



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Porovnání radiční zátěže pacientů s endoprotézami v těle a bez nich

Comparison of Radiation Exposure of Patients with and without Endoprosthesis in the Body

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Lukáš Machálek

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

Kladno 2022



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Machálek** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **491688**
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:

Porovnání radiační zátěže pacientů s endoprotézami v těle a bez nich

Název bakalářské práce anglicky:

Comparison of Radiation Exposure of Patients with and without Endoprosthesis in the Body

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude porovnání radiační zátěže pacientů s endoprotézami v těle a bez nich. V teoretické části bude popsána obecná problematika rentgenového záření, jeho využití ve vybraných oblastech medicíny, konstrukční řešení RTG přístrojů a digitálních zobrazovacích systémů, dozimetrie ionizujícího záření a budou zde uvedeny základy radiační ochrany v radiodiagnostice. Práce se rovněž bude věnovat vybraným endoprotézám v těle pacienta a úloze radiologického asistenta při vyšetření pacientů s endoprotézami. V praktické části student popíše postupy při vyšetřování pacientů s endoprotézami na vybraném pracovišti radiodiagnostiky. Na základě údajů získaných z pracoviště porovná radiační zátěž pacientů s endoprotézami a bez nich u vybraných kloubů. V praktické části bude rovněž provedeno dotazníkové šetření mezi radiologickými asistenty, které se bude zabývat úlohou radiologického asistenta při skiagrafií pacienta s endoprotézami.

Seznam doporučené literatury:

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

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jana Hudzietzová, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Mgr. Tomáš Schilla

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **23.09.2023**

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

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Porovnání radiační zátěže pacientů s endoprotézami v těle a bez nich“ vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 11.05.2022

.....
Lukáš Machálek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval své vedoucí bakalářské práce Ing. Janě Hudzietzové, Ph.D. za trpělivost, cenné rady, připomínky a veškerý čas, který mi při psaní této práce věnovala. Dále mé poděkování patří Mgr. Tomáši Schillovi, Bc. Christině Konstantidiniové a všem zaměstnancům Kliniky zobrazovacích metod 2. LF UK a FN Motol za zodpovězení veškerých dotazů a pomoc při sběru dat k praktické části této práce. V neposlední řadě děkuji mé rodině a přátelům za trpělivost a podporu během celého studia.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou radiační zátěže u pacientů s kovovými endoprotézami v těle, respektive bez nich.

V teoretické části bakalářské práce je popsána problematika ionizujícího záření v oblasti medicíny. Následně jsou zmíněny rentgenové přístroje, jejich detekční a dozimetrické systémy. Dále se tato práce zabývá endoprotetickými materiály, jejich využitím a fixací. Je také zmíněna radiační ochrana v radiodiagnostice, vybrané dozimetrické veličiny a úloha radiologického asistenta při rentgenovém vyšetření u pacientů s endoprotézami.

V praktické části je nejprve proveden přehled počtu vyšetření vybraných kloubů v letech 2017-2021 na dospělé části vybrané kliniky zobrazovacích metod. Na základě těchto dat je porovnávána radiační zátěž u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou kyčelního a kolenního kloubu. Součástí praktické části je také dotazníkové šetření, které proběhlo na vybrané klinice zobrazovacích metod. Otázky se týkaly údajů o respondentovi, práce radiologických asistentů s pacienty s endoprotézou a ovlivnění radiační zátěže pacientů.

Klíčová slova

Ionizující záření; rentgenové přístroje; radiační zátěž; endoprotéza; KAP metr

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the issue of radiation exposure in patients with and without metallic endoprostheses in their body.

The theoretical part of the bachelor thesis describes the issue of ionizing radiation in the field of medicine. Subsequently, X-ray devices, detection and dosimetry systems are mentioned. Furthermore, this thesis deals with endoprosthetic materials, their use and fixation. Radiation protection in radiodiagnosis, selected dosimetric quantities and the role of the radiologist assistant in the X-ray examination of patients with endoprostheses are also mentioned.

In the practical part, data collection is first performed on a specific number of examinations of selected joints between 2017 and 2021, in the adult part of the Clinic of Imaging Methods. Based on these data, the radiation exposure in patients with and without hip and knee arthroplasty is compared. The practical part also includes a questionnaire survey conducted at the Clinic of Imaging Methods. The questions were related to the respondent's data, the work of radiologist assistants with endoprosthesis patients and the impact of radiation exposure on patients.

Keywords

Ionizing radiation; X-ray devices; radiation exposure; endoprosthesis; KAP meter

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce.....	10
3	Přehled současného stavu.....	11
3.1	Ionizující záření.....	11
3.1.1	Zdroje ionizujícího záření	12
3.1.2	Charakteristika rentgenového záření	12
3.1.3	Využití rentgenového záření v medicíně.....	13
3.2	Rentgenové přístroje	16
3.2.1	Rentgenka.....	16
3.2.2	Filtrace.....	18
3.2.3	Primární a sekundární clony	18
3.2.4	Kolimační a lokalizační systém	19
3.2.5	Řídicí jednotka se zdrojem elektrické energie.....	19
3.2.6	KAP metr	20
3.2.7	Snímkovací stůl.....	21
3.2.8	Vertigraf	21
3.3	Zobrazovací systémy RTG záření	21
3.3.1	Nepřímá digitální radiografie	23
3.3.2	Přímá digitální radiografie.....	24
3.4	Endoprotézy v těle pacientů	26
3.4.1	Metoda fixace implantátu	27
3.4.2	Endoprotézy vybraných kloubů	27
3.5	Radiační ochrana v radiodiagnostice.....	30

