření je nezbytné se zabývat možnostmi eliminace radiační zátěže pacientů. Snaha o minimalizaci radiační zátěže nesmí vést ke snížení vypovídající hodnoty prováděného vyšetření. Mezi účinné způsoby omezení ozáření pacientů patří zejména pečlivá kolimace primárního pole RTG záření a používání ochranného stínění na radiosenzitivní orgány (5).

Snížení radiační zátěže pacientů lze dosáhnout také vhodnou volbou diagnostické metody. Při konvenčním skiagrafickém vyšetření jsou efektivní dávky

nižší než v případě CT vyšetření. Porovnání obvyklých hodnot dávek při vyšetřování stejných částí těla pomocí výpočetní tomografie a skiografie je uvedeno v tabulce 4 (15).

Tabulka 4: Porovnání hodnot efektivních dávek při RTG a CT vyšetření <sup>(15)</sup>

Vyšetřovaná oblast	Efektivní dávka [mSv]	
	Skiografické vyšetření	CT vyšetření
Hrudník	0,02–0,1	5–7
Hlava	0,1	1–2
Pánev	1	3–4
Břicho	1,5	5–7

### 2.3.2 Radiační ochrana personálu na skiografii a CT

Cílem radiační ochrany personálu je minimalizace ozáření radiačních pracovníků. Je proto nutné, aby se radiologičtí asistenti zbytečně nezdržovali na snímkovnách v průběhu snímkování a na CT pracovištích v průběhu vyšetření. Pokud je například u snímkování dětí nutné zajistit asistenci, měl by tak učinit jejich doprovod, který bude řádně poučen o rizicích a vybaven ochrannými prostředky (5).

Pokud je nezbytné, aby se radiologický asistent pohyboval ve snímkovně během snímkování, nebo v CT vyšetřovně v průběhu vyšetření, musí být vybaven ochrannými pomůckami a dozimetrem. V případě skiografie je nutné vybavení ochrannou zástěrou, na CT navíc i límcem pro ochranu štítné žlázy a ochrannými brýlemi. Pro snížení radiační zátěže při CT intervencích je také vhodné používat co nejnižší hodnoty proudu rentgenky (5).

### **2.3.3 Radiační ochrana personálu při skiaskopii**

Lékaři provádějící intervenční výkony patří z hlediska radiační ochrany mezi nejvíce exponované, je zvláště důležité zabývat se jejich radiační ochranou. Důležitým parametrem, který ovlivňuje radiační zátěž, je skiaskopický čas. Ten by měl být co nejkratší. Ke snížení radiační zátěže slouží také pulzní režim skiaskopie a samozřejmě by mělo být i používání ochranného stínění (ochranné zástěry a límce na štítnou žlázu, stropní stínění chránící horní polovinu těla lékaře před rozptýleným zářením a stolní stínění, které chrání dolní polovinu těla). RTG přístroj by také měl každých pět minut skiaskopického času zvukově na tuto skutečnost lékaře upozornit (5).

### **2.3.4 Klasifikace radiologických událostí**

Termín radiologická událost je definován v § 60, odstavce č. 2, zákona č. 263/2016 Sb. jako „chybné lékařské ozáření pacienta“. (3) K tomuto nežádoucímu ozáření pacienta může dojít v důsledku selhání technologií, nebo chybou obsluhy. V radiodiagnostice může být radiologickou událostí například záměna pacienta, ozáření nesprávné části těla, ozáření plodu těhotné ženy přímým svazkem, případně vznik tkáňových reakcí v důsledku nesprávně provedeného intervenčního zákroku (16).

Podle závažnosti jsou radiologické události rozděleny do tří kategorií, které jsou označeny písmeny A, B a C. Každá radiologická událost kategorie A a B musí být nahlášena Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost. Událost kategorie A musí být nahlášena neprodleně po jejím zaznamenání, událost kategorie B musí být nahlášena nejpozději do tří měsíců. Záznamy o mimořádných událostech musí být archivovány po dobu deseti let od jejich zjištění (6).

Za radiologickou událost kategorie A je dle přílohy 23 vyhlášky č. 422/2016 Sb. v radiodiagnostice považována událost, při které je  $C_{VOL} > 10$  Gy ( $C_{VOL}$  je objemový kermový index výpočetní tomografie, Gy je jednotka gray). V případě, že bylo

$C_{VOL} > 3$  Gy, ale oko nebylo v primárním svazku záření, nebo bylo  $C_{VOL} > 0,5$  Gy, jedná se o radiologickou událost kategorie B. Do kategorie C patří všechny ostatní radiologické události mimo výše uvedené. Jedná se například o záměnu pacienta, záměnu vyšetřované oblasti, nebo opakované vyšetření (6).

V případě, že se radiologická událost kategorie C na výpočetní tomografii vyskytne častěji, než u 20 pacientů za měsíc, mění se klasifikace z kategorie C na kategorii A. Vyskytne-li se událost kategorie C u více než 10 pacientů za měsíc, mění se klasifikace na kategorii B. Vyskytne-li se na CT radiologická událost kategorie B u více než 10 pacientů za měsíc, mění se klasifikace na mimořádnou událost kategorie A (6).

## **2.4 Princip vzniku RTG záření**

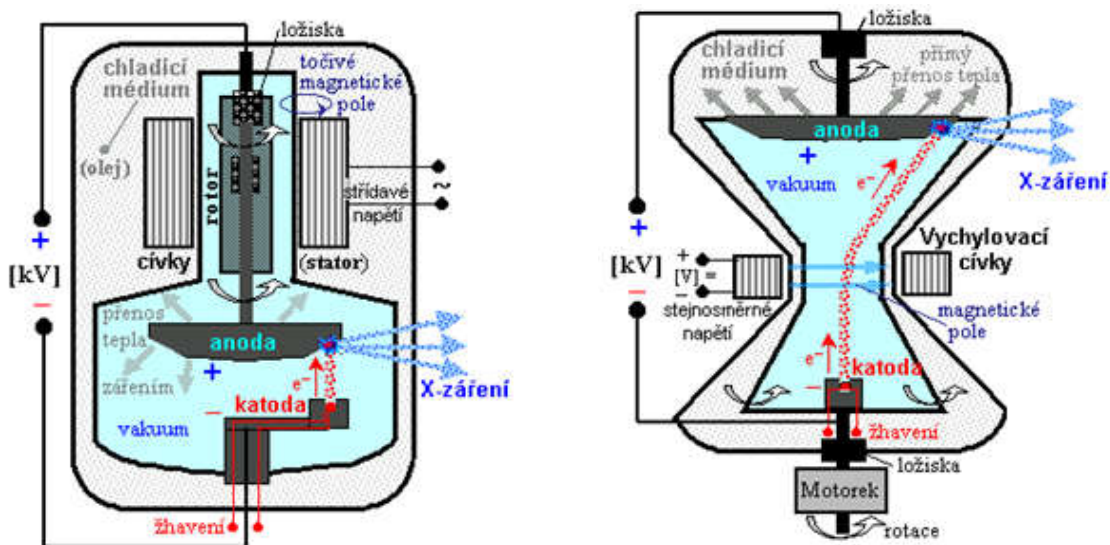
Rentgenové záření využívané v radiodiagnostických zobrazovacích přístrojích vzniká ve speciální vakuové elektronce, rentgence. Rentgenka je tvořena vakuovanou skleněnou nádobou, uvnitř které se nacházejí dvě elektrody, katoda a anoda. Katoda je tvořená spirálou, která je žhavena na vysokou teplotu okolo  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a kovovým válcem, který emitované elektrony odpuzuje a zároveň směřuje na ohnisko anody. Žhavicí spirála katody bývá obvykle vyrobená z wolframu, kovový válec pak vyrobený z molybdenu. Z katody jsou v závislosti na teplotě emitovány elektrony, které jsou působením vysokého napětí mezi elektrodami urychlovány směrem k anodě. Urychlené elektrony dopadají na druhou elektrodu, anodu, kde v důsledku prudkého zabrzdění elektronů vzniká RTG záření a velké množství tepla. Aby se zabránilo přehřívání anody, vyrábí se rentgenky s rotující anodou, kde je díky rotaci této elektrody dosaženo zvětšení elektronového ohniska. Vzhledem tomu, že anoda svírá s centrálním paprskem úhel  $19^{\circ}$ , opouští vzniklé záření rentgenku (7).

Dalším typem rentgenky je rentgenka typu Straton, která se vyznačuje tím, že svazek elektronů urychlovaný mezi katodou a anodou je vychylován pomocí



magnetického pole tvořeného cívkami vně trubice tak, aby dopadal na anodu periferně. Celá rentgenka typu Straton je umístěna v pohyblivém ložisku, které umožňuje rotaci elektronky. Díky tomu, že samotná rentgenka neobsahuje žádné pohyblivé části je zajištěna delší životnost a snadná údržba, neboť ložiska, ve kterých je rentgenka umístěna mohou být snadno udržována (7).

Rozdílná konstrukce rentgenky s rotující anodou a rentgenky typu Straton je znázorněna na obrázku 4.



a) Rentgenka s excentrickou katodou a anodou rotující uvnitř vakuové trubice

b) Rentgenka rotující jako celek s čelní anodou a magnetickým vychylováním elektronového svazku

Obrázek 4: Konstrukce rentgenek <sup>(2)</sup>

## 2.5 Zobrazovací metody

Mezi zobrazovací metody využívající rentgenové zařízení patří:

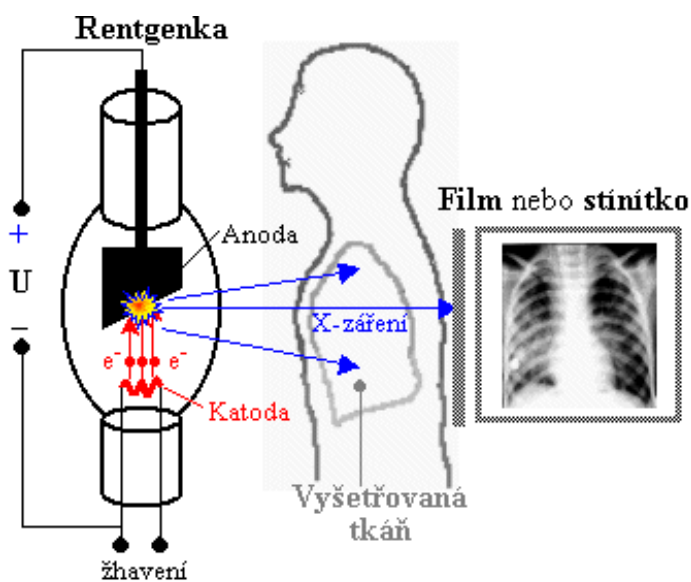
- skiografie;
- skiaskopie;
- výpočetní tomografie;
- RTG kostní denzitometrie;
- RTG mamografie (1).

Rentgenové záření se také využívá při CT u hybridních modalit nukleární medicíny SPECT/CT (jednofotonová emisní tomografie s CT) a PET/CT (pozitronová emisní tomografie s CT). V této práci dále popisuji pouze metody, u kterých jsem následně v praktické části zjišťoval nejčastější příčiny opakování vyšetření.

## 2.6 Skiagrafie

Skiagrafie je radiodiagnostická zobrazovací metoda, při které rentgenové záření vznikající v rentgence prochází pacientem a dopadá na detektor. Jako detektor se v minulosti používal fotografický film, který následně bylo nutné vyvolávat. Jako detektory se v současnosti používají CR kazety (computed radiography) a stále častěji také flat panely, které umožňují přímou digitalizaci získaného obrazu, bez nutnosti vyvolávání filmů (1), (2).

Výsledkem skiagrafie je stálý, negativní, latentní obraz znázorňující rozložení hustoty tkání v odstínech šedi (obrázek 5). Místa s nízkou denzitou tkání jsou na rentgenovém snímku v důsledku nízké absorpce RTG záření tmavá a místa s vysokou denzitou tkání jsou v důsledku vysokého útlumu paprsků záření na snímku světlá (17).



Obrázek 5: Principiální schéma rentgenového zobrazení<sup>(2)</sup>

## **2.7 Výpočetní tomografie**

Výpočetní tomografie je radiodiagnostická zobrazovací metoda, která umožňuje zobrazování 3D (trojrozměrných) objektů, aniž by docházelo k sumaci tkáňových struktur jako v případě konvenčních RTG snímků (5).

### **2.7.1 Historie CT**

Pokusy o rekonstrukci trojrozměrného zobrazení probíhaly již v roce 1917, kdy byla matematikem Johannem Radonem odvozena integrální transformace mezi množinou integrálů přímk a množinou integrálů bodů. Přesto byl první výpočetně tomografický přístroj sestaven až v roce 1972 inženýrem Godfreyem N. Hounsfieldem. Nezávisle na něm objevil výpočetní tomografii také fyzik McLeod Coormack a v roce 1979 za tento objev získali oba Nobelovu cenu (1), (2).

V následujících letech došlo k velkému zdokonalování CT přístroje, což mělo za následek výrazné zkrácení doby vyšetření a zároveň zvýšení rozlišovací schopnosti (1).

### **2.7.2 Generace CT přístrojů**

Z hlediska vývoje konstrukce jsou CT přístroje rozdělovány do 5 generací (1).

CT přístroje 1. generace

Tyto přístroje využívaly rotačně-translačního pohybu. Rentgenové záření vzniklé v rentgence bylo kolimováno do tenkého svazku válcovitého průřezu a dopadalo na jediný detektor, který se nacházel v gantry naproti rentgence, se kterou současně vykonával rotační pohyb. Akviziční čas přístrojů první generace se pohyboval řádově v minutách. (18) (19)

## CT přístroje 2. generace

CT přístroje druhé generace se od přístrojů první generace odlišují využitím více detektorů, které byly upevněny v gantry naproti rentgence a byly uloženy v jedné řadě. Jednotlivé detektory byly umístěny do tvaru kruhové výseče, aby na všechny detektory mohlo současně dopadat RTG záření a docházelo tím k jeho kolimaci do tvaru vějíře. Stejně jako přístroje první generace využívaly i přístroje druhé generace rotačně-translačního pohybu. Výpočetně tomografické přístroje druhé generace umožnily ve srovnání s předchozí generací zkrátit akviziční čas na několik sekund. (18)

## CT přístroje 3. generace

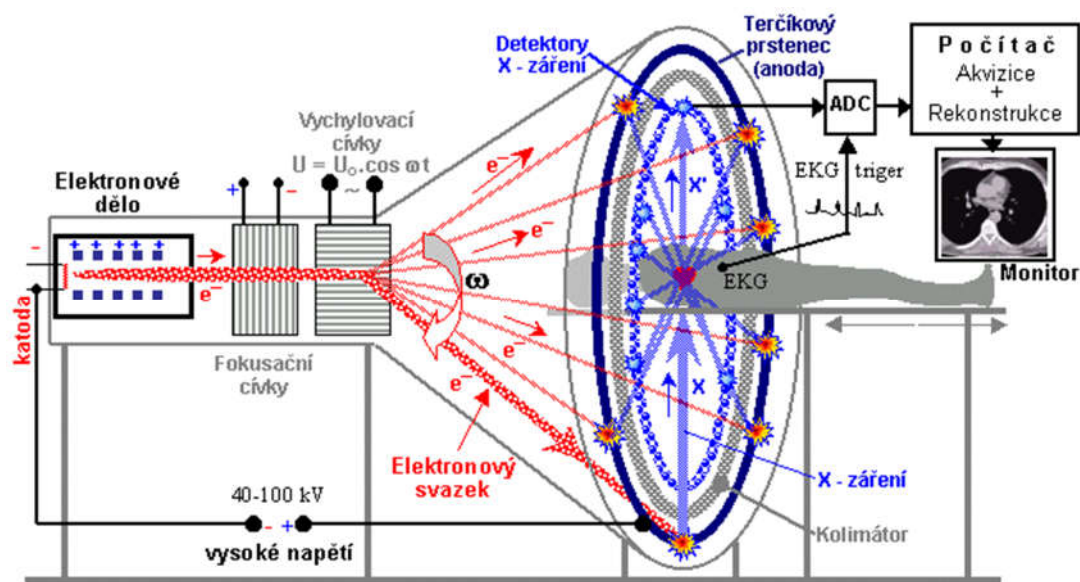
Výpočetně tomografické přístroje třetí generace patří v současné době k nejvíce využívaným. Z konstrukčního hlediska navazují na druhou generaci. Prošlé záření vzniklé v rentgence je zaznamenáváno velkým množstvím detektorů, které jsou stejně jako v předchozí generaci rozmístěny v kruhové výseči. Rozdíl je v tom, že zatímco v případě CT přístrojů druhé generace byly všechny detektory umístěny v jedné řadě, u třetí generace jsou detektory rozmístěny do více řad. RTG záření je tedy také kolimováno do tvaru vějíře, který je u přístrojů třetí generace rozšířen. Tato generace umožňuje současně snímat více řezů, nazýváme je tedy také multislice CT. Na třetí generaci CT navazují přístroje MDCT – spirální vysokorychlostní multidetektorové systémy (1).