3.5.1	Vybrané veličiny a jednotky v radiodiagnostice	31
3.5.2	Radiační ochrana pacientů.....	34
3.5.3	Radiační ochrana personálu na radiodiagnostickém oddělení ...	37
3.6	Rentgenové vyšetření pacientů s endoprotézami.....	38
3.6.1	Radiologický asistent.....	38
3.6.2	Pacienti indikovaní k endoprotéze kloubu.....	38
3.6.3	Standardní projekce při snímkování kyčle a kolene	39
4	Metodika.....	40
4.1	Sběr dat radiační zátěže pacientů na vybraném pracovišti.....	40
4.2	Dotazníkové šetření.....	43
5	Výsledky.....	44
5.1	Úloha radiologického asistenta při vyšetření pacientů s indikací endoprotézy na vybraném pracovišti	44
5.2	Sběr dat radiační zátěže na vybraném pracovišti.....	47
5.3	Dotazníkové šetření.....	56
6	Diskuze	70
6.1	Sběr dat radiační zátěže na vybraném pracovišti.....	70
6.2	Dotazníkové šetření.....	76
7	Závěr	82
8	Seznam použitých zkratk.....	83
9	Seznam použité literatury.....	84
10	Seznam použitých obrázků	91
11	Seznam použitých tabulek.....	93
12	Seznam příloh.....	94

1 ÚVOD

Ionizující záření (IZ) má v dnešní medicíně velmi významné postavení. Pomáhá nejen zobrazovat jednotlivé struktury lidského těla, ale také léčit nádorová i nenádorová onemocnění. Oblasti medicíny, ve kterých se ionizující záření využívá, se dělí do tří skupin, a to na radiodiagnostiku, radioterapii a nukleární medicínu.

Radiodiagnostika je velmi významnou součástí všech zdravotnických pracovišť. Díky vyšetřením, která jsou prováděna na tomto oddělení, mohou lékaři zhodnotit pacientův klinický stav a směřovat léčbu správným směrem. V tomto odvětví lze provádět vyšetření s použitím ionizujícího záření, ale i bez jeho použití. Vyšetření s použitím ionizujícího záření lze provést například na rentgenu, výpočetní tomografii nebo angiografii. Vyšetření bez použití ionizujícího záření se provádí například pomocí magnetické rezonance či ultrasonograficky.

Základním a nejběžnějším typem zobrazovacího vyšetření u pacientů s indikací endoprotézy je zobrazení pomocí rentgenového snímku. Jedná se o vyšetření s poměrně nízkou radiační zátěží oproti vyšetření pomocí výpočetní tomografie (CT) a se snadným provedením.

Tato bakalářská práce se bude zabývat porovnáním radiační zátěže u pacientů, kteří byli indikováni ke kloubní náhradě. V teoretické části bude zmíněna obecná problematika ionizujícího záření, rentgenových přístrojů, detekce a dozimetrie ionizujícího záření, endoprotéz a práce radiologického asistenta s těmito pacienty. V praktické části bude porovnána radiační zátěž u pacientů bez endoprotézy a následně s endoprotézou v těle. Součástí této práce bude také dotazníkové šetření určené radiologickým asistentům.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je porovnání radiační zátěže pacientů nejdříve bez endoprotézy v těle a následně s endoprotézou. Porovnání radiační zátěže bude provedeno na vybrané klinice zobrazovacích metod.

Porovnávány budou dva nejčastěji vyšetřované klouby na tomto zvoleném pracovišti. Následně budou nasbírána data týkající se radiační zátěže pacientů při vyšetření před implantací endoprotézy a poté po její implantaci. Tato data budou mezi sebou porovnána.

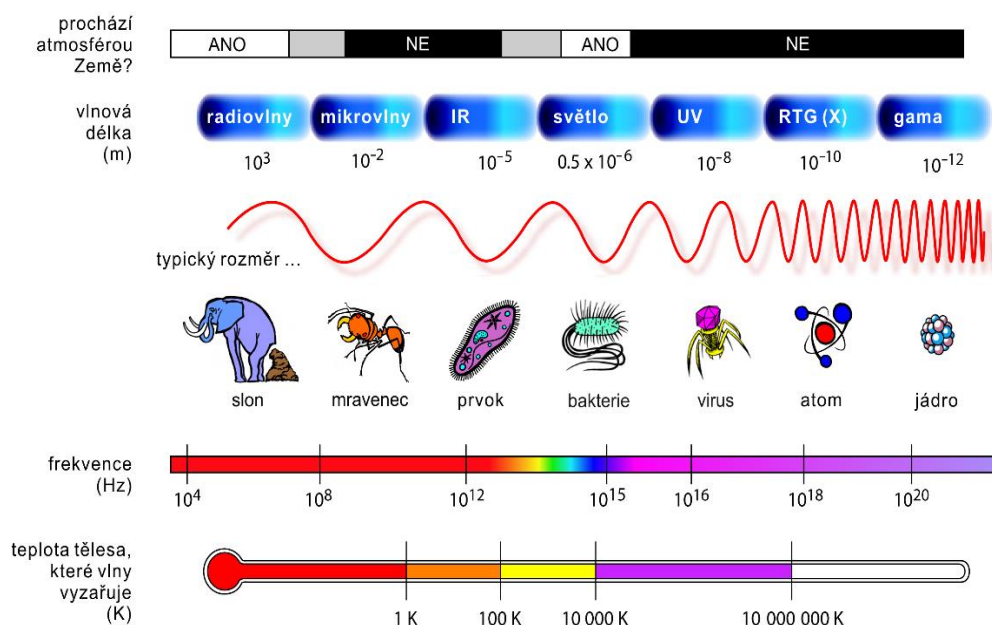
Dalším záměrem práce je získání informací od radiologických asistentů, kteří působí na tomto zvoleném pracovišti. Pro získání informací bude použita metoda dotazníkového šetření. V dotazníku budou kladeny otázky týkající se údajů o respondentovi, rentgenovém vyšetření pacientů s endoprotézami a ovlivnění jejich radiační zátěže.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

V přehledu současného stavu je zahrnuta problematika ionizujícího záření, přístrojového vybavení na nemocničním pracovišti, materiály endoprotéz implantované pacientům, radiační ochrana a úloha radiologického asistenta při rentgenových vyšetřeních.