## CT přístroje 4. a 5. generace

Přístroje čtvrté generace mají na rozdíl od ostatních generací rozmístěné detektory po celém obvodu gantry. Díky tomu v gantry rotuje pouze rentgenka a detektory jsou umístěny stacionárně. Stejně jako v případě přístrojů třetí generace jsou detektory rozmístěny do několika řad, aby bylo možné provádět akvizici dat současně z více řezů. Tato generace přístrojů se příliš nerozšířila, neboť ve srovnání

s třetí generací přístrojů nepřináší žádné zásadní výhody, ale jejich pořizovací cena je s ohledem k množství použitých detektorů vysoká (1).

Jako přístroje páté generace jsou označovány přístroje EBT (tomografie elektronovým svazkem), které se od ostatních generací CT přístrojů odlišují tím, že místo RTG záření využívají svazek elektronů vystřelovaných z elektronového děla. Detektory jsou umístěny prstencově, stejně jako u CT přístrojů čtvrté generace. Paprsek elektronů z elektronového děla je pomocí vychylovacích cívek kolimován a urychlován k terčíkovému prstenci, který tvoří anodu. Na terčíkovém prstenci dochází k zabrzdění elektronů a vzniku brzděného záření, které následně pod odpovídajícím úhlem prozařuje pacienta a přes prstencový kolimátor dopadá na detektory. Hlavní výhodou EBT přístrojů je, že neobsahují pohyblivé součástky a zároveň umožňují dosáhnout vysoké rychlosti akvizice. Vzhledem ke složité konstrukci, pořizovací ceně a zdokonalení CT přístrojů třetí generace, nebyly EBT přístroje příliš rozšířeny do praxe. Konstrukce EBT přístroje je znázorněná na obrázku 7. (2)



Obrázek 6: Konstrukce EBT<sup>(2)</sup>

### 2.7.3 Princip výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie využívá schopnost tkání diferencovaně absorbovat RTG záření. Záření vznikající v rentgence přístroje je kolimováno a následně prochází pacientem a zeslabené dopadá na detektory, kde je převedeno na elektrický signál, který je zdigitalizován a následně počítačově zpracováván (20).

Abychom mohli provést rekonstrukci obrazu, je potřeba získat dostatečné množství dat o prošlém záření v různých směrech. Po zpracování získaných dat se provede rekonstrukce matice voxelů (elementárních prostorových objemů) jejichž velikost je dána velikostí detektorů a tloušťkou řezů. K rekonstrukci obrazu se nejčastěji využívá filtrovaná zpětná projekce. Mimo filtrovanou zpětnou projekci se může využít také iterativní rekonstrukce. Výhodou iterativní rekonstrukce je možnost získat obraz stejné kvality při použití menšího množství ionizujícího záření, nevýhodou je pak zejména kladení vysokých nároků na výpočetní výkon počítače. Absorpce záření jednotlivých voxelů je vyjádřena prostřednictvím Hounsfieldových jednotek (HU), které odpovídají jednotlivým denzitám tkání a jsou jim přiřazeny jednotlivé odstíny šedi. Příklady konkrétních hodnot HU pro vybrané tkáně jsou uvedeny v tabulce 5. (5), (19)

Tabulka 5: Hodnoty Hounsfieldových jednotek pro vybrané tkáně<sup>(20) (21)</sup>

Látka	Denzita (HU)
Vzduch	-1000
Vzdušná plíce	-800 až -900
Tuk	-50 až -100
Voda	0
Měkké tkáně	25 až 70
Krev	40 až 60
Kost	1000

## **2.8 Kontrastní látky**

Kontrastní látky jsou látky umožňující rozlišení tkání s podobnou hustotou. Kontrastní látky (KL) rozdělujeme na pozitivní a negativní kontrastní látky (22).

Mezi pozitivní KL patří baryové a jodové KL. Hlavní složkou baryových kontrastních látek je síran barnatý ( $\text{BaSO}_4$ ). Baryové KL se využívají zejména při vyšetřování gastrointestinálního traktu a podávají se ve formě suspenze. Jodové KL se podávají ve formě roztoku a umožňují intravenózní i perorální aplikaci. Jodové KL mají široké uplatnění při skiaskopii a na CT (22).

Negativními kontrastními látkami jsou plyny, nejčastěji se využívá  $\text{CO}_2$  a vzduch. Negativní kontrastní látky se v současnosti využívají nejčastěji při vyšetření s dvojitým kontrastem (22).

K intravenózní aplikaci (i.v.) lze použít pouze jodové kontrastní látky. Kontrastní látku lze i.v. aplikovat ručně, nebo s použitím tlakového injektoru, který umožňuje přesné nastavení množství aplikované kontrastní látky a rychlost průtoku. V závislosti na typu vyšetření a vyšetřované oblasti se volí množství aplikované KL nejčastěji 40-120 ml a průtok 2-5 ml/s (9).

## **2.9 Další radiodiagnostické zobrazovací modality**

Mezi další radiodiagnostické zobrazovací modality patří:

- magnetická rezonance;
- ultrasonografie;
- kostní denzitometrie;
- mamografie;
- ortopanomatičtý rentgen;
- zubní rentgen.

## 2.10 Příčiny opakování vyšetření

Vzhledem k tomu, že způsob provádění vyšetření na skiografii a na CT je odlišný, mohou nastat také rozdílné příčiny opakování těchto vyšetření. Na skiografii mohou nastat například tyto příčiny opakovaných vyšetření:

- chyba přístroje;
- nedostatečný nádech pacienta;
- podexponování;
- pohyb pacienta;
- špatné nastavení pacienta;
- nesprávná příprava pacienta;
- špatná kolimace;
- špatná centrace;
- záměna pacienta (23) (24).

Na CT může dojít k opakování vyšetření z příčin, z nichž se některé shodují s příčinami opakovaných expozic na skiografii, některé ale nastat nemohou a mohou se projevit jiné. Mezi možné příčiny opakování CT vyšetření patří například:

- selhání CT přístroje;
- selhání tlakové pumpy;
- pohyb pacienta;
- záměna pacienta;
- chybné nastavení přístroje;
- špatná kanylace;



### 3 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části této bakalářské práce je popis vybraných radiodiagnostických zobrazovacích metod a obecná problematika radiační ochrany.

Náplní praktické části je charakteristika provozně technických a organizačních podmínek na vybraných radiodiagnostických pracovištích. Dalším cílem praktické části je zjištění nejčastějších příčin opakovaných vyšetření na skiografii a CT. Za tímto účelem jsem analyzoval data z vlastního dotazníkového šetření i data získaná ze záznamů vedených na pracovištích.

Dalším cílem práce je potvrzení, nebo vyvrácení následujících hypotéz:

- a) V případě opakovaných vyšetření na CT očekávám, že nejčastějšími příčinami opakovaných vyšetření bude pohyb pacienta a špatná kanylace.
- b) V případě skiografie očekávám, že nejčastějšími příčinami bude pohyb pacienta a nepřesná centrace.

## 4 METODIKA

V praktické části bakalářské práce se zabývám příčinami opakovaných vyšetření na skiografii a CT. Za účelem sběru dat jsem vytvořil vlastní dotazníky, které jsem po předchozím schválení výzkumu nemocnicemi společně s průvodním dopisem (uvedeném v příloze 1) rozmístil na radiodiagnostická oddělení tří vybraných nemocnic. Jednotlivé varianty příčin opakovaných vyšetření v dotazníku na skiografii jsem zvolil shodné s variantami, které jsou zaznamenávány v nemocnici A. Varianty příčin opakovaných CT vyšetření jsem zvolil na základě konzultace vlastního návrhu s konzultantem. Do dotazníků mi následně radiologičtí asistenti zaznamenávali opakovaná vyšetření. Vzor dotazníků je uveden v přílohách 2 a 3.

Dotazníky na CT měly podobu tabulky a byly v nich zaznamenávány tyto údaje o opakovaných vyšetřeních:

- datum;
- pohlaví (muž, žena);
- věková skupina (dítě, dospělý, senior);
- použití kontrastní látky (ano, ne);
- příčina opakování:
  - pohyb pacienta;
  - selhání CT přístroje;
  - selhání tlakové pumpy;
  - chybné nastavení CT přístroje;
  - záměna pacienta;
  - špatná kanylace;
- vyšetřovaná oblast.

V dotaznících na skiografii jsem navíc sledoval polohu pacienta, aby bylo možné určit, jestli se častěji opakují vyšetření prováděná vleže, nebo ve stoje, a naopak jsem nezaznamenával použití kontrastní látky, neboť se při běžných skiografických

vyšetřeních nepoužívá. V dotaznících na skiografii se také lišily některé příčiny opakování vyšetření. Varianty byly:

- nespolupracující pacient <sup>1</sup>;
- špatný vyšetřovací protokol;
- špatně nastavená komůrka;
- špatné clonění;
- obézní pacient;
- pohyb pacienta;
- selhání RTG přístroje;
- špatně nastavený detektor;
- nepřesná centrace.

Dotazníky byly rozmístěny na pracovištích od začátku února do konce března 2019 (s výjimkou skiografie v nemocnici A, viz. kapitola 4.1.1). Kromě dat, která jsem sesbíral prostřednictvím vlastních dotazníků, jsem zpracoval i data získaná z databází nemocnic a poskytnutá vedoucími radiologickými asistenty z jednotlivých radiodiagnostických oddělení. Tato data zahrnovala období několika let (viz. kapitoly 4.1.1 a 4.1.3) a proto jsem je použil i pro sledování vývoje počtu opakovaných vyšetření.

Získaná data jsem následně zpracoval formou tabulek a grafů, určil nejčastější příčiny opakování vyšetření a porovnal je s několika studiemi.

Podmínkou provádění výzkumu bylo ze strany některých nemocnic zachování anonymity a nezveřejňování jména nemocnice, proto je dále v práci označuji písmeny A, B a C.

---

<sup>1</sup> Varianta „nespolupracující pacient“ byla určena pro případy, kdy nespolupráce pacienta měla zásadní vliv na nutnost opakování snímku. V těchto případech nahrazovala i variantu „pohyb pacienta“.

Jednotlivé nemocnice jsou vybavené různým počtem pracovišť a také možnosti sběru dat nebyly ve všech nemocnicích stejné. Níže uvádím způsob sběru dat v jednotlivých nemocnicích. Charakteristiku jednotlivých radiodiagnostických oddělení těchto nemocnic blíže popisuji v kapitole 5.1 (Obecně technické a organizační podmínky na vybraných radiodiagnostických pracovištích).

#### **4.1.1 Nemocnice A**

Od vedoucího radiologického asistenta jsem měl k dispozici podklady pro zpracování statistiky příčin opakovaných snímků na skiagrafických pracovištích za roky 2016–2018. Opakované snímky jsem si také zaznamenával do vlastních dotazníků v průběhu absolvování praxe na skiagrafickém pracovišti č. 2 této nemocnice po dobu jednoho týdne v dubnu 2019. Toto pracoviště jsem si pro sběr dat v průběhu odborné praxe vybral na základě statistik opakovaných snímků z předchozích let. Z těchto statistik vyplývá, že právě na tomto pracovišti dochází dlouhodobě k největšímu počtu opakovaných snímků.

Příčiny opakovaných snímků v této nemocnici se zaznamenávají přímo na pracovní stanici RTG přístrojů, kde radiologický asistent vybere jednu z naprogramovaných variant příčin opakování snímku.

Na dvou CT pracovištích, kterými nemocnice A disponuje, jsem měl umístěné dotazníky po stejnou dobu jako v ostatních nemocnicích, tedy od začátku února do konce března roku 2019. Případná opakovaná CT vyšetření se v nemocnici zaznamenávají na žádanky, které se následně po dobu deseti let archivují.

#### **4.1.2 Nemocnice B**

Dotazníky na zaznamenávání příčin opakovaných vyšetření na skiografii jsem měl v této nemocnici rozmístěny na čtyřech skiagrafických pracovištích od začátku února do konce března 2019. Do dotazníků jsem si zaznamenával data také osobně v průběhu své odborné praxe v březnu 2019.

V nemocnici zaznamenávají opakované snímky do provozních deníků, které jsou vedené v papírové podobě. Zaznamenávány jsou tyto údaje:

- datum;
- jméno pacienta;
- rodné číslo pacienta;
- příčina opakování vyšetření;
- prováděná projekce;
- jméno radiologického asistenta.

Z této nemocnice jsem do bakalářské práce použil pouze data získaná prostřednictvím vlastního dotazníkového šetření, data z provozních deníků jsem po domluvě s vedoucím radiologickým asistentem nepoužil.

Dotazníky na zjišťování příčin opakovaných CT vyšetření jsem měl umístěné na dvou pracovištích po dobu dvou měsíců. Případná opakovaná CT vyšetření zaznamenávají v této nemocnici do provozních deníků, které jsou na pracovištích vedeny v papírové podobě.

#### **4.1.3 Nemocnice C**

Dotazníky pro zaznamenávání příčin opakovaných snímků na skiografii jsem v této nemocnici po konzultaci s vedoucím radiologickým asistentem rozmístil na čtyři vybraná RTG pracoviště a tři CT, kde do nich radiologičtí asistenti od začátku února 2019 do konce března 2019 zaznamenávali opakované snímky.

Případná opakovaná vyšetření (skiografická i CT vyšetření) v této nemocnici zaznamenávají radiologičtí asistenti do databáze systému RTG přístrojů, ze které je následně možné vytvářet různé přehledy a statistiky. Vedoucí radiologický asistent mi umožnil, abych si za účelem zpracování bakalářské práce v této databázi vyhledal a vypsal záznamy o opakovaných vyšetřeních na vybraných rentgenových přístrojích za období 2013–2018. K vyhledávání záznamů v databázi

používají v této nemocnici program „RTG“ (autor programu: Unis-Steiner).  
Ukázka možností tohoto programu je na obrázku 8.