3.1 Ionizující záření

Ionizující záření je takové záření, které má dostatek energie k tomu, aby mohlo ionizovat jiné atomy nebo molekuly ozářené látky. Pro záření α , β a fotonové záření je energetická hranice vyšší než 5 keV. Jedná se o přenos částic nebo elektromagnetických vln, jejichž délka je menší než 100 nm a frekvence větší než $3 \cdot 10^{15}$ Hz. Elektromagnetické spektrum je na obrázku 1. [1]



Obrázek 1 Elektromagnetické spektrum [2]

Ionizující záření se podle schopnosti vytvářet ionty rozděluje do dvou skupin, a to na přímo ionizující záření a nepřímo ionizující záření. [1]

Přímo ionizující záření vytváří nabité částice, které dokážou látku přímo ionizovat. Tyto nabité částice se dále rozlišují na lehké (např. elektrony, pozitrony) a těžké (např. částice α , protony). Mezi nepřímo ionizující záření se řadí nenabitě částice (neutrony, fotony), které nemají náboj. [1]

3.1.1 Zdroje ionizujícího záření

O rozdělení zdrojů ionizujícího záření a jejich podrobných definicích pojednává zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon [3] a jeho vyhláška 422/2016 Sb. [4]. Podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí se řadí do pěti kategorií – nevýznamné (např. požární hlásič), drobné (např. kalibrační přístroj s uzavřeným radionuklidovým zářičem), jednoduché (např. zubní rentgen), významné (např. urychlovač částic) a velmi významné (např. jaderný reaktor). Zdroje ionizujícího záření se dle vzniku rozdělují do dvou kategorií na přírodní zdroje ionizujícího záření a umělé zdroje ionizujícího záření. [3; 4]

Mezi přírodní zdroje řadíme kosmické záření (např. protony, částice α) a radionuklidy, které se volně vyskytují v zemské kůře. Vznikly při výbuchu supernovy a součástí Země se staly při formování sluneční soustavy. Označují se jako primární a nejvýznamnějšími radionuklidy jsou ^{238}U a ^{235}U , které mají velký význam pro průmyslové odvětví. V lidském organismu se vyskytuje například ^{40}K . Rozpadem těchto radionuklidů mohou vznikat sekundární (dceřiné) radionuklidy. Přírodní radionuklidy se v radiodiagnostice nevyužívají. [3; 4; 5]

Nejčastějším umělým zdrojem ionizujícího záření jsou generátory záření. Při jejich provozu vzniká energie větší než 5 keV (urychlovač částic, rentgenový přístroj). Mezi umělé zdroje ionizujícího záření se řadí také laboratorně připravované radionuklidy, které se v přírodě nevyskytují, jaderné reaktory a jaderné zbraně. [5]

3.1.2 Charakteristika rentgenového záření

Rentgenové (RTG) záření vzniká ve vakuové trubici – rentgence. Po dopadu urychlených elektronů na anodu se elektrony prudce zabrzdí a část jejich kinetické energie se změní na elektromagnetické záření. Toto záření tvoří dvě podsložky – brzdové a charakteristické. Brzdové záření má spojité spektrum a vzniká prudkým zabrzděním elektronů po dopadu na anodu. Charakteristické záření má spektrum čárové. Rychlé elektrony pronikají do nitra atomů materiálu

anody, kde vyrazejí vázané elektrony ze slupek K a L. Při přeskoku elektronů ze slupky L do slupky K se rozdílná energie vyzáří ve formě charakteristického záření. Rentgenové záření má krátkou vlnovou délku (10^{-9} až 10^{-11} m). Způsobuje zčernání fotografického papíru, čehož se využívá v medicíně. [6]

3.1.3 Využití rentgenového záření v medicíně

Ionizující záření má v medicíně velký význam. V roce 1895 byly Wilhelmem Conradem Röntgenem objeveny paprsky X vznikající v katodové trubici. [7] Historicky prvním rentgenovým snímkem je ruka manželky W. C. Röntgena (obrázek 2). Zanedlouho po objevu paprsků X se rozvinul obor označovaný jako radiologie, případně rentgenologie. [1; 5]



Obrázek 2 Historický první snímek pořízený W. C. Röntgenem [8]

Vzhledem ke způsobu využití ionizujícího záření se radiologie rozděluje do tří kategorií – na radiodiagnostiku, radioterapii a nukleární medicínu.

Radiodiagnostika

Radiodiagnostika je lékařský obor, který se zabývá určením diagnózy či léčbou nemocného v případě invazivní radiologie. Základním zobrazením v radiodiagnostice je sumační 2D obraz. Podle způsobu zobrazení se radiodiagnostika rozděluje na zobrazení statické (skiografie) a zobrazení dynamické (skiaskopie). [5]

Skiagrafie je základní zobrazení 3D objektu jako 2D obraz. Během vyšetření jsou pořizovány stacionární RTG snímky na stabilním přístroji ve vyšetřovně, případně na mobilním RTG přístroji (C-rameno, pojízdný RTG přístroj u lůžka nemocného). [7; 9]

Skioskopie je metoda, která sleduje dynamický obraz v čase. Jedná se o prosvěcování pacienta rentgenovým zářením. Nejčastěji se využívá pulzní skioskopie. Druhou možností je kontinuální skioskopie, která se ale kvůli vyšší radiační zátěži prakticky nevyužívá. Rozdíl mezi těmito druhy skioskopií je ve frekvenci pulzů za sekundu. Při pulzním režimu rentgenka nezáří kontinuálně, ale zapíná se jen na krátké okamžiky. Proto je nyní dominantou všech vyšetření. Skioskopie se využívá při zavádění instrumentária do cév nebo při vyšetření trávicího traktu. Vyšetření se provádí na pohyblivém přístroji (obrázek 3) pomocí kontrastní látky, která může být relativní kontraindikací tohoto vyšetření (alergie na jód). Z důvodu 2D zobrazení je nutné provádět snímkování alespoň ve dvou projekcích. Nejvíce se provádí projekce AP (předozaďní), LL (bočňá) a šikmá. Pokud by se vyšetření provedlo pouze v jedné projekci, může dojít k sumaci více struktur a patologie nemusí být rozpoznána. [5; 7; 6]