Kód	Zkratka	Název
1	PocetVys	Počet vyšetření ve zvoleném období
2	VysPrac	Suma vyš. ve zvoleném období dle prac.
3	VysPrac1	Počty vyš. ve zvoleném období dle prac.
4	OddPracVys	Počet vyšetření na odd. dle pracovišť
5	PracOddVys	Počet vyšetření na prac. dle oddělení
6	OpakVys	Opakování vyšetření, výpis+počet
10	PocVysLab	Počet vyš. v období dle laboranta
11	VysetrLab	Počet vyš. dle laboranta - čas. úsek
12	PopisLekar	Počet popisů dle lékaře - čas. úsek
13	PopisLek1	Seznam popisů lékaře - čas. úsek + graf
14	PopisGraf	Počet popisů - graf
15	VysetGraf	Počet vyšetření - graf
16	VysetrPrac	Suma vyš. dle pracoviště - čas. úsek
17	Verif1	Seznam verifikovaných popisů
19	CasNositel	Výkony + čas nositele výk. dle lékaře
20	VykLekar	Výkony souhrnně dle lékaře
21	VykPrac	Výkony souhrnně dle prac., počet vyš.
22	VykPrac0	Výk. souhrn. dle prac., počet kódů
23	VykPrac1	Výk. souhrn. dle prac., jen vyúčtované
24	VykPrac2	Výk. souhrn. dle prac., volba kódu
25	VykPrac3	Výk. souh. dle prac., volba prac. a kódu
26	VykPrac9	Výk. souhrn. dle prac., jen nevyúčtované
27	VykPrac4	Jako 23, ale bráno podle data účtování
28	VykICP	Výkony pro IČP
29	PocytPrac	Poč. výkonů, vyšetření a žádanek na prac
30	Vykony1	Výkony dle kódu, agreg. zvlášť
35	Vykony2	Kódy výkonů a jejich počty pro prac.
36	Vykony3	Kódy výkonů a jejich počty na lékaře
37	Materialy2	Kódy materiálů a jejich počty pro prac.
38	Vykony21	Kódy výkonů a jejich počty pro odděl..
39	VykAVysetr	Kódy výk. a počty pro Vyšetřil (angio)
40	PocPac	Počet pacientů dle odd., - čas. úsek
41	VizitaKlin	Vizita klinická - výpis
42	VizitaRtg	Vizita RTG - výpis
45	RtgVyKod1	Statistika dle klasifikačních kódů
46	RtgVyKod2	Výpis pac. dle klasifikačních kódů ERTN
47	RtgVyKodA	Statistika výkonů bez klin. klasifikace
48	RtgVzKodB	Výpis pac. dle výkonů bez klin. klasif.
49	RtgVyKod3	Výpis pac. dle ERTN pro lékaře
53	Souhrn2	Poč. pac., vyš. - amb. a hosp., dle poj.
54	Vykony4	počet kódů, body, ceny pro prac. a poj.
55	RC	Změněná rč. ve zvoleném období dle prac
58	VypisPacV	Výpis pacientů, výkony

Zadání: datum od-do, pracoviště nebo skupina pracovišť.  
Výsledek: jednotlivá vyšetření, jejich počet, celková suma.  
– Vyhledává dle data žádanky.

Upravit poznámku      Zrušit

Obrázek 7: Ukázka možností programu „RTG“ používaném v nemocnici C

## **5 VÝSLEDKY**

Kapitolu výsledky jsem rozdělil na část věnující se obecně technickým a organizačním podmínkám na vybraných radiodiagnostických pracovištích a na výsledky příčin opakovaných vyšetření na skiografii a CT.

### **5.1 Obecně technické a organizační podmínky na vybraných radiodiagnostických pracovištích**

Níže uvádím popis tří vybraných pracovišť. Jedná se o pracoviště, ve kterých jsem prováděl výzkum zaměřený na zjišťování příčin opakovaných vyšetření na skiografii a CT.

#### **5.1.1 Nemocnice A**

Radiodiagnostické oddělení (RDG oddělení) této nemocnice je vybavené čtyřmi skiagrafickými RTG přístroji, dvěma CT přístroji a dvěma přístroji magnetické rezonance (MR) o magnetické indukci 1,5 T (Tesla) a 3 T. Dále pak vybavení radiodiagnostického oddělení této nemocnice tvoří angiografické pracoviště, skiaskopické pracoviště, rentgenová C ramena ke snímkování na operačních sálech a řada pojízdných rentgenů pro snímkování na lůžku. Na rozdíl od RDG oddělení nemocnic B a C nejsou v této nemocnici vyšetřovány děti.

#### Skiagrafická pracoviště

Ze čtyř skiagrafických snímkoven se tři nacházejí v hlavní budově radiodiagnostického oddělení (které sídlí v budově chirurgie) a jedna je umístěna na detašovaném pracovišti v budově ortopedie. Snímkovny umístěné v budově chirurgie jsou k dispozici 24 hodin denně, snímkovna mimo hlavní budovu je v provozu pouze v pracovních dnech. Všechny skiagrafické snímkovny jsou vybaveny přímou digitalizací.

Pacient, který jde v této nemocnici na RTG vyšetření, přichází nejprve na „evidenci“, kde pracovnice evidence zadá pacienta do NIS (nemocničního informačního systému) a zařadí ho do worklistu (seznamu vyšetření) pracoviště. Následně pacient vyčkává v čekárně do okamžiku, kdy je na řadě, pak pro něj přijde radiologický asistent, odvede ho do snímkovny, kde pacientovi provede RTG vyšetření. Po vyšetření radiologický asistent odesílá snímky do pracovní stanice lékařů. Radiolog je poté popíše a uloží je do PACS (Picture Archiving and Communication System). Standardní personální obsazení skiagrafických pracovišť tvoří dva radiologičtí asistenti.

#### Pracoviště CT

Na dvou CT pracovištích probíhá vyšetřování objednaných pacientů v pracovní dny v čase 7:00–15:45, po zbytek dne zde mohou být dle momentálních potřeb prováděna akutní vyšetření. Na CT pracovištích jsou v této nemocnici prováděny intervenční výkony, například vertebroplastiky, nebo periradikulární terapie. Personálně je CT pracoviště obsazeno dvěma radiologickými asistenty, zdravotní sestrou a radiologem.

#### **5.1.2 Nemocnice B**

RDG oddělení této nemocnice má k dispozici pět skiagrafických snímkoven, dva CT přístroje, skioskopické pracoviště, magnetickou rezonanci 1,5 T a řadu pojízdných rentgenů pro snímkování na lůžku.

#### Skiagrafická pracoviště

Z celkových pěti skiagrafických pracovišť jsou tři vybaveny přímou digitalizací a dvě digitalizací nepřímou, využívající CR kazet. Jednotlivé snímkovny jsou umístěny v pavilonech chirurgie, dětské chirurgie, plicním a „centrálním“, kde snímkovna slouží převážně pro pacienty onkologie, hrudní chirurgie, revmatologie, interních oborů, neurologie a ORL (otorhinolaryngologie). Jedno



pracoviště s nepřímou digitalizací není v běžném provozu, slouží jako záložní pro případ poruchy, nebo odstávky některého z hlavních rentgenů.

V běžné pracovní době jsou skiagrafická pracoviště této nemocnice personálně obsazena dvěma radiologickými asistenty. Mimo běžnou pracovní dobu a o víkendech jsou drženy služby na třech hlavních pracovištích, vždy jedním radiologickým asistentem na každém pracovišti.

Pacient, který je poslán na rentgenové vyšetření se nemusí hlásit na evidenci, jako v nemocnici A, ale jde přímo do čekárny před RTG snímkovnou. Když přijde na řadu, vyhledá si radiologický asistent pacientovu elektronickou žádanku v NIS. V případě, že je pacient poslán od externího lékaře, zadá radiologický asistent pacientovu žádanku do NIS a poté provede vyšetření. Po provedení vyšetření se snímky odesílají přímo do PACS, kde si je vyhledá radiolog provádějící popis.

#### Pracoviště CT

Nemocnice má dvě CT pracoviště, na kterých jsou v pracovních dnech v čase 7:30–16:00 vyšetřováni objednaní pacienti. Mimo tuto dobu je jedno CT pracoviště k dispozici pro akutní pacienty. Na jednom přístroji jsou také prováděny intervenční výkony, například periradikulární terapie. Personální obsazení CT pracovišť představují dva radiologičtí asistenti a radiolog. Radiologičtí asistenti v této nemocnici provádějí i zavádění kanyl a přípravu kontrastních látek, kterou má v nemocnicích A a C na starosti zdravotní sestra.

#### **5.1.3 Nemocnice C**

Radiodiagnostické oddělení této nemocnice je vybaveno celkem deseti skiagrafickými, čtyřmi CT pracovišti a třemi MR (dvě v části nemocnice pro dospělé pacienty a jedno v „dětské“). Vybavení nemocnice tvoří také pojízdné RTG přístroje pro snímkování pacientů na lůžku, angiografické pracoviště a mobilní rentgenové C ramena pro snímkování na operačních sálech a mamografie.

## Skiagrafická pracoviště

Z celkových deseti skiagrafických snímkoven je šest umístěno v dospělé části nemocnice, tři jsou umístěny v dětské části nemocnice a jedno je na detašovaném pracovišti (v budově plicního oddělení). Mimo běžnou pracovní dobu (v noci, o víkendech a svátcích) je v provozu pro akutní pacienty jedna RTG snímkovna v hlavní budově nemocnice a jedna v dětské. Personální obsazení skiagrafických pracovišť tvoří dva radiologičtí asistenti.

Pacient, který jde v této nemocnici na RTG vyšetření, přichází nejprve na „evidenci“, kde pracovnice evidence zadá pacienta do worklistu pracoviště. Následně jde pacient do čekárny před snímkovnu, kam si pro něj přijde radiologický asistent a provede pacientovi vyšetření. Po provedení vyšetření radiologický asistent odesílá snímky do pracovní stanice lékařů. Radiolog je následně popíše a uloží je do PACS.

## Pracoviště CT

Nemocnice má k dispozici čtyři CT pracoviště, z nichž tři jsou umístěné v hlavní budově nemocnice a jedno v dětské. Mimo běžnou pracovní dobu jsou drženy služby na jednom CT v hlavní budově a jednom v dětské budově. Z personálního hlediska tvoří obsazení pracovišť výpočetní tomografie dva radiologičtí asistenti zajišťující obsluhu přístroje a nastavování pacienta, zdravotní sestra provádějící kanylaci pacientů a přípravu kontrastních látek a radiolog. Na vybraných CT pracovištích jsou také prováděny intervenční výkony.

#### 5.1.4 Přehled vybraných parametrů sledovaných nemocnic

V tabulce 6 uvádím stručný přehled počtů skiagrafických a CT pracovišť ve sledovaných nemocnicích, jejich personální obsazení, způsob zaznamenávání opakovaných vyšetření a v případě CT také, kdo provádí kanylaci pacientů.

Tabulka 6: Porovnání RDG oddělení nemocnic

Sledovaný parametr	Nemocnice A	Nemocnice B	Nemocnice C
Počet skiagrafických snímkoven	4	5	10
Personální obsazení skiagrafických snímkoven (v každé snímkovně)	dva radiologičtí asistenti	dva radiologičtí asistenti	dva radiologičtí asistenti
Způsob zaznamenávání opakovaných snímků na skiografii	elektronicky do databáze, přímo na ovládací konzoli přístroje	písemně do provozního deníku	elektronicky do databáze, přímo na ovládací konzoli přístroje
Počet CT pracovišť	2	2	4
Personální obsazení CT pracovišť	dva radiologičtí asistenti, zdravotní sestra, radiolog	dva radiologičtí asistenti, radiolog	dva radiologičtí asistenti, zdravotní sestra, radiolog
Kanylaci pacientů na CT provádí	zdravotní sestra	radiologický asistent	zdravotní sestra
Způsob zaznamenávání opakovaných vyšetření na CT	písemně na žádanku	písemně do provozního deníku	elektronicky do databáze, přímo na ovládací konzoli přístroje

## 5.2 Příčiny opakovaných vyšetření

Výsledky jsem zpracoval zvlášť pro jednotlivé nemocnice a pro jednotlivé modality (skiografie a CT). U výsledků jsem vždy oddělil data sesbíraná prostřednictvím vlastního dotazníkového šetření a data získaná z databází nemocnic. Dále jsem pak zpracoval souhrnné výsledky pro skiografii a CT.

### 5.2.1 Nemocnice A

Výsledky příčin opakovaných vyšetření v této nemocnici jsem rozdělil na výsledky z vlastního dotazníkového šetření na skiografii, na výpočetní tomografii, zpracovaná data o opakovaných snímcích za období 2016–2018 a zpracované kazuistiky opakovaných CT vyšetření.

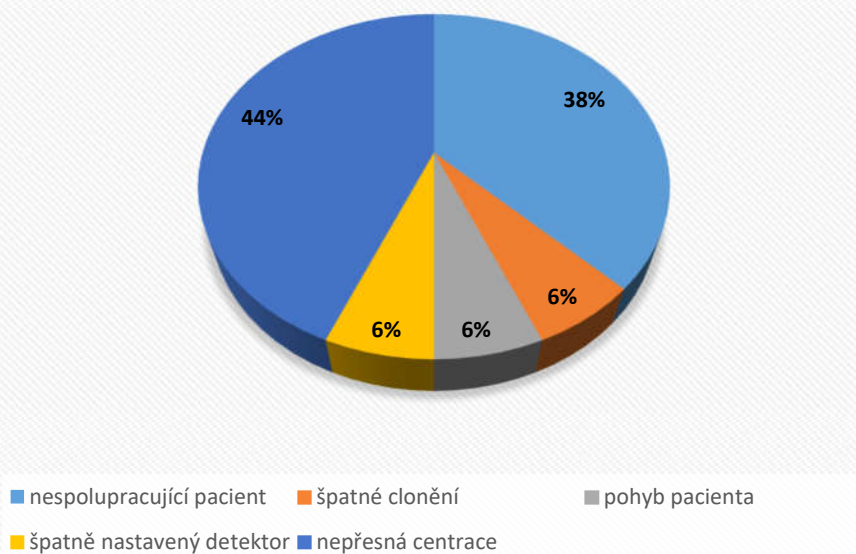
Výsledky z vlastních dotazníků na skiografii

Data do vlastních dotazníků jsem zaznamenával v průběhu své odborné praxe v této nemocnici ve druhém dubnovém týdnu roku 2019 na pracovišti č. 2. Celkem jsem zaznamenal 16 opakovaných snímků z celkem 372 zde provedených. To představuje 4,3 % opakovaných expozic. V 10 případech došlo k opakování snímků u mužů (62 %), v šesti případech u žen (38 %). Častěji se opakovaly snímky při vyšetřování pacientů ve věku od 18 do 60 let, 10x (62 %), u pacientů starších 60 let se opakovaly snímky 6x (38 %). Osoby mladší 18 let nejsou na tomto pracovišti vyšetřovány, proto v této věkové skupině nebyl zaznamenán žádný opakovaný snímek. Snímky se častěji opakovaly při rentgenování pacientů vleže, 13x (81 %) než ve stoje, 3x (19 %). V tabulce 7 jsou uvedeny počty zaznamenaných příčin opakovaných expozic. V grafu 1 je vidět zastoupení příčin opakovaných snímků na tomto pracovišti v procentech.

Tabulka 7: Počty příčin opakovaných snímků v nemocnici A

Příčina opakování	počet
Nepřesná centrace	7
Nespolupracující pacient	6
Špatné clonění	1
Špatně nastavený detektor	1
Pohyb pacienta	1
<b>Celkem</b>	<b>16</b>

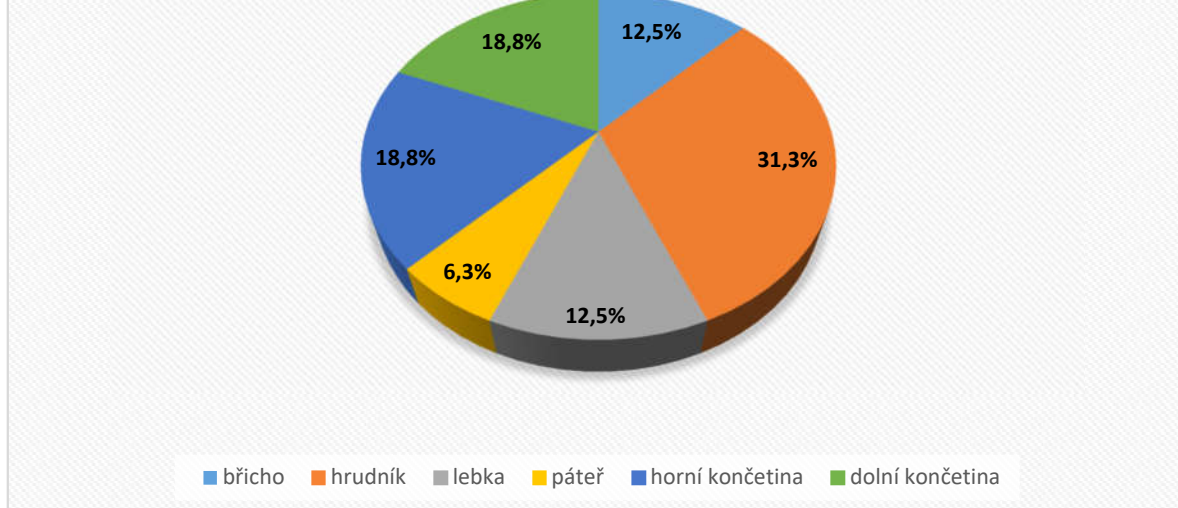
### Příčina opakování snímku snímku na pracovišti č. 2 nemocnice A



Graf 1: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti 2 v nemocnici A

Snímky se v průběhu sběru dat opakovaly při vyšetřování hrudníku (5x), horních končetin (3x), dolních končetin (3x), břicha (2x), lebky (2x) a páteře (1x). V procentech je vyšetřovaná oblast opakovaného snímku znázorněná v grafu 2.