Obrázek 3 Skioskopický přístroj [autor]

Významný byl objev počítačové tomografie, kdy bylo umožněno 3D zobrazení. Princip vyšetření je stejně jako u 2D snímkování založen na průchodu rentgenového záření tělem pacienta a následným dopadem fotonů RTG záření na detektor. CT přístroj (obrázek 4) se skládá z vyšetřovacího stolu a gantry, ve kterém je umístěna rentgenka a naproti ní systém detektorů. Rentgenka s detektory se otáčí kolem pacienta a prozařuje vyšetřovanou oblast pod řadou různých úhlů. Intenzita RTG záření je detekována pomocí detektorů a převáděna na elektrický signál. Následně je vyhodnoceno zeslabení RTG záření v důsledku absorpce tkání a provedena rekonstrukce absorpční mapy. Tím vznikne denzitní obraz příčného řezu vyšetřovanou oblastí v rovině kolmé k ose rotace rentgenky a protilehlého detektoru. Výsledkem jsou anatomické řezy tělem pacienta, na kterých lze vidět orgány a tkáně samostatně a navzájem se nepřekrývají. [5; 7; 6]



Obrázek 4 CT přístroj [autor]

Radioterapie

Radioterapie je obor založený na biologických účincích ionizujícího záření, které jsou využívány pro nádorovou i nenádorovou terapii onemocnění. Pomocí vysokoenergetického záření se vpraví do konkrétního místa dostatečná dávka ke zničení cílového objemu se současným co nejmenším poškozením zdravých tkání. [5] Radioterapií se tato práce zabývat nebude.

Nukleární medicína

Nukleární medicína je obor, který se zabývá diagnostikou a terapií pomocí otevřených radionuklidových zářičů. Tyto radionuklidy jsou aplikovány do těla pacienta v podobě radiofarmak. Jeho pohyb a metabolismus v těle je sledován pomocí vhodné přístrojové techniky, případně měřením odebraných vzorků. Terapeutické radionuklidy se používají například k léčbě nádorů štítné žlázy. [6] Nukleární medicínou se tato práce zabývat nebude.

3.2 Rentgenové přístroje

Základem každého skiagrafického pracoviště je rentgenový přístroj. Téměř každé z pracovišť radiodiagnostiky je již v dnešní době plně digitalizováno, což umožňuje rychlejší a přesnější vyšetření než na pracovišti s analogovými zobrazovacími systémy. Hlavní součástí rentgenového přístroje je rentgenka produkující rentgenové záření, dále filtry, clony, lokalizační systémy, řídicí systémy a jiné součásti. Zobrazovací systémy RTG záření jsou popsány v samostatné kapitole.

3.2.1 Rentgenka

Základním vybavením rentgenového přístroje je rentgenová lampa neboli rentgenka. Jedná se o generátor rentgenového záření, které se využívá k vyšetření pacienta. Po průchodu RTG záření pacientem se část zeslabí, část se absorbuje v pacientovi a další část se rozptýlí. Zeslabení intenzity RTG záření I je popsáno v následující rovnici, kde I_0 značí původní intenzitu RTG záření, μ je lineární součinitel zeslabení a d je tloušťka absorbující vrstvy. [6]

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d}$$

Rentgenka je skleněná vakuová trubice, která se skládá, mimo jiné, ze dvou hlavních komponentů – katody a anody.

Záporně nabitá katoda, která je zpravidla z wolframu, obsahuje navinuté vlákno, které slouží jako zdroj elektronů. Vlákno je zahříváno proudem,

který řídí termickou emisi elektronů. Čím vyšší je teplota katodového vlákna, tím více elektronů se uvolňuje. Elektrony jsou fokuzovány pomocí fokuzčních mističek do úzkého svazku a přitahovány kladnou anodou, na kterou dopadají za vzniku rentgenového záření. [1; 5; 9]

Anoda je tvořena z kovového materiálu s vysokým protonovým číslem. Urychlené elektrony dopadají na terčík anody do místa termického ohniska. Tato ploška má tvar úzkého obdélníku. Čím menší je ploška termického ohniska, tím menší je geometrická neostrost. Optické ohnisko je geometrickým průmětem plošky na anodě, tedy termického ohniska. Po dopadu elektronů na anodu dochází k přeměně kinetické energie. 99 % kinetické energie přemění na tepelnou energii a pouze 1 % se přemění v rentgenové záření [5, s. 107]. Kvůli velkému množství tepelné energie dochází k zahřátí anody. Aby nedošlo k jejímu přehřátí, musí se zvolit správný materiál terčíku a dostatečně odvádět teplo. Z důvodu vysokého bodu tání se využívá nejčastěji wolfram s příměsí rhenia, v případě mamografie i molybden nebo rhodium. Existují dva druhy anody, a to pevná (stacionární) a rotační. [9; 6; 10; 11]

Jednodušším typem je anoda stacionární. Použitým materiálem je wolfram. Je připevněná na měděný blok, který pomáhá odvodu tepla z terčíku. Proud elektronů ale dopadá na stejné místo a může se přehřívat. Tím se omezuje množství použitého proudu a zároveň množství produkovaných fotonů. Používá se proto například jen u dentálních rentgenů. Rotační anoda významněji pomáhá odvodu tepla. Je tvořena z terčíku, který je připevněn na molybdenovou podstavu s grafitovým základem. Ten je spojen s měděným blokem tvořící část rotoru anody. Rotací anody dopadá svazek elektronů na různá místa terčíku a teplo je tak rozloženo na větší plochu a lépe odváděno. Dalším možným typem je rentgenka typu Straton. Tento typ byl vyvinut pro vyšší výkony. Urychlený svazek elektronů směřující z katody směrem k anodě je vychylován magnetickým polem vychylovacích cívek. Elektrony

dopadají do periferní části anody, která je v kontaktu s chladicí olejovou lázní. Rentgenka rotuje jako celek kolem své podélné osy. Výhodou je dokonalejší chlazení anody. [9; 6; 11]