## Vyšetřovaná oblast opakovaného snímku na pracovišti č. 2 nemocnice A



Graf 2: Vyšetřovaná oblast opakovaného snímku v nemocnici A

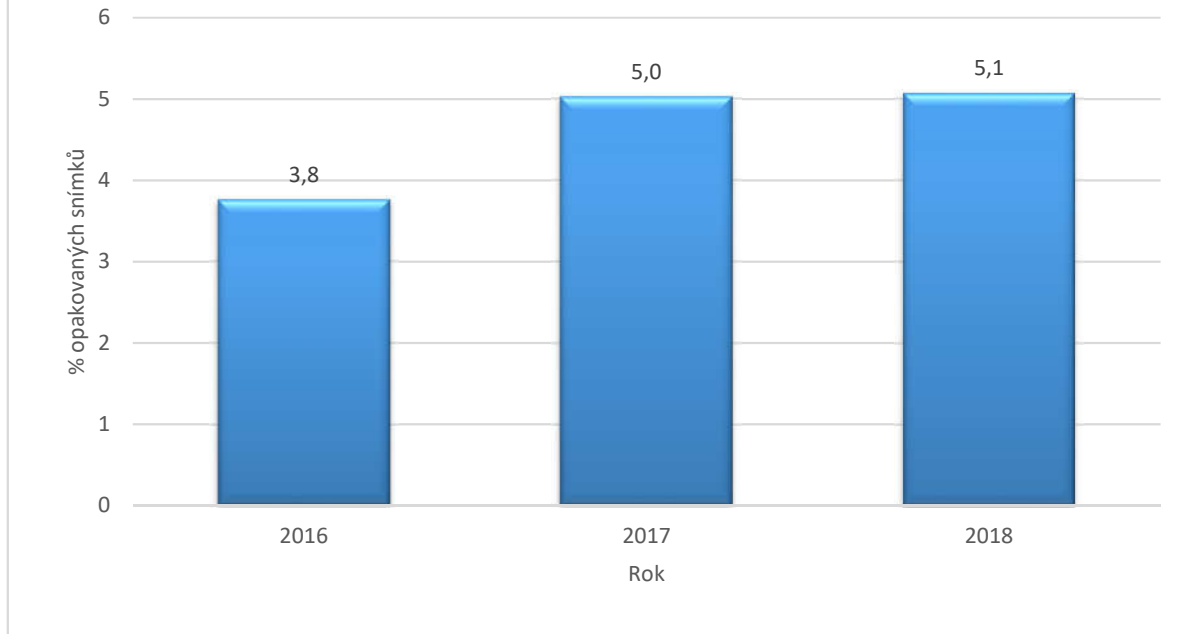
Příčiny opakovaných RTG snímků v letech 2016 až 2018

Níže uvádím zpracovaná data poskytnutá pracovištěm. Tato data obsahují údaje o počtu a příčinách opakovaných vyšetření na skiografii v letech 2016–2018. Data jsem zpracoval odděleně pro jednotlivé snímkovny.

### Pracoviště č. 1

Jedná se o pracoviště vybavené přístrojem s přímou digitalizací. V průběhu sledovaného období (2016–2018) bylo na tomto pracovišti provedeno celkem 88 924 snímků, z nichž bylo 3 978 opakovaných. To představuje 4,47 % opakovaných snímků. Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti je znázorněný v grafu 3.

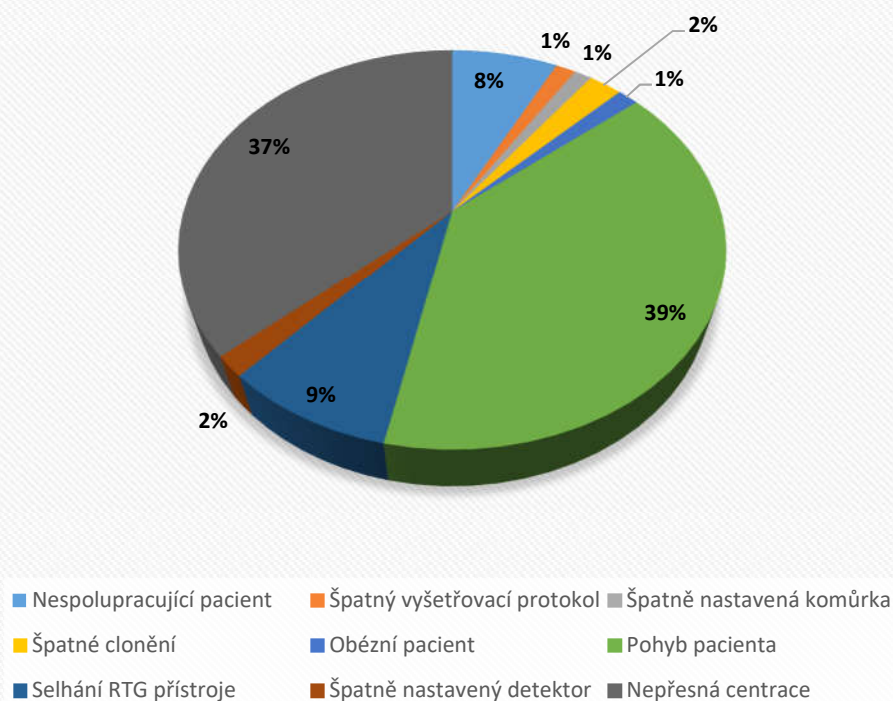
### Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti č. 1 nemocnice A v letech 2016–2018



Graf 3: Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti č. 1 nemocnice A

Vzhledem k tomu, že na pracovišti došlo v polovině roku 2017 v souvislosti se změnou softwaru RTG přístroje ke změně metodiky zaznamenávání příčin opakovaných snímků, uvádím odděleně příčiny opakovaných snímků za období leden 2016–červen 2017 (graf 4, tabulka 8) a červenec 2017–červen 2018 (graf 5, tabulka 9).

## Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 1 nemocnice A v období 2016 - 1. pololetí 2017



Graf 4: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 1 nemocnice A, I. část

Tabulka 8: Příčiny snímků na pracovišti č.1 nemocnice A, I. část

Příčina opakování	2016	2017	součet
Pohyb pacienta	439	227	666
Nepřesná centrace	400	219	619
Selhání RTG přístroje	100	45	145
Nespolupracující pacient	93	35	128
Špatné clonění	15	25	40
Špatně nastavený detektor	17	11	28
Obézní pacient	13	12	25
Špatný vyšetřovací protokol	12	12	24
Špatně nastavená komůrka	13	8	21
<b>Celkem</b>	<b>1 102</b>	<b>594</b>	<b>1 696</b>



Z grafu 4 a tabulky 8 je zřejmé, že před změnou metodiky zaznamenávání příčin opakovaných snímků v polovině roku 2017 byly nejčastějšími příčinami opakování skiagrafických RTG vyšetření na pracovišti č. 1 pohyb pacienta (39 %), nepřesná centrace (37 %) a selhání RTG přístroje (9 %).



Graf 5: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č.1 nemocnice A, II. část

Tabulka 9: Opakované snímky na pracovišti č. 1 nemocnice A, II. část

Příčina opakování	2017	2018	součet
Chyba projekce	272	705	977
Pacient nespolupracuje	365	349	714
Ucloněno	93	241	334
Pohyb pacienta	147	194	341
Přeexponováno	25	71	96
Podexponováno	33	39	72
<b>Celkem</b>	<b>935</b>	<b>1 599</b>	<b>2 534</b>

Z grafu 5 je zřejmé, že po změně metodiky byla nejčastější příčinou opakování snímku chyba projekce (40 %), nespolupracující pacient (29 %) a uclonění (14 %).

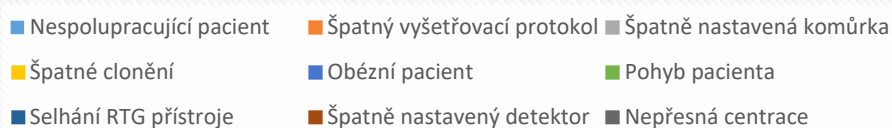
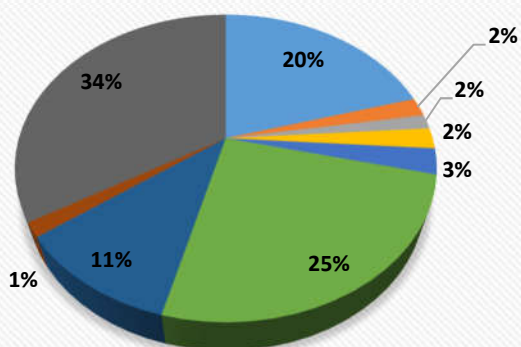
## Pracoviště č. 2

Druhé skiografické pracoviště nemocnice A je stejně jako předchozí vybavené RTG přístrojem s přímou digitalizací. Na rozdíl od pracoviště č. 1 zde došlo ke změně metodiky zaznamenávání příčin opakovaných snímků až od ledna 2018, proto jsem graf zachycující příčiny opakovaných snímků zpracoval odděleně pro roky 2016–2017 a rok 2018. Celkem bylo ve sledovaném období na tomto pracovišti provedeno 177 353 snímků, z nichž bylo 7 458 opakovaných, což představuje 4,21 %. Vývoj počtu opakovaných snímků na tomto pracovišti je znázorněný v grafu 6, procentně vyjádřené počty opakovaných expozic z jednotlivých příčin jsou uvedeny v grafu 7 a číselně v tabulce 10.



Graf 6: Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti č. 2 nemocnice A

## Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 2 nemocnice A v letech 2016–2017



Graf 7: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 2 nemocnice A, I. část

Tabulka 10: Opakované snímky na pracovišti č. 2 nemocnice A, I. část

Příčina opakování	2016	2017	Součet
Nepřesná centrace	706	729	1 435
Pohyb pacienta	541	540	1 081
Nespolupracující pacient	421	455	876
Selhání RTG přístroje	221	245	466
Obézní pacient	39	76	115
Špatné clonění	39	53	92
Špatný vyšetřovací protokol	41	42	83
Špatně nastavený detektor	28	36	64
Špatně nastavená komůrka	24	40	64
<b>Součet</b>	<b>2 060</b>	<b>2 216</b>	<b>4 276</b>

Z grafu 7 a tabulky 10 je zřejmé, že na tomto pracovišti byly v období 2016–2017 nejčastějšími příčinami opakování snímků nepřesná centrace (34 %), pohyb pacienta (25 %) a nespolupracující pacient (20 %).

V grafu 8 jsou znázorněny příčiny opakovaných snímků na tomto pracovišti v roce 2018.



Graf 8: Příčiny opakovaných snímků, na pracovišti č. 2 nemocnice A, II. část

Tabulka 11: Opakované snímky na pracovišti č. 2 nemocnice A, II. část

Příčina opakování	2018
Chyba projekce	908
Pacient nespolupracuje	848
Ucloněno	609
Pohyb pacienta	374
Přeexponováno	357
Podexponováno	86
<b>Celkem</b>	<b>3 182</b>

Z grafu 8 a tabulky 10 je zřejmé, že v roce 2018 byla nejčastější příčinou opakování snímků na tomto pracovišti chyba projekce (28 %). Mezi další významné příčiny patřil nespolupracující pacient (27 %) a uclonění (19 %).

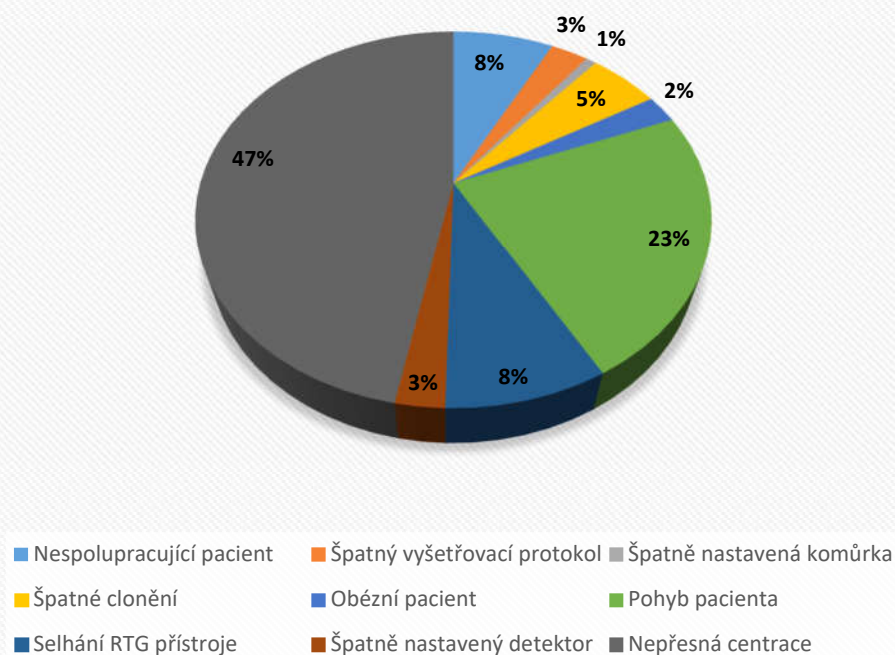
### Pracoviště č. 3

Třetí skiografické pracoviště této nemocnice slouží především ke snímkování ortopedických pacientů a je stejně jako ostatní pracoviště této nemocnice vybavené RTG přístrojem s přímou digitalizací. Na tomto pracovišti na rozdíl od pracovišť 1 a 2 nedošlo ve sledovaném období ke změně metodiky zaznamenávání opakovaných snímků a díky tomu jsem mohl data zpracovat souhrnně za celé období 2016–2018. V průběhu sledovaného období bylo na tomto pracovišti provedeno 129 131 snímků, z nichž bylo opakováno 4 215, což představuje 3,26 %. Vývoj počtu procent opakovaných snímků je znázorněný v grafu 9, počet procent jednotlivých příčin opakování snímků v grafu 10 a jejich počet je uveden v tabulce 12.