Celá rentgenka je umístěna v ochranném krytu s otvorem, kterým vychází rentgenové záření. Kryt je tvořen kovy, jako je hliník a olovo. Pomáhá odstínit záření, které se šíří do všech směrů a otvor zároveň způsobuje fokuzaci svazku. Kolem vakuové trubice je olejová lázeň, která slouží jako chladicí medium, případně jsou zde umístěny chladicí ventilátory nebo tepelné výměníky. Přes ochranný kryt prochází kabely s velkým průřezem a silnými izolačními schopnostmi. [5]

3.2.2 Filtrace

RTG záření kratších vlnových délek a nízké energie nemají pro diagnostiku význam. Absorbují se již v kůži pacienta a zvyšují tak jeho radiační zátěž. Proto fotony vzniklé na terčičku anody prochází dvěma druhy filtrace. Nejprve základní filtrací, která je tvořena skleněnou evakuovanou baňkou, chladicím olejem a výstupním okénkem. Následně přídatnou filtrací, která má za cíl snížit množství fotonů s nízkou energií. Dochází k většímu zatížení rentgenky. [5; 6]

Kompenzační filtry se používají v místech s velkou nerovností nebo oblastí s nízkým útlumem ke snížení vysokých intenzit záření. Vkládají se do kolimátorové sestavy nebo do blízkosti trubicového portu. [5]

3.2.3 Primární a sekundární clony

Primární clona se nachází mezi rentgenkou a pacientem. Je umístěna ihned za terčičkem. Slouží k vymezení svazku záření, které dopadá na pacienta. Umožňuje vytvarování ozařované plochy na pacientovi a díky tomu snížit dávku záření. To má v radiační ochraně zásadní význam. Dříve se používaly jako clony tubusy, nyní jsou to především čelistové clony ve tvaru čtyřúhelníku tvořeny olověnými lamelami, které se dají oddalovat a přibližovat. [5; 6]

Sekundární clona je umístěna mezi pacientem a receptorem obrazu. Jedná se o mřížku z olova nebo wolframu absorbující rozptýlené záření, které neprochází ve směru osy svazku primárního záření a zhoršuje kvalitu obrazu. Použití sekundárních clon ale také způsobuje, zejména při nesprávném použití, pohlcení některých primárních fotonů. Snížením počtu primárních fotonů se navyšuje jejich produkce a výsledná dávka na pacienta je vyšší. Nejpoužívanější sekundární clonou je Bucky-Porterova clona, u které se lamely sbíhají do ohniska. Během expozice se pohybuje, její obraz se tedy rozmaže, a proto nejsou lamely na snímcích vidět. Lysholmova clona je tvořena tenkými proužky olova, prostor mezi nimi je proložen hliníkem. Během expozice se nepohybuje. Čím vyšší je počet lamel, tím je rušivý vliv na snímku nižší. Pro digitální zobrazení je nutná hustota alespoň 70 lamel na centimetr. [12] Možné je také použití Smithovy clony, ta se ale vzhledem k vysoké absorpci záření v praxi nepoužívá. [5; 9; 6]

3.2.4 Kolimační a lokalizační systém

Kolimační systém se skládá z tubusu, kde jsou nastavitelné clony. Ty vymezují geometrický svazek RTG záření. Nastavují se tak, aby svazek pokryl pouze zobrazovanou oblast a nebyly ozářeny další části těla. Pro správnou lokalizaci a nastavení zobrazovaného pole je v kolimačním systému instalován světelný lokalizační systém. To napomáhá ke správnému clonění místa ozáření a snížení radiační dávky pacientovi. [6]

3.2.5 Řídicí jednotka se zdrojem elektrické energie

Řídicí jednotka je nezbytnou součástí rentgenového přístroje. Řídí provozní podmínky během vyšetření. Nastavují se zde tři hlavní hodnoty – napětí, elektrický proud a čas expozice. V elektrickém obvodu rentgenky se reguluje a nastavuje anodové napětí a proud. [5; 6]

Anodové napětí je napětí přiváděné mezi katodu a anodu. Určuje maximální i střední energii fotonů vzniklého RTG záření. Čím vyšší je anodové napětí,

tím se posune spektrum RTG záření k vyšším energiím. V závislosti na zobrazovaných strukturách se napětí pohybuje v rozmezí 20 kV až 200 kV. [6]

Anodový proud určuje intenzitu RTG záření. Lze jej regulovat změnou žhavení katody. Při vyšším žhavení vlákna katody je emitováno více elektronů, rentgenkou protéká větší proud elektronů a intenzita RTG záření je vyšší. Průměrně se jedná o jednotky až stovky mA. [5; 6]

Anodový proud a napětí společně ovlivňují kvalitu obrazu – kontrast, prostorové rozlišení a šum. Mají také vliv na radiační zátěž pacienta. Ta je dána součinem příkonu fluence fotonů a expozičního času. Je tedy přímo úměrná součinu anodového proudu a expozičního času. V praxi se vyjadřuje v miliampér-sekundách (mAs). Jedná se o celkový náboj elektronů – elektrické množství, které při expozici projde rentgenkou. [5; 6]