Graf 9: Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti č. 3 nemocnice A

## Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 3 nemocnice A v letech 2016–2018



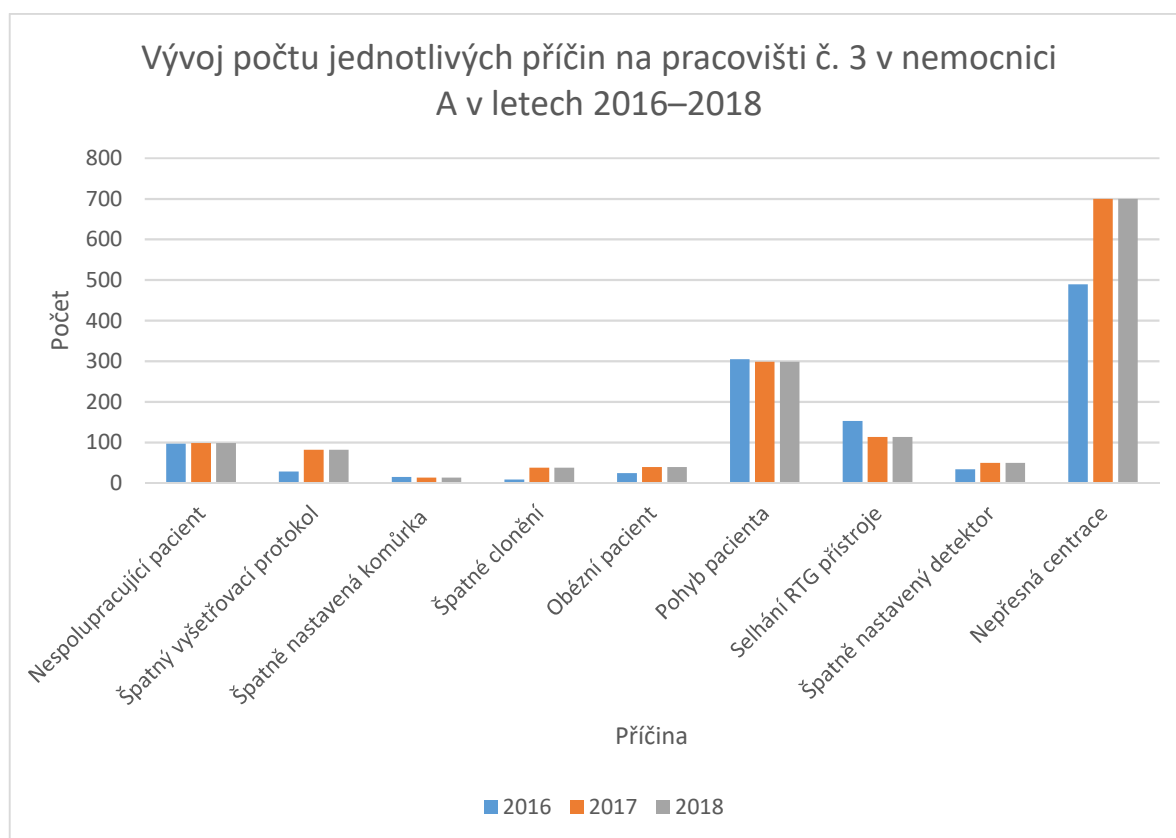
Graf 10: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 3 nemocnice A

Tabulka 12: Příčina opakování snímků na pracovišti č. 3 nemocnice A

Příčina opakování	2016	2017	2018	součet
Nepřesná centrace	489	700	792	1981
Pohyb pacienta	305	299	365	969
Selhání RTG přístroje	153	114	93	360
Nespolupracující pacient	97	99	124	320
Špatné clonění	9	38	175	222
Špatný vyšetřovací protokol	29	82	8	119
Špatně nastavený detektor	34	50	25	109
Obézní pacient	25	40	37	102
Špatně nastavená komůrka	15	14	4	33
<b>Celkem</b>	<b>1 156</b>	<b>1 436</b>	<b>1 623</b>	<b>4 215</b>

Z grafu 10 a tabulky 12 vyplývá, že nejčastější příčinou opakovaných expozič byla na tomto pracovišti nepřesná centrace, která se na celkovém počtu opakovaných snímků podílela 47 %. Druhou nejvíce zastoupenou příčinou opakování snímků byl pohyb pacienta, který představoval 23 %.

V grafu 11 je znázorněn počet opakovaných snímků a jejich příčin za období 2016–2018.



Graf 11: Vývoj počtu příčin opakovaných snímků na pracovišti 3 nemocnice A

Z grafu 11 je zřejmé, že od roku 2017 klesl počet opakovaných expozič z důvodu selhání RTG přístroje, naopak se zvýšil počet opakovaných snímků v důsledku nepřesné centrace. Od roku 2017 také vzrostl počet případů špatně nastaveného detektoru, obézního pacienta, špatného clonění a špatného vyšetřovacího protokolu. U ostatních variant zůstal jejich počet v průběhu celého období bez výrazných změn.

## Výsledky vlastních dotazníků na CT

V průběhu sběru dat, který jsem prováděl po dobu dvou měsíců na dvou CT pracovištích, kterými je tato nemocnice vybavena, nebylo zaznamenáno žádné opakované vyšetření. Za toto období bylo provedeno přibližně 2 000 vyšetření.

## Kazuistiky opakovaných CT v nemocnici A

Níže uvádím tři vybrané kazuistiky poskytnuté vedoucím radiologickým asistentem, při kterých došlo k opakování CT vyšetření z důvodu selhání technologií.

**Kazuistika 1:** 12. 2. 2015 došlo v průběhu provádění intervenčního výkonu, perkutánní transhepatické cholangiografie k selhání CT přístroje. Systém přístroje přestal reagovat a bylo nutné provést restart. Prováděný výkon byl proto dokončen na angiografickém pracovišti RDG oddělení.

**Kazuistika 2:** 15. 5. 2015 došlo při provádění intervenčního výkonu, vertebroplastiky, k situaci, kdy přístroj v průběhu skiaskopického režimu přestal fungovat. Ani po opakovaném restartování přístroje se nepodařilo softwarové funkce přístroje obnovit a prováděný výkon tudíž nemohl být dokončen. K selhání přístroje došlo v průběhu intervenčního výkonu. Pacientovi mělo být ošetřeno několik obratlových těl intervenčním výkonem pod CT. V důsledku selhání přístroje nemohla být všechna obratlová těla ošetřena a pacientovi nemohla být poskytnuta požadovaná péče v celém požadovaném rozsahu. Druhý CT přístroj, kterým je nemocnice vybavena nedisponuje funkcí CT skiaskopie, proto nemohl být použit pro dokončení výkonu.

**Kazuistika 3:** 20. 7. 2016 bylo na CT pracovišti prováděno pacientovi s polytraumatem celotělové screeningové vyšetření. Po provedení první části vyšetření (mozek a krční páteř) byla naplánovaná druhá část protokolu (plíce, břicho a malá pánev). Po potvrzení nastavení tlačítkem „confirm“ se „zaseknul“



celý software ovládací konzole CT přístroje a nebylo možné vyšetření provést. Kurzor myši byl aktivní, ale ikony na obrazovce nereagovaly, přestože vypadaly funkčně. Vyšetření nebylo ani možné ukončit běžným způsobem. Pacient byl asi po čtyřech minutách přeložen a transportován na druhý CT přístroj, kde bylo vyšetření dokončeno. Přístroj bylo nutné vypnout a znovu zapnout. Provoz se podařilo obnovit po přibližně 30 minutách.

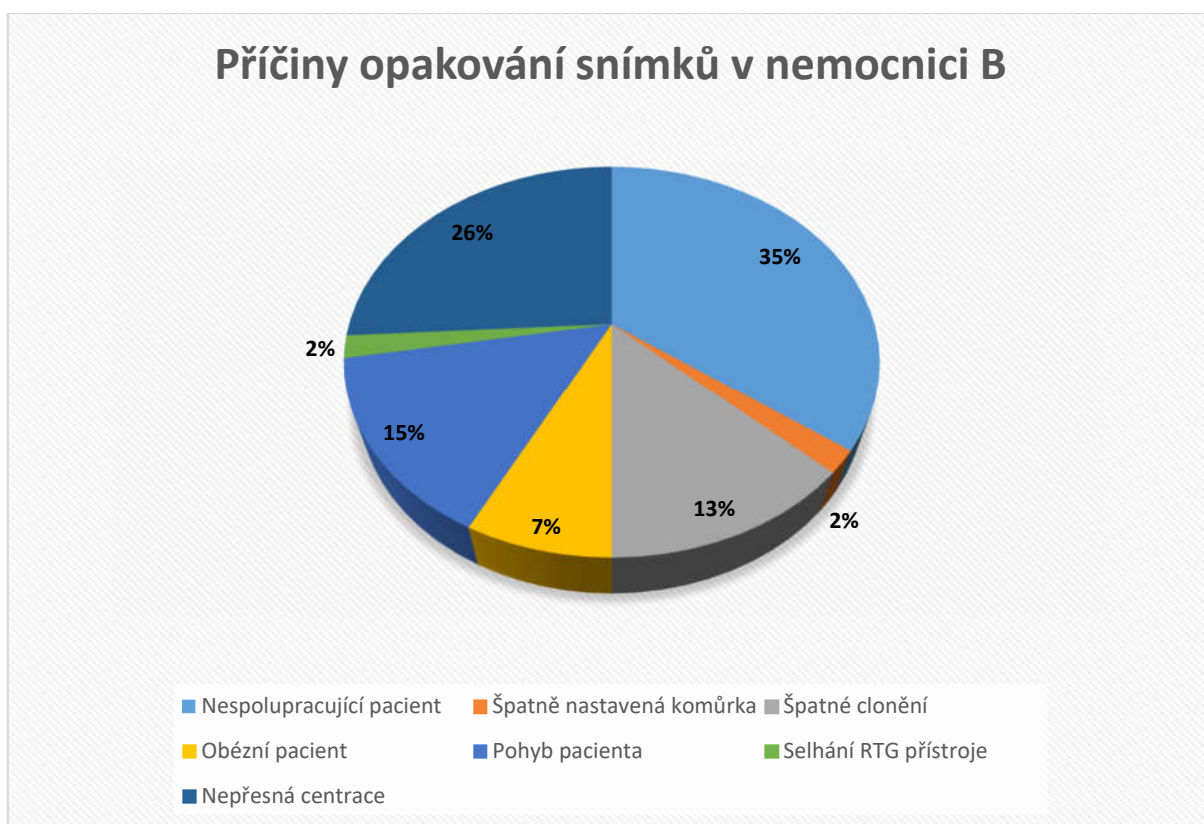
### **5.2.2 Nemocnice B**

Níže uvádím zpracovaná data získaná z vlastních dotazníků, které jsem měl na pracovištích této nemocnice rozmístěné v měsících únor a březen roku 2019.

Výsledky z vlastních dotazníků na skiagrafii

Data byla sbírána na čtyřech skiagrafických snímkovnách, z nichž jsou tři vybavené přímou digitalizací a jedno pracoviště je vybavené digitalizací nepřímou. Sbíraná data jsem zpracoval souhrnně pro všechny snímkovny. Celkem byly získány údaje o 54 opakovaných expozicích z celkem 26 009 provedených. To představuje 0,21 % opakovaných snímků. Ve 30 případech došlo k opakování vyšetření při snímkování pacientů mužského pohlaví (56 %) a 24x v případě žen (44 %). Nejvíce snímků se opakovalo u osob starších 60 let (26 pacientů; 48 %), 21 pacientů (39 %) bylo ve věku 18–60 let a 7 pacientů (13 %) bylo mladších 18 let. 28 pacientů (52 %) u kterých došlo k opakování snímku, bylo snímkováno vleže, 26 pacientů (48 %) ve stoje. V grafu 12 jsou znázorněny zaznamenané příčiny opakovaných snímků. Počty jednotlivých příčin opakovaných snímků jsou uvedeny v tabulce 13.

## Příčiny opakování snímků v nemocnici B



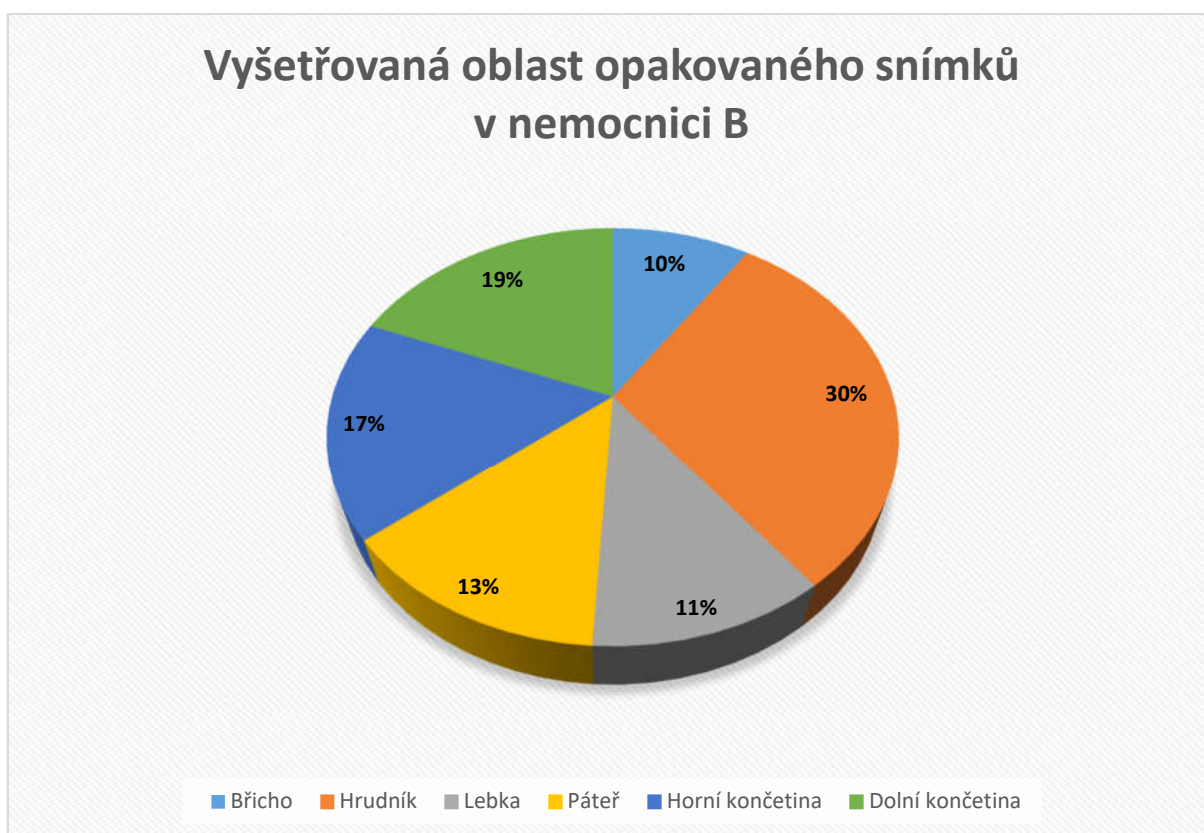
Graf 12: Příčiny opakování snímků v nemocnici B

Z grafu 12 je zřejmé, že nejčastějšími příčinami opakování snímků byly nespolupracující pacient (35 %), nepřesná centrace (26 %) a pohyb pacienta (15 %).

Tabulka 13: Příčiny opakovaných snímků v nemocnici B

Příčina opakování	počet
Nespolupracující pacient	19
Nepřesná centrace	14
Pohyb pacienta	8
Špatné clonění	7
Obézní pacient	4
Špatně nastavená komůrka	1
Selhání RTG přístroje	1
<b>Celkem</b>	<b>54</b>

V grafu 13 jsou v procentech znázorněny vyšetřované oblasti opakovaných snímků. Je zřejmé, že nejvíce opakovaných snímků představoval RTG hrudníku, který byl prováděn v 16 případech (30 %). V 10 případech (19 %) byl snímek opakován při vyšetřování dolních končetin, v 9 (17 %) při vyšetřování horních končetin, v 7 (13 %) u páteře, v 6 (11 %) u lebky a 5 (10 %) u břicha.

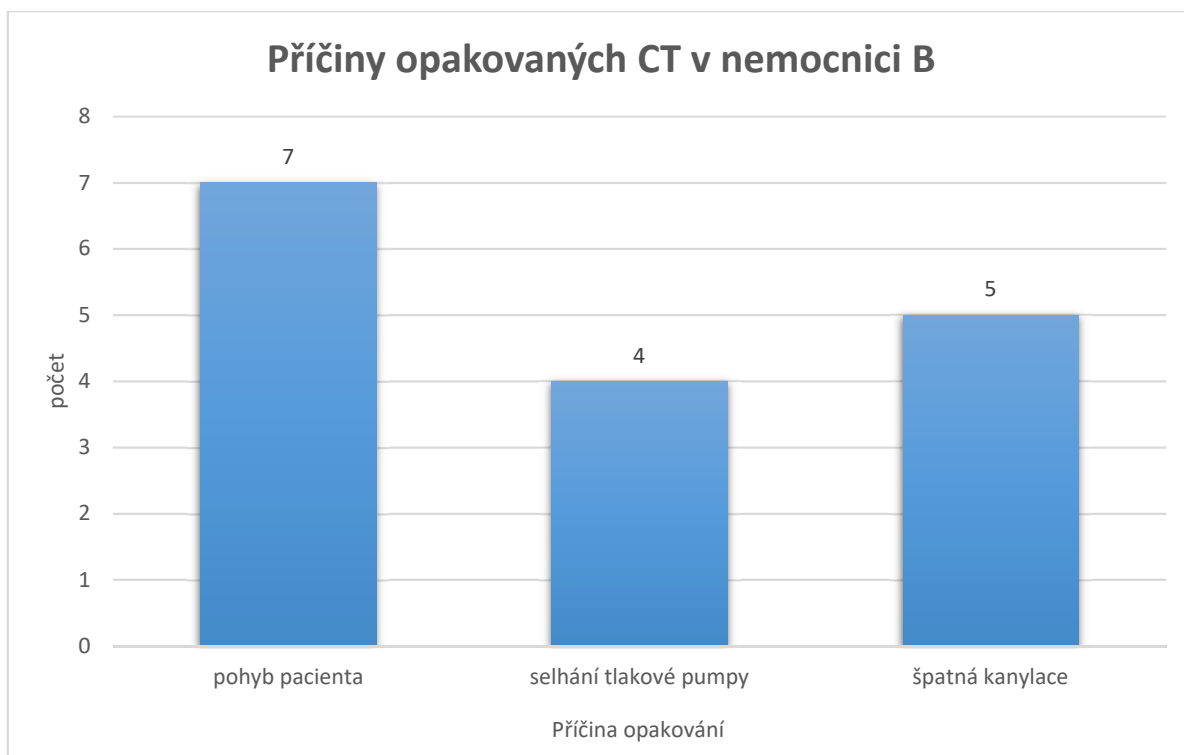


Graf 13: Vyšetřovaná oblast při opakování snímku v nemocnici B

Výsledky z vlastních dotazníků na CT

Dotazníky jsem měl v této nemocnici umístěné na dvou pracovištích. Na jednom z pracovišť výpočetní tomografie nebylo do dotazníku zaznamenáno žádné opakované vyšetření, na druhém pracovišti došlo k zaznamenání 16 případů opakovaných vyšetření. Celkem bylo na těchto dvou pracovištích v období, kdy probíhal sběr dat, provedeno 2 834 vyšetření. Bylo tedy opakováno 0,56 % vyšetření. Z 16 opakovaných vyšetření bylo 9 u mužů a 7 u žen. Ve 3 případech bylo CT vyšetření opakováno u dětí mladších 18 let, v 8 případech u dospělých pacientů (18–60 let) a v 5 případech u seniorů starších 60 let. V 10 případech bylo

CT vyšetření prováděno s kontrastní látkou, v 6 případech bylo vyšetření prováděno nativně. Celkem byly v dotaznících zaznamenány tři různé příčiny opakování CT vyšetření: pohyb pacienta (7x), selhání tlakové pumpy (4x) a špatná kanylace (5x) (graf 14).



Graf 14: Příčiny opakovaných CT v nemocnici B

### 5.2.3 Nemocnice C

V nemocnici C jsem měl rozmístěné dotazníky na čtyřech skiagrafických snímkovných a třech CT pracovištích.

Výsledky z vlastních dotazníků na skiagrafii

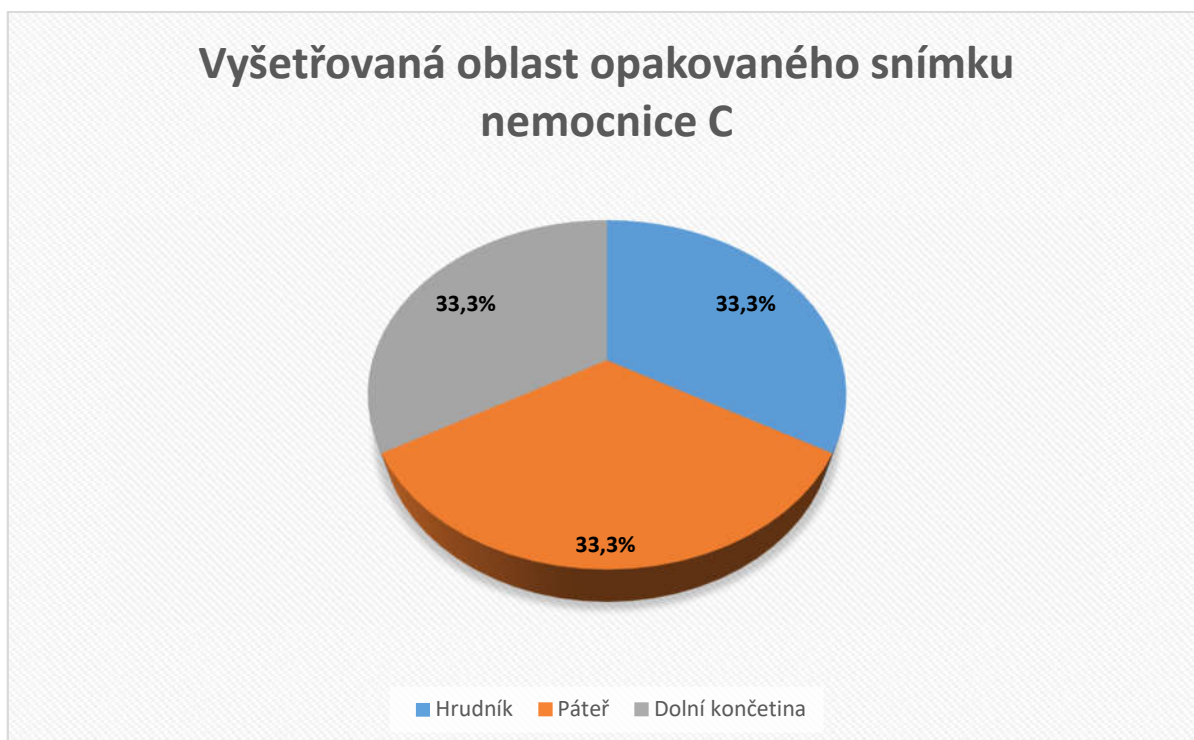
Do skiagrafických dotazníků bylo zaznamenáno celkem 12 opakovaných snímků z celkem 19 691 provedených. To představuje 0,061 % opakovaných expozic. V 8 případech došlo k opakovanému snímkování u mužů, ve 4 případech u žen. Snímky se opakovaly ve stejném počtu u dospělých pacientů (6x) a u seniorů (6x). Častěji se opakovaly snímky prováděné vleže (8x), než ve stoje (4x). Nejčastější zaznamenanou příčinou byla nepřesná centrace (6x), následovaná pohybem

pacienta (4x) a obézním pacientem (1x) (graf 15). V jednom případě nebyla příčina do dotazníku uvedena.



Graf 15: Příčina opakování snímků (nemocnice C)

K opakování snímků došlo při vyšetřování páteře (4x), hrudníku (4x) a dolní končetiny (4x) (graf 16).



Graf 16: Vyšetřovaná oblast u opakovaných snímků v nemocnici C

Výsledky z vlastních dotazníků na CT

Vlastní dotazníky pro zaznamenávání jsem měl umístěné na třech CT pracovištích. Celkem do nich byly zaznamenány dva případy opakovaného vyšetření.

**Kazuistika 1:** V tomto případě se jednalo o opakování CT plic u muže ve věku 18–60 let, ke kterému došlo 8. 2. 2019 z důvodu špatného načasování podání kontrastní látky při vyšetřování plic.

**Kazuistika 2:** Ve druhém zaznamenaném případě bylo 17. 3. 2019 opakováno vyšetření srdce u muže staršího 60 let s použitím kontrastní látky. V tomto případě byla příčinou opakovaného vyšetření neostrost obrazu v důsledku zrychleného pohybu srdce.

Příčiny opakovaných RTG snímků v letech 2013 až 2018

V NIS jsem si vyhledal a vypsal údaje o opakovaných snímcích na 6 RTG přístrojích doporučených vedoucím radiologickým asistentem z celkem 10 přístrojů, kterými je oddělení vybaveno. Z těchto přístrojů jeden je umístěný na dětském oddělení, dva na dospělém a tři jsou mobilní. Data jsem si vypsal a zpracoval za období šesti let (2013–2018). Výsledky jsem zpracoval souhrnně pro všechny přístroje. Celkem jsem získal údaje o 407 opakovaných expozicích z 552 805 celkem provedených. To představuje 0,074 % opakovaných snímků. Vývoj počtu opakovaných snímků na vybraných skiagrafických pracovištích v nemocnici C je znázorněný v grafu 17. Přehled počtu zaznamenaných příčin opakovaných snímků je uveden v tabulce 12 a v procentech znázorněn v grafu 18.



Graf 17: Vývoj počtu opakovaných vyšetření v nemocnici C



Graf 18: Příčiny opakování snímků v nemocnici C



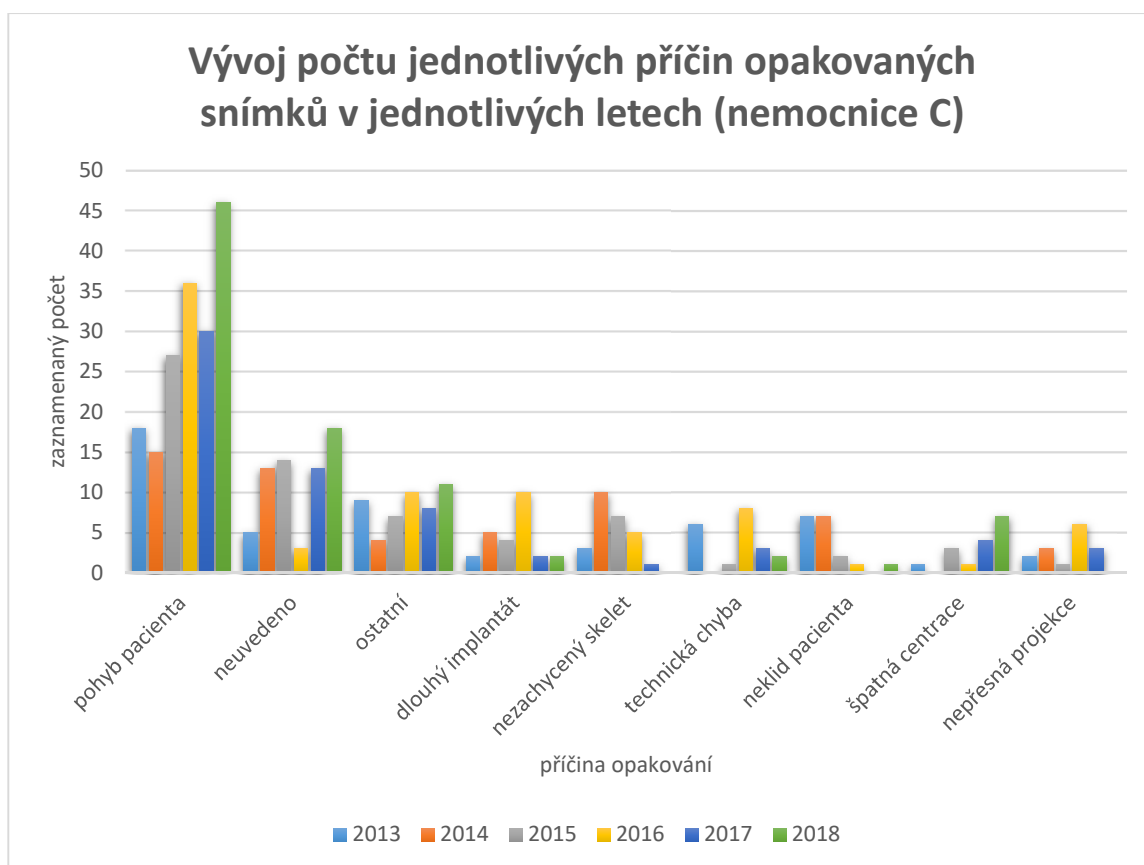
Tabulka 14: Příčiny opakovaných vyšetření v nemocnici C

Rok		2013	2014	2015	2016	2017	2018	Součet
<b>Počet vyšetření</b>		<b>82 309</b>	<b>89 342</b>	<b>89 715</b>	<b>100 701</b>	<b>94 791</b>	<b>98 481</b>	<b>555 339</b>
<b>Příčina opakování expozice</b>	Pohyb pacienta	18	15	27	36	30	46	172
	Neuvedeno	5	13	14	3	13	18	66
	Ostatní	9	4	7	10	8	11	49
	Nezachycený skelet	3	10	7	5	1	0	26
	Dlouhý implantát	2	5	4	10	2	2	25
	Technická chyba	6	0	1	8	3	2	20
	Neklid pacienta	7	7	2	1	0	1	18
	Špatná centrace	1	0	3	1	4	7	16
	Nepřesná projekce	2	3	1	6	3	0	15
<b>Celkový počet opakovaných snímků</b>		<b>53</b>	<b>57</b>	<b>66</b>	<b>80</b>	<b>64</b>	<b>87</b>	<b>407</b>

Z uvedeného grafu 18 a tabulky 14 je zřejmé, že nejčastější příčinou opakování snímků byl pohyb pacienta (42 %). V 16 % případů byla příčinou opakování jiná než sledovaná příčina. Tyto příčiny jsem sloučil do kategorie „ostatní“. Dalšími významně zastoupenými příčinami je nezachycený skelet (6 %), dlouhý implantát (6 %), technická chyba (5 %).

V grafu 19 je zaznamenán vývoj počtu opakovaných snímků z jednotlivých příčin v letech 2013–2018.





Graf 19: Vývoj počtu příčin opakovaných snímků v nemocnici C

Z grafu 19 je zřejmé, že v období 2013–2018 počet opakovaných expozic z jednotlivých příčin se v jednotlivých letech měnil, není ale zřejmý žádný dlouhodobý trend. O žádné z uvedených příčin není možné říct, že by její zaznamenaný počet měl v celém sledovaném období rostoucí, nebo klesající tendenci. Největší výkyvy v absolutním počtu zaznamenaných příčin jsou patrné u pohybu pacienta, který byl nejvíce zaznamenávanou příčinou, ale i v tomto případě je vidět, že například v letech 2014 a 2017 její počet ve srovnání s předchozím rokem klesl, v ostatních letech (2015, 2016, 2018) její počet rostl.

Zpracovaná data z NIS pro CT

V NIS jsem si také vyhledal záznamy o opakovaných CT vyšetření na čtyřech přístrojích za roky 2013–2018. Celkem jsem v systému dohledal záznamy o 5 opakovaných CT.

**Kazuistika 1:** V roce 2016 došlo k opakování topogramu z důvodu špatné centrace při provádění nativního CT hlavy u muže staršího šedesáti let.

**Kazuistika 2:** V roce 2016 bylo opakováno CT vyšetření hlavy u pacienta mladšího 18. let z důvodu pohybu pacienta. Vyšetření bylo prováděno s podáním kontrastní látky.

**Kazuistika 3:** V roce 2016 bylo opakováno CT vyšetření břicha s podáním kontrastní látky u muže ve věku 18–60 let z důvodu rozpojení hadičky od tlakového injektoru.

**Kazuistika 4:** V tomto případě došlo v roce 2017 k opakování CT při vyšetřování břicha u ženy ve věku 18–60 let z důvodu nedostatečného nabarvení střev kontrastní látkou.