3.2.6 KAP metr

KAP metr (Kerma Area Product) je zařízení (obrázek 5), pomocí nějž probíhá měření množství vyprodukovaného záření, na jehož základě se odhaduje radiační zátěž pacienta. Tato planparalelní ionizační komora je umístěna za výstupem rentgenky a její plocha pokrývá celé maximální pole RTG záření. KAP je součin kermy ve vzduchu a ozařované plochy. Nejčastěji se udává v jednotkách $\text{mGy} \cdot \text{cm}^2$. Na podobném principu pracují DAP metry (Dose Area Product). Ty oproti KAP metru měří součin absorbované vstupní dávky a velikosti ozařované plochy. Pro radiodiagnostiku jsou hodnoty kermy a dávky prakticky totožné. [6; 13; 14]



Obrázek 5 KAP metr [13]

3.2.7 Snímkovací stůl

K rentgenovému vybavení patří snímkovací stůl sloužící k uložení pacienta. Na něj jsou kladena různá kritéria. Snímkovací stůl musí být dostatečně pevný, nesmí se prohýbat ani pružit. Musí být co nejvíce transparentní pro rentgenové záření, a proto se k jeho výrobě používají karbonová vlákna. U stolu musí být zajištěn pohyb nejlépe všemi směry kvůli snadné manipulaci s pacientem. Základem je pohyb nahoru/dolů a posun ve směru longitudinální osy, nejčastěji se ale využívá plovoucí deska do všech směrů. Z hygienického hlediska je důležité, aby byl stůl snadno omyvatelný. Uvnitř snímkovacího stolu je umístěn detektor s Buckyho clonou. [15]

3.2.8 Vertigraf

Pro snímkování vestoje (případně vsedě) se využívá vertikální stojan (vertigraf). Kazeta nebo flat-panel detektor je umístěn samostatně mimo vyšetřovací lůžko. Při vyšetřování je rentgenka natočena horizontálně směrem k vertigrafu. Rentgenka se pohybuje pomocí kolejniček upevněných ve stropu nebo podlaze vyšetřovny. Vertigraf se může posouvat směrem nahoru a dolů pro zobrazení horních i dolních částí těla. U nových systémů se využívá autotracking – synchronizace rentgenky a zobrazovacího panelu. Vertigraf se využívá zejména při rentgenových vyšetřeních srdce a plic. [6]

3.3 Zobrazovací systémy RTG záření

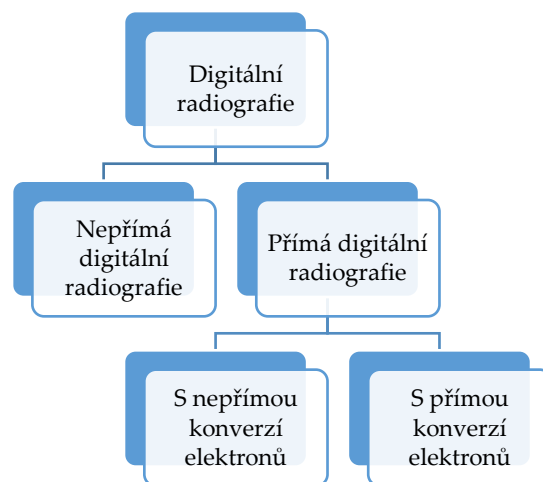
Rentgenové záření, které prošlo pacientem, je pro vznik obrazu nutné detekovat. K tomu slouží receptory obrazu.

Počátky radiologie byly postaveny na analogových zobrazovacích systémech. K provedení snímku se používal systém film-fólie založený na interakci fotonu RTG záření s receptorem obrazu citlivým na světlo. Film obsahoval želatinu, ve které byly krystalky bromidu stříbrného a malé množství dalších sloučenin stříbra. Na film byl zaznamenán interakcí fotonů RTG záření s krystalky stříbra latentní obraz, který byl následně ve vývojce změněn na viditelný obraz.

Následovala mezilázeň ve formě chemického roztoku, která způsobila ukončení působení vývojky. Aby při vystavení filmu viditelnému světlu nedošlo k dalšímu ozáření a vzniku nového latentního obrazu, prošel snímek procesem zvaným ustalování. Při ustalování se neozářené krystalky halogenu stříbra rozpustily a chemicky odstranily, čímž se obraz zafixoval. Dalším krokem bylo promytí vodou pro odstranění zbylých chemikálií a následoval krok sušení. Tento proces probíhal v kádinkách v temné komoře, aby při vyvolávání nedošlo k ozáření filmu. Později byly ruční postupy nahrazeny vyvolávacími automaty, které byly mnohem rychlejší a byly vhodné pro udržení konzistentní kvality obrazu. V dnešní době se toto zobrazení nahrazuje elektronickými zobrazovacími detektory, které mají výrazně lepší kontrast a rozlišení. [5; 6]

Digitální detektory RTG záření jsou „systémy, v nichž jsou detekované analogové hodnoty intenzity ozáření převedeny do digitální podoby v omezeném počtu úrovní a jsou k dispozici ke zpracování před zobrazením.“ [5, s. 128] Velkou výhodou těchto systémů je náhled obrazu ihned po provedení vyšetření a možnost provádět na něm další úpravy, tzv. postprocessing.

Digitální radiografie se dělí na dvě základní skupiny – přímou a nepřímou radiografii. Přímá radiografie se dále člení na digitální radiografii s přímou konverzí a nepřímou konverzí. [5; 9] Toto rozdělení přehledně ukazuje následující obrázek 6.