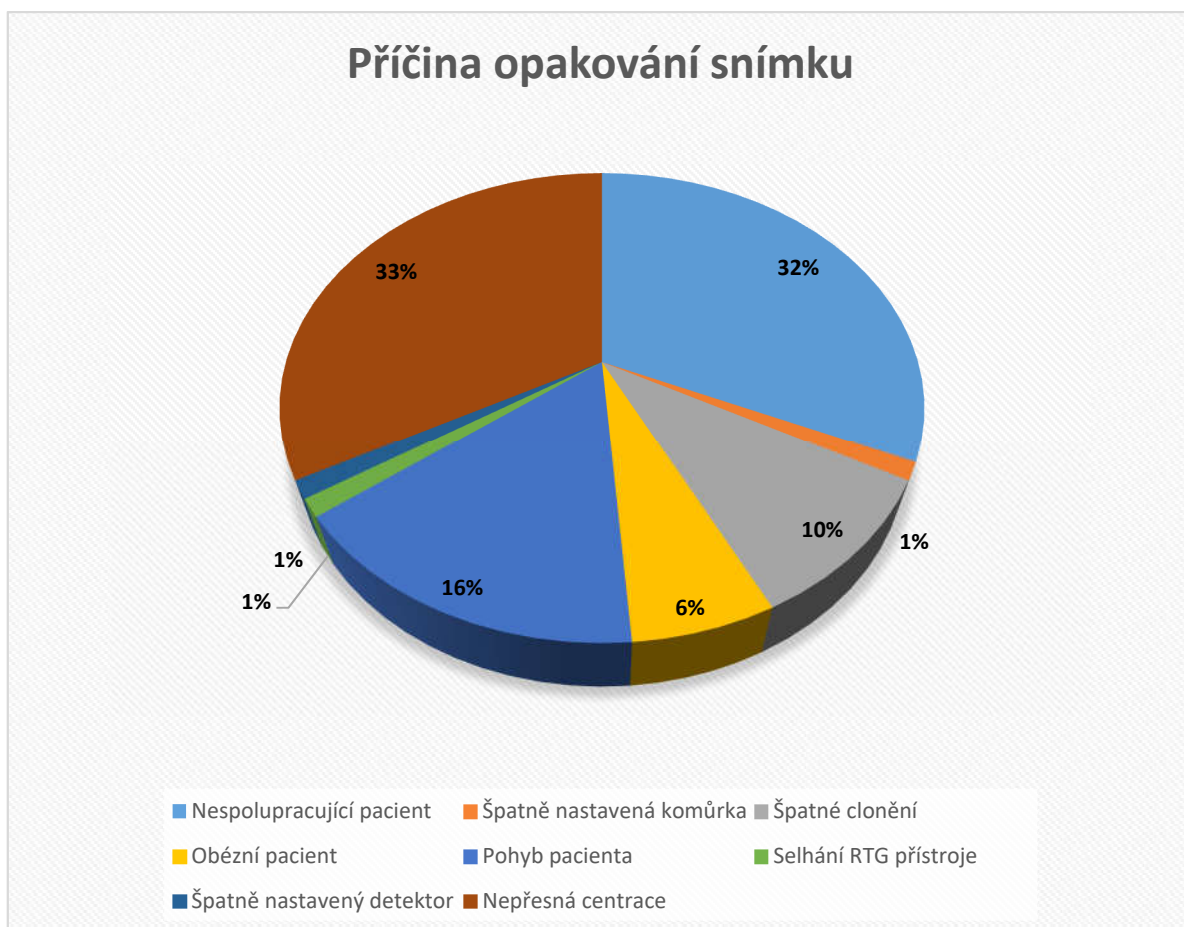
**Kazuistika 5:** V roce 2018 bylo opakováno nativním CT vyšetření plic u ženy ve věku 18–60 let z důvodu neklidu pacientky.

#### **5.2.4 Souhrnné výsledky z dotazníků na skiagrafii**

Níže uvádím souhrnně zpracované výsledky z vlastních dotazníků na skiagrafii. Celkem bylo do dotazníků na skiagrafii zaznamenáno 82 opakovaných snímků z celkem 46 072 provedených, což představuje 0,21 %. Ve 48 případech došlo k opakování snímku při vyšetřování muže (59 %), v 34 při vyšetřování ženy (41 %). Nejvíce opakovaných snímků bylo provedeno při rentgenování seniorů starších 60 let (38x; 46 %). U dospělých pacientů byly snímky opakovány 37x (45 %) a u dětí ve věku do 18 let 7x (9 %). Častěji se opakovaly snímky při vyšetřování pacienta vleže (49x; 60 %), než ve stoje u vertigrafu (33x; 40 %). Počty příčin opakovaných vyšetření jsou uvedeny v tabulce 15 a grafu 20.

Tabulka 15: Počty zaznamenaných příčin opakovaných snímků

Příčina opakování snímku	Četnost
Nepřesná centrace	27
Nespolupracující pacient	26
Pohyb pacienta	13
Špatné clonění	8
Obézní pacient	5
Špatně nastavená komůrka	1
Selhání RTG přístroje	1
Špatně nastavený detektor	1
<b>Celkem</b>	<b>82</b>

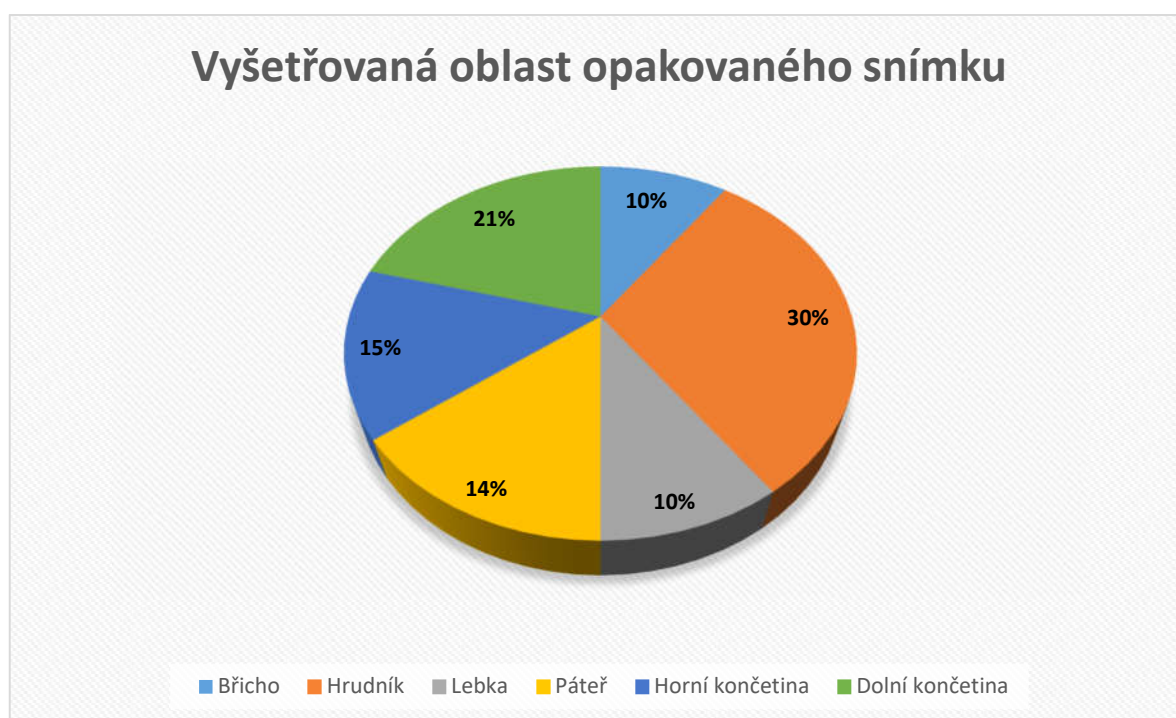


Graf 20: Příčiny opakování snímků

Nejčastěji docházelo k opakovaným snímkům při vyšetřování hrudníku (25x) a dolní končetiny (17x). Kompletní přehled je uvedený v tabulce 16 a grafu 21.

Tabulka 16: Vyšetřované oblasti opakovaných snímků

Vyšetřovaná oblast	Počet
Hrudník	25
Dolní končetina	17
Páteř	12
Horní končetina	12
Lebka	8
Břicho	8
<b>Celkem</b>	<b>82</b>



Graf 21: Vyšetřovaná oblast opakovaného snímku

Z grafu 21 vyplývá, že nejčastěji se opakovaly RTG snímky hrudníku (30 %), dolních končetin (21 %), páteře (14 %) a horních končetin (15 %).

### 5.2.5 Souhrnné výsledky CT

V tabulce 17 jsou uvedeny počty jednotlivých zaznamenaných příčin opakovaných CT vyšetření v nemocnicích B a C. V nemocnici A nebylo do dotazníků zaznamenáno žádné opakované vyšetření. Celkem bylo do dotazníků zaznamenáno 18 opakovaných vyšetření

Tabulka 17: Příčiny opakovaných CT vyšetření

Příčina opakování	Počet
Pohyb pacienta	7
Špatná kanylace	5
Selhání tlakové pumpy	4
Špatné načasování podání kontrastní látky	1
Rozmazání obrazu v důsledku zrychleného pohybu srdce	1
<b>Celkem</b>	<b>18</b>

Ve 12 případech byla použita kontrastní látka, 6 opakovaných CT bylo prováděno nativně. Došlo ke stejnému počtu opakování u mužů i žen, nejvíce opakovaných vyšetření bylo u dospělých pacientů (9x) a seniorů (6x). U dětí bylo opakované CT zaznamenáno 3x. Nejvíce bylo opakovaných CT vyšetření břicha (10x). Dále se opakovalo CT hrudníku (3x), mozku (3x), plic (1x) a srdce (1x).

## 6 DISKUSE

V praktické části bakalářské práce jsem se věnoval popisu obecně technických a organizačních podmínek na radiodiagnostických odděleních tří vybraných nemocnic. Dále jsem se zabýval zjišťováním příčin opakovaných vyšetření na skiografii a CT. Za tímto účelem jsem vytvořil dotazníky, do kterých jsem následně ve třech nemocnicích sbíral data. Do bakalářské práce jsem také zpracoval záznamy opakovaných snímků z nemocnice A za období 2016–2018 a tři kazuistiky, při kterých došlo v této nemocnici k opakovanému CT vyšetření z důvodu selhání přístroje. Dále jsem zpracoval záznamy opakovaných vyšetření na skiografii a CT z nemocnice C. Vzhledem k tomu, že jsem se ve své práci věnoval dvěma modalitám, rozdělil jsem i diskusi na část věnující se opakovaným expozicím na skiografii, respektive opakovaným vyšetřením na CT.

### 6.1 Příčiny opakovaných snímků na skiografii

Dotazníkovým šetřením jsem získal údaje o 82 opakovaných snímcích z celkem 46 072 provedených. Nejčastější zaznamenanou příčinou byla nepřesná centrace. Druhou nejčastější příčinou byl nespolupracující pacient a třetí nejčastější příčinou byl pohyb pacienta. Rozdíl mezi těmito variantami byl v tom, že varianta „nespolupracující pacient“ byla určena pro případy, kdy nespolupráce pacienta při vyšetření měla zásadní vliv na nutnost opakování snímku. V těchto případech nahrazovala i variantu „pohyb pacienta“. Tyto tři nejvíce zastoupené příčiny dohromady tvořily 81 % všech zaznamenaných příčin. Podle stanovené hypotézy jsem očekával, že nejčastější příčinou bude pohyb pacienta, který se v mé práci umístil až na třetím místě a nepřesná centrace, která se v mé práci stala nejčastější příčinou opakování snímků na skiografii. Vliv na počet zjištěných příčin mohl mít charakter nemocnic a složení jejich pacientů. V případě, že by se tato studie prováděla na pracovištích, kde se vyšetřují pouze ambulantní pacienti, mohly by být zjištěné nejčastější příčiny opakování snímků odlišné. Také pokud by se

dotazníkové šetření provádělo delší dobu, mohly by být výsledky trochu jiné, neboť prováděná vyšetření mohou být v průběhu roku ovlivněna například množstvím úrazů ze sezónních sportů. Více opakovaných expozic bylo provedeno u mužů (o 18 % více) než u žen. Převažovaly také opakované snímky prováděné u pacientů vleže (60 %), což může být způsobeno tím, že v této poloze se provádí více projekcí náročných na přesné nastavení pacienta (například bočné snímky páteře u omezeně spolupracujících pacientů) a také jsou vleže vyšetřováni špatně spolupracující pacienti, kteří nedokáží stát u vertigrafu (např. u RTG hrudníku). K nejvíce opakovaným expozicím došlo při snímkování hrudníku (30 %) a dolních končetin (21 %). K tomu bychom mohli říci, kterých snímků se provádí procentuálně nejvíce, bychom potřebovali znát celkové počty prováděných snímků jednotlivých částí těla. Nejvíce zaznamenaných opakovaných expozic bylo provedeno u seniorů, nejméně u dětí. Tato skutečnost je ale ovlivněna tím, že v jedné ze tří nemocnic, kde probíhal sběr dat, nejsou děti vyšetřovány vůbec a také tím, že u dětí je snaha maximálně omezovat používání zobrazovacích modalit, které využívají ionizující záření.

Příčinami opakovaných snímků se věnovali ve svých studiích také Hofmann Bjørn a Chih-Sheng Lin (24) (25). V tabulce 18 je porovnání jejich výsledků těchto studií s vlastními výsledky.

Hofmann Bjørn se ve své studii zabýval zjišťováním příčin opakovaných snímků na RTG pracovištích a své výsledky porovnával s dalšími studiemi, které se zabývaly příčinami opakovaných expozic na pracovištích s nepřímou digitalizací a analogovou technologií. Sledoval také počet procent opakovaných snímků u jednotlivých technologií. (24)

Chih-Sheng Lin se ve své práci také věnoval příčinám opakovaných expozic na skiografii. Nejprve zjistil příčiny opakovaných snímků a jejich množství, dále pak na základě zjištěných výsledků vydal doporučení pro personál. Následně po dvou

měsících provedl znovu analýzu příčin opakovaných snímků a jejich množství a zjistil, že počet opakovaných snímků klesl přibližně o jedno procento. Do tabulky 17 jsem uvedl hodnoty před vydáním doporučení pro personál. (25)

Porovnání s těmito studii uvádím v tabulce 18. Znak „–“ znamená, že varianta nebyla v dané studii sledována.

Tabulka 18: Porovnání vlastních výsledků se zahraničními studii<sup>(24) (25)</sup>

<b>Příčina opakování</b>	<b>Hofmann Bjørn</b>	<b>Chih-Sheng Lin</b>	<b>Vlastní výzkum</b>
Špatné nastavení pacienta	51 %	56 %	–
Špatná centraxe	31 %	–	33 %
Ostatní	9 %	–	–
Špatné clonění	6 %	–	10 %
Artefakty	2 %	21 %	–
Špatná expozice	1 %	4 %	–
Pohyb pacienta	–	12 %	16 %
Selhání RTG přístroje	–	7 %	1 %
Nespolupracující pacient	–	–	32 %
Obézní pacient	–	–	6 %
Špatně nastavený detektor	–	–	1 %
Špatně nastavená komůrka	–	–	1 %

Zaznamenávané varianty, které se v těchto studiích shodují s variantami ve vlastním dotazníkovém šetření jsem využil pro porovnání výsledků. Zatímco ve studii, kterou provedl Hofmann Bjørn tvořila nepřesná centraxe 31 % příčin, v mém výzkumu tvořila téměř stejně, 33 %. Špatné clonění v jeho výsledcích představovalo 6 % příčin, v mé práci 10 %. V porovnání se studií provedenou Chih-Sheng Lin je zase zřejmé, že v mé studii tvoří o 4 % více pohyb pacienta.



U porovnaných příčin je ale zřejmé, že se vlastní výsledky zásadně neodlišují od těchto studií. Ostatní zaznamenávané příčiny nelze přímo porovnat.

V tabulce 19 uvádím porovnání dat získaných z vlastního dotazníkového šetření se zpracovanými daty z nemocnice A před změnou metodiky zaznamenávání příčin opakovaných snímků.

Tabulka 19: Porovnání dat z dotazníků s daty z nemocnice A

Pracoviště:	Pracoviště č. 1	Pracoviště č. 2	Pracoviště č. 3	Data z dotazníků
Příčina opakování	1	Pohyb pacienta	Nepřesná centrace	Nepřesná centrace
	2	Nepřesná centrace	Pohyb pacienta	Nespolupracující pacient
	3	Selhání RTG přístroje	Nespolupracující pacient	Selhání RTG přístroje

Z tohoto srovnání je zřejmé, že nepřesná centrace, která se stala nejčastější příčinou opakování snímků na skiografii v mém dotazníkovém šetření prováděném ve třech nemocnicích, byla zároveň nejčastější příčinou opakování snímků na dvou ze tří pracovišť nemocnice A. Pohyb pacienta, který byl na pracovišti č. 1 nejvíce zastoupený a na pracovištích č. 2 a č. 3 druhý nejvíce zastoupený byl ve vlastním dotazníkovém šetření až na třetím místě.

V nemocnici C byl nejčastější příčinou opakování expozic dle dat získaných z NIS pohyb pacienta, který byl v mém výzkumu umístěn na třetím místě.

## 6.2 Příčiny opakovaných CT vyšetření

Do dotazníků, které jsem rozmístil ve třech nemocnicích na osmi pracovištích po dobu dvou měsíců, bylo zaznamenáno celkem 18 opakovaných vyšetření. Nejčastější zaznamenanou příčinou byl v souladu se stanovenou hypotézou pohyb

pacienta. Druhým nejvíce zastoupeným důvodem opakování byla špatná kanylace, která byla zaznamenána 5x v nemocnici B.

Vyšší počet opakovaných vyšetření z důvodu špatné kanylace může být způsoben tím, že v době provádění sběru dat na tomto pracovišti docházelo k zaučování nových radiologických asistentů, kteří ještě neměli s kanylací mnoho zkušeností. Zároveň může být vyšší počet opakovaných CT z důvodu selhání tlakové pumpy na tomto pracovišti ovlivněn tím, že pracoviště bylo vybaveno novou přístrojovou technikou (instalovanou před přibližně půl rokem), se kterou se někteří RA ještě zaučovali. Z celkového počtu 18 opakovaných vyšetření na 8 pracovištích za 2 měsíce je také zřejmé, že k opakování vyšetření nedochází často. V průměru se opakuje přibližně jedno vyšetření na každém pracovišti jedenkrát za měsíc. Pro zlepšení výsledků výzkumu by bylo vhodné provádět sběr dat delší dobu.

Na CT bylo provedeno nejvíce opakovaných vyšetření u dospělých pacientů. Rozdíl oproti skiografii může být podle mého názoru způsoben tím, že CT vyšetření není tolik náročné na spolupráci pacienta.

## 7 ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce jsem popsal vlastnosti RTG záření, problematiku radiační ochrany a principy vybraných radiodiagnostických metod. V praktické části jsem se věnoval zjišťování příčin opakovaných vyšetření na skiografii a CT. Také jsem v praktické části popsal obecně technické a organizační podmínky na radiodiagnostických odděleních nemocnic, ve kterých jsem prováděl sběr dat. Za účelem zjištění příčin opakovaných vyšetření jsem vytvořil vlastní dotazníky, jejichž prostřednictvím jsem následně provedl sběr dat. Také jsem v práci zpracoval data z dokumentace vedené nemocnicemi, která mi umožnila provést retrospektivní studii příčin opakovaných vyšetření. Vlastní výsledky ze skiografie jsem také porovnal s dalšími pracemi.

Z provedeného dotazníkového šetření jsem zjistil, že nejčastějšími příčinami opakovaných expozic na skiografii byly nepřesná centrace a nespolupracující pacient. Stanovená hypotéza se v případě opakovaných snímků na skiografii potvrdila pouze částečně, neboť v rozporu s hypotézou nebyl nejčastější příčinou pohyb pacienta. V případě opakovaných CT vyšetření se potvrdila stanovená hypotéza, neboť jsem zjistil, že nejčastějšími příčinami opakovaných vyšetření je pohyb pacienta a špatná kanylace.

V diskusi jsem své výsledky ze skiografie porovnal s několika studiemi. Z tohoto porovnání je zřejmé, že vlastní výsledky se u srovnatelných sledovaných příčin odlišují pouze v řádu jednotek procent.

Počet opakovaných vyšetření je jedním z kritérií, pomocí kterých je možné sledovat kvalitu radiodiagnostických pracovišť. Na základě zjištění nejčastějších příčin opakování vyšetření je možné se na tyto příčiny více zaměřit a provést opatření ke snížení jejich počtu.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

3D	trojrozměrný
CD	Compact Disc
CR	Computed Radiography (nepřímá digitalizace)
CT	Computed Tomography (výpočetní tomografie)
ČR	Česká republika
EBT	Electron Bean Tomography (tomografie elektronovým svazkem)
Gy	jednotka gray
HU	Hounsfieldovy jednotky
IV	intravenózní
IZ	ionizující záření
KL	kontrastní látka
MDCT	Multiple Detetector Computed Tomography (vícedetektorová výpočetní tomografie)
MR	magnetická rezonance
NIS	nemocniční informační systém
ORL	otorhinolaryngologie
PACS	Picture Archiving and Communication System (systém pro archivaci a sdílení obrazových dat)
PET	pozitronová emisní tomografie
RA	radiologický asistent
RDG	radiodiagnostický
RTG	rentgen
SPECT	jednofotonová emisní tomografie
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
T	Tesla

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

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

2. **Ullmann, Vojtěch.** *astronuklfyzika.cz. Aplikace ionizujícího záření- jaderné a radiační metody.* [Online] [Citace: 19. listopadu 2018.]  
<http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>.

3. **Česká Republika.** zákon 263/2016 Sb. atomový zákon. [Online] SÚJB, 2016. [Citace: 20. února 2019.] <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/263-2016.pdf>.

4. **Prouza, Zdeněk.** Principy radiační ochrany - bezpečnost a ochrana zdraví při práci. *BOZPinfo.cz.* [Online] Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., 25. únor 2008. [Citace: 7. února 2019.] <https://www.bozpinfo.cz/principy-radiacni-ochrany-bezpecnost-ochrana-zdravi-pri-praci>.

5. **Súkupová, Lucie.** *Radiační ochrana při rentgenových výkonech.* Praha : Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.

6. **Česká Republika.** vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. *SÚJB.* [Online] 2016. [Citace: 20. února 2019.]  
<https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/sb0172-2016.pdf>.  
ISSN 1211-1244.

7. **Podzimek, František.** *Radiologická fyzika.* Praha : ČVUT, 2017. ISBN 978-80-01-05319-5.

8. **ÚOCHB AV.** *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření.* [Online] [Citace: 6. Března 2019.]

[https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8i9ae5O3gAhUHJVAKHsBtcQjB16BAgBEAM&url=https%3A%2F%2Fwww.uochb.cz%2Fweb%2Fdocument%2Fcms\\_library%2F758.pdf&psig=AOvVaw3hNPLAo7w2UBp0OMhufmv\\_&ust=1551970889267286](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8i9ae5O3gAhUHJVAKHsBtcQjB16BAgBEAM&url=https%3A%2F%2Fwww.uochb.cz%2Fweb%2Fdocument%2Fcms_library%2F758.pdf&psig=AOvVaw3hNPLAo7w2UBp0OMhufmv_&ust=1551970889267286).

9. **Ferda, Jiří, a další.** *Základy zobrazovacích metod.* Praha : Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.

10. **SÚRO, v.v.i.** Biologické účinky ionizujícího záření. *Státní ústav radiacní ochrany, v.v.i.* [Online] [Citace: 24. Února 2019.] <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>.

11. **Sirový, Ladislav.** Deterministické účinky. *Radiobiologie.* [Online] [Citace: 13. května 2019.] <http://fbmi.sirdik.org/7-kapitola/75/752.html>.

12. **Nemocnice Jihlava.** Ionizující záření. *Nemocnice Jihlava.* [Online] 7. Března 2011. [Citace: 24. Února 2019.] <https://www.nemji.cz/ionizujici-zareni/d-3768/p1=3218>.

13. **Súkupová, Lucie.** Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice... *Kontinuální a pulzní skiaskopie.* [Online] 2011-2018. [Citace: 26. prosince 2018.] <http://www.sukupova.cz/kontinualni-a-pulzni-skiaskopie/>.

14. **Skalická, Zuzana Freitinger.** Účinky ionizujícího záření na tkáňové úrovni. [Online] [Citace: 24. Února 2019.] <https://slideplayer.cz/slide/13246785/>.

15. **Súkupová, Lucie.** Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice, ale i mimo ni, aneb co by Vás mohlo zajímat.... [Online] 7. ledna 2013. [Citace: 22. dubna 2019.] <http://www.sukupova.cz/davky-z-jednotlivych-rentgenovych-vysetreni/>.

16. **Nesejtová, Šárka.** *Radiační mimořádné události a radiologické události v radiodiagnostice.* [Diplomová práce] Kladno : ČVUT FBMI, 2018.  
<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80795/FBMI-DP-2018-Nesejtova-Sarka-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
17. **Rosina, Jozef, a další.** *Biofyzika pro zdravotnické a biomedicínské obory.* Praha : Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4237-3.
18. **Ferda, Jiří, Kreuzberg, Boris a Novák, Milan.** *Výpočetní tomografie.* Praha : Galén, 2002. ISBN 80-7262-172-6.
19. **Válek, Vlastimil a Eliáš, Pavel.** *Moderní radiologické metody.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1998. ISBN 80-7013-294-9.
20. **Vomáčka, Jaroslav.** *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.
21. **Lambert.** Lékařské klasifikace-Online kalkulačky- Skóre-tabulky- MKN. *Hounsfieldovy jednotky.* [Online] 11. září 2008. [Citace: 30. prosince 2018.]  
[http://www.mudr.org/web/hounsfieldovy-jednotky.](http://www.mudr.org/web/hounsfieldovy-jednotky)
22. **Heřman, Miroslav.** *Základy radiologie.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.
23. **Andersen, Eivind Richter a Jorde, Jannike.** Reject analysis in direct digital radiography. *Acta Radiologica.* [online]. 2012, 53(2), 174-178 [Citace: 24. února 2019.]. DOI: 10.1258/ar.2011.110350. ISSN 0284-1851.  
<http://journals.sagepub.com/doi/10.1258/ar.2011.110350>
24. **Hofmann, Bjørn a Rosanowsky, Blomberg Tine.** Image rejects in general direct. *Acta Radiologica Open* [online]. 2015, 4(10) [Citace: 26. února 2019.].

DOI: 10.1177/2058460115604339. ISSN 2058-4601.

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2058460115604339>

25. **Chih-Sheng, Lin, Po-Chou, Chan a Kuang-Hua, Huang.** Guidelines for reducing image retakes. *Advances in Mechanical Engineering*. 2016, 6. [online]. 2016, 8(4) [Citace: 13. března 2019.] DOI: 10.1177/1687814016644127. ISSN 1687-8140.  
<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1687814016644127>

26. **SÚJB.** Nové atomové právo. *SÚJB - Státní úřad pro jadernou bezpečnost*. [Online] [Citace: 7. února 2019.] <https://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo/>.

27. **Votrubová, Jana.** *Klinické PET a PET/CT*. Praha : Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-619-9.



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Sledované pásmo.....	19
Obrázek 2: Kontrolované pásmo.....	20
Obrázek 3: Deterministické a stochastické účinky IZ.....	21
Obrázek 4: Konstrukce rentgenek.....	25
Obrázek 5: Principiální schéma rentgenového zobrazení.....	26
Obrázek 7: Konstrukce EBT .....	29
Obrázek 8: Ukázka možností programu „RTG“ používaném v nemocnici C .....	38

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf 1: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti 2 v nemocnici A.....	45
Graf 2: Vyšetřovaná oblast opakovaného snímku v nemocnici A .....	46
Graf 3: Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti č. 1 nemocnice A.....	47
Graf 4: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 1 nemocnice A, I. část .....	48
Graf 5: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č.1 nemocnice A, II. část .....	49
Graf 6: Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti č. 2 nemocnice A.....	50
Graf 7: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 2 nemocnice A, I. část .....	51
Graf 8: Příčiny opakovaných snímků, na pracovišti č. 2 nemocnice A, II. část....	52
Graf 9: Vývoj počtu opakovaných snímků na pracovišti č. 3 nemocnice A.....	53
Graf 10: Příčiny opakovaných snímků na pracovišti č. 3 nemocnice A .....	54
Graf 11: Vývoj počtu příčin opakovaných snímků na pracovišti 3 nemocnice A	55
Graf 12: Příčiny opakování snímků v nemocnici B .....	58
Graf 13: Vyšetřovaná oblast při opakování snímku v nemocnici B.....	59
Graf 14: Příčiny opakovaných CT v nemocnici B .....	60
Graf 15: Příčina opakování snímků (nemocnice C).....	61
Graf 16: Vyšetřovaná oblast u opakovaných snímků v nemocnici C .....	61
Graf 17: Vývoj počtu opakovaných vyšetření v nemocnici C.....	63
Graf 18: Příčiny opakování snímků v nemocnici C.....	63
Graf 19: Vývoj počtu příčin opakovaných snímků v nemocnici C .....	65
Graf 20: Příčiny opakování snímků .....	67
Graf 21: Vyšetřovaná oblast opakovaného snímku.....	68

## 12 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Obecné dávkové limity pro obyvatele .....	15
Tabulka 2: Dávkové limity pro radiační pracovníky .....	15
Tabulka 3: Dávkové limity pro studenty a učně.....	16
Tabulka 4: Porovnání hodnot efektivních dávek při RTG a CT vyšetření.....	22
Tabulka 5: Hodnoty Hounsfieldových jednotek pro vybrané tkáně .....	30
Tabulka 6: Porovnání RDG oddělení nemocnic.....	43
Tabulka 7: Počty příčin opakovaných snímků v nemocnici A.....	45
Tabulka 8: Příčiny snímků na pracovišti č.1 nemocnice A, I. část.....	48
Tabulka 9: Opakované snímky na pracovišti č. 1 nemocnice A, II. část .....	49
Tabulka 10: Opakované snímky na pracovišti č. 2 nemocnice A, I. část .....	51
Tabulka 11: Opakované snímky na pracovišti č. 2 nemocnice A, II. část.....	52
Tabulka 12: Příčina opakování snímků na pracovišti č. 3 nemocnice A.....	54
Tabulka 13: Příčiny opakovaných snímků v nemocnici B.....	58
Tabulka 14: Příčiny opakovaných vyšetření v nemocnici C .....	64
Tabulka 15: Počty zaznamenaných příčin opakovaných snímků .....	67
Tabulka 16: Vyšetřované oblasti opakovaných snímků.....	68
Tabulka 17: Příčiny opakovaných CT vyšetření .....	69
Tabulka 18: Porovnání vlastních výsledků se zahraničními studii .....	72
Tabulka 19: Porovnání dat z dotazníků s daty z nemocnice A.....	73

## 13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Průvodní dopis .....	85
Příloha 2: Dotazník pro CT pracoviště.....	86
Příloha 3: Dotazník pro skiografická pracoviště.....	87

## 14 PŘÍLOHY

Příloha 1: Průvodní dopis



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

### Dotazník k bakalářské práci

### Nejčastější příčiny opakování vyšetření na radiodiagnostickém oddělení

Vážená paní/vážený pane,

jmenuji se Lukáš Klinkáček a jsem studentem 3. ročníku oboru radiologický asistent na FBMI ČVUT v Praze. Chtěl bych Vás požádat o pomoc se získáváním dat k vytvoření mé bakalářské práce zabývající se mimo jiné příčinami opakovaných vyšetření na CT.

Opakovaná vyšetření zaznamenávejte prosím do tabulky.

Děkuji Vám za Váš čas i za pomoc se sběrem dat.



Příloha 3: Dotazník pro skiografická pracoviště

**Nejčastější příčiny opakování vyšetření na skiografii**

označení pracoviště: \_\_\_\_\_

datum	pohlaví M/Ž	věková skupina*	poloha pacienta**	příčina opakování ***	vyšetřovaná oblast ****
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				
	M / Ž				

**věková skupina \***

1	dítě 0 - 18 let
2	dospělý 18 - 60 let
3	senior 60 + let

**poloha pacienta \*\***

1	vleže
2	vestoje

**příčina opakování \*\*\***

1	nespolupracující pacient
2	špatný vyšetřovací protokol
3	špatně nastavená komůrka
4	špatné clonění
5	obézní pacient
6	pohyb pacienta
7	selhání RTG přístroje
8	špatně nastavený detektor
9	nepřesná centrace

**vyšetřovaná oblast \*\*\*\***

1	břícho
2	hrudník
3	lebka
4	páteř
5	horní končetina
6	dolní končetina

Tento dotazník slouží k získání dat pro bakalářskou práci s názvem: "Nejčastější příčiny opakování vyšetření na skiografii"  
 Děkuji Vám za Váš čas i za pomoc se sběrem dat.  
 Klíkáček Lukáš, student FBMI ČVUT