Obrázek 6 Rozdělení digitální radiografie [5]

3.3.1 Nepřímá digitální radiografie

Nepřímá digitální radiografie označovaná CR (Computed Radiography) využívá k zobrazování scintilátory. Scintilátory převádí fotony RTG záření na viditelné světlo, které je detekováno pomocí fotodiod. [5; 9]

Tento princip je podobný analogovým systémům, avšak na rozdíl od nich kazeta obsahuje místo fotografického filmu paměťovou fólii. Tato fosforová detekční fólie dokáže po nějakou dobu uchovat absorbovanou energii z fotonů RTG záření. Po dopadu fotonů RTG záření elektrony z fólie přejdou do vyššího energetického stavu. „Počet zachycených excitovaných elektronů na jednotku plochy zobrazovací desky je úměrný intenzitě rentgenových paprsků dopadajících v každém místě detektoru během rentgenové expozice.“ [5, s. 130] Vzniká latentní obraz. [5; 9]

Získávání obrazu se provádí ve čtecím zařízení (obrázek 7). Uvnitř se nachází laserové světlo červené barvy. Po vložení kazety s paměťovou fólií dojde k jejímu vyjmutí a následnému ozáření pixel po pixelu laserovým světlem. Zachycené elektrony uvolní se současným vyzářením fotonů viditelného světla. To je detekováno pomocí fotodiod a převedeno na elektrický náboj, který je v analogově-digitálním převodníku převeden na digitální signál. [9]



Obrázek 7 Čtecí zařízení pro nepřímou digitalizaci [autor]

Výhodou nepřímé digitalizace je možnost využití kazet s paměťovou fólií na desítky tisíc expozic. [5, s. 130] Pro další použití musí dojít k vymazání původního snímku pomocí intenzivního ozáření celé paměťové fólie. [5]

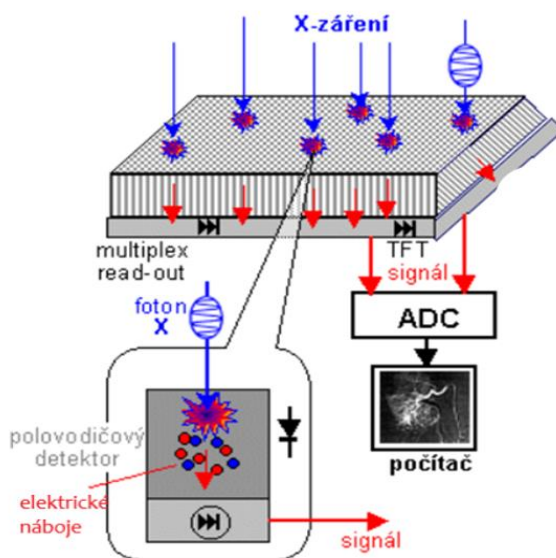
3.3.2 Přímá digitální radiografie

Přímá digitální radiografie označovaná DDR (Direct Digital Radiography) využívá k zobrazení zejména flat panel detektory, které mají v sobě zabudovaný vyčítací mechanismus. Systémy pracující s těmito detektory mají integrovanou vrstvu citlivou na RTG záření a elektronický vyčítací systém matice tranzistorů TFT (Thin Film Transistors). [5; 9] Podle způsobu převodu RTG záření na elektrický signál rozlišujeme detektory s přímou a nepřímou konverzí.

Detektory s přímou konverzí

Systémy využívající fotodiodovou vrstvu a TFT pro sběr vzniklého náboje se označují jako detektory s přímou konverzí (obrázek 8). Jako polovodičový materiál se využívá amorfní selen, především pro své výborné detekční vlastnosti a vysokou prostorovou rozlišovací schopnost. Konstruují se v menších rozměrech s vysokou hustotou miniaturních obrazových elementů. [5; 9; 6]

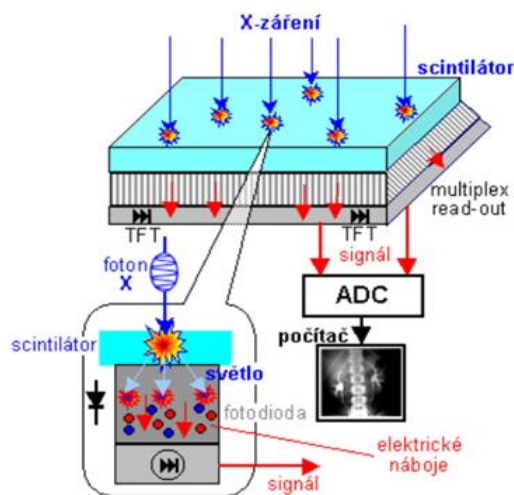
RTG expozice generuje elektrony a díry v polovodičové vrstvě amorfního selenu, kterou je veden elektrický proud. Vzniklé elektrony jsou přitahovány ke kladné elektrodě, kde je následně jejich energie transformována na elektrický náboj. Ten je úměrný energii RTG záření. Náboj se na TFT uchová do přečtení signálu, který je zesílen, digitalizován a uchován pro každý pixel. [5; 9; 6]



Obrázek 8 Detektor s přímou konverzí [6]

Detektory s nepřímou konverzí

Detektory s nepřímou konverzí (obrázek 9) využívají pro převod energie RTG záření na energii fotonů viditelného světla scintilátory. Světelné záblesky vstupují do polovodičových fotodiód, ve kterých fotoefektem uvolňují elektrický náboj. Scintilační vrstva a fotodioda nahrazují polovodičovou vrstvu amorfního selenu, která se používá u detektorů s přímou konverzí. Mezi nejčastěji používané scintilátory patří amorfní luminofory nebo luminofory s krystalickou strukturou. Systém CCD (Charge-Coupled Device) detektorů tvoří plošný scintilátor, který transformuje dopadající RTG záření na viditelné světlo, a to je centrováno pomocí čoček nebo sbíhavého kužele optických vláken. [5; 9]



Obrázek 9 Detektor s nepřímou konverzí [6]

Díky vrstvě amorfního selenu u detektorů s přímou konverzí je oproti detektorům s nepřímou konverzí lepší možnost uchování dostatečného prostorového rozlišení, což má za následek nižší dávku pacientům. [9]

Obecně lze říct, že digitalizace radiologických pracovišť přinesla velké výhody. Digitalizace dovoluje použití nižší dávky k vytvoření RTG obrazu, což je velkou výhodou pro pacienty. Z technického pohledu se jedná o okamžité vyhodnocení obrazu, možnost následného zpracování (postprocessingu), archivace a vyhledávání v informačních systémech a digitální přenos obrazů mezi pracovišti. Nevýhodou jsou počáteční investice a následná údržba SW (software) i HW (hardware). Málo pravděpodobná je také ztráta dat. [5]

3.4 Endoprotézy v těle pacientů

Možnost nahrazení poškozených kloubů protetickými implantáty se stala velkým přínosem pro řadu pacientů s různými onemocněními kloubů, kteří by jinak byli omezeni ve svých nezákladnějších činnostech. Kloubní degradace je konečným stádiem procesu destrukce kloubní chrupavky, která má za následek silné bolesti a ztrátu pohybu. Na rozdíl od kosti má kloubní chrupavka omezenou schopnost opravy. Proto při vystavení mechanickému, chemickému nebo metabolickému působení se toto poškození stává trvalým. [16]

Kloubem se rozumí pohyblivé spojení dvou, případně více kostí. Uvnitř vazivového pouzdra se navzájem dotýkají svými plochami, které jsou povlečeny chrupavkou. Za normálních podmínek je funkcí chrupavky zajišťovat souladné skloubení mezi povrchy kostí. Chrupavka je většinou hyalinní, u kostí odolávajících velkému tlaku se nachází chrupavka vazivová. [16; 17]

První zmínky o použití implantátů jsou známy již kolem roku 2500 př. n. l. ve starověkém Egyptě. [18, s. 183] V těchto dobách se jednalo o zubní implantáty, protézy a náhrady lebky vyrobené převážně ze zlata a jeho slitin. Rozvoj kovových implantátů byl ke konci 19. století, kdy chirurg Themistocles Gluck publikoval svou práci pojednávající o aloplastice kolenního kloubu. [18, s. 183]

S vývojem nových materiálů a technologií nastal po druhé světové válce velký rozmach. V současné době je k dispozici velká škála implantátů. Jako implantáty se testovaly různé druhy materiálů (slonovina, dřevo nebo pryž). Dnes se používají implantáty kovové, keramické a polymerní. Náhrady na bázi kovů a jejich slitin jsou například korozi odolné oceli, titanové slitiny, chrom-kobaltové slitiny. Skupina keramických materiálů zahrnuje hydroxyapatit, bioaktivní skelnou keramiku nebo oxid zirkoničitý, případně hlinitý. Polymerní náhrady jsou například polylaktidy, polykaprolaktany, polyetyleny a polyuretany. Jimi lze nahrazovat většinu kloubů a některé tkáně a orgány. Vyráběny jsou v různých tvarech a z různých materiálů. [18; 19; 20]

Implantát by měl vycházet z kinematiky a dynamické zátěže kloubu. Každý ze šesti hlavních kloubů v těle, tj. kloub ramenní, loketní, zápěstní, kyčelní, kolenní a hlezenní má jedinečnou biomechanickou funkci. Vlastnosti materiálu, tvar a metody fixace jsou důležitými prvky, které určují dlouhodobé přežití implantátu. Kloubní plochy implantátu by měly fungovat s minimálním třením a produkovat co nejmenší množství produktů z opotřebení. [16; 21; 22]

Důležitou vlastností endoprotetických materiálů je biokompatibilita, což znamená schopnost plnit svou funkci bez vyvolání nežádoucích účinků, ať už lokálních či systémových na organismus pacienta. Před označením materiálu za biokompatibilní se musí podrobit řadě klinických testů. [23]

3.4.1 Metoda fixace implantátu

Vývoj fixačního mechanismu implantátů ke kosti je jedním z nejvýznamnějších ve vývoji kloubních náhrad. Existují tři typy fixace. Jednou z nich je mechanické zablokování, kterého se dosáhne zalisováním implantátu s použitím polymethylmethakrylátu (kostní cement) nebo použitím závitových součástí. Druhým typem je biologická fixace, které je dosaženo použitím texturovaných nebo porézních povrchů, které umožňují prorůstání kosti do mezer. Třetím typem je přímá chemická vazba mezi implantátem a kostí, tedy potažení implantátu hydroxyapatitem vápenatým, který má podobné minerální složení jako kost. [16]

3.4.2 Endoprotézy vybraných kloubů

Následující část textu popisuje vybrané kloubní endoprotézy, indikace k jejich implantaci a používané materiály.

Endoprotéza kyčelního kloubu

Operace kyčelního kloubu je jednou z rozšířených ortopedických operací. Četnost těchto operací se postupně meziročně zvyšuje s postupným stárnutím populace. Indikací k tomuto výkonu je koxartróza. První kyčelní náhrada

byla vyrobena ze skla. Kvůli stálé zátěži dolní končetiny ale docházelo k rychlému selhávání. Postupně byl tento materiál nahrazen jinými (plast a oceli). Následně byla do praxe zavedena slitina chromu a kobaltu, která byla nejen korozivzdorná, ale i dostatečně pevná. Úspěšnější bylo použití dentálního akrylového cementu ke kostní fixaci endoprotézy. [24]

Endoprotézy kyčelního kloubu se z hlediska rozsahu implantace dělí na endoprotézy cervikokapitální (CCEP) a totální endoprotézy (TEP). U CCEP je nahrazena pouze proximální část femuru. U TEP je se kromě náhrady proximální femuru nahrazuje i acetabulum. Podle způsobu fixace se dělí na cementované a necementované. Cementované jsou fixovány pomocí cementu, který funguje jako pevná mezivrstva vyplňující prostor mezi vnitřní kortikální kostí a vlastním dřikem endoprotézy. Necementované jsou upevněny přímo do kosti bez použití cementu. Stabilní spojení závisí na povrchové úpravě. [24]

Femorální dřík se vyrábí ze slitiny titanu a je upevněn do vystruženého dřeňového kanálu. Femorální hlavice je vyrobena ze slitiny mědi a chromu, oxidu hlinitého nebo zirkonu. Acetabulární složka je obvykle vyrobena z polyethylenu s ultra vysokou molekulovou hmotností. Protézy mohou být jednodílné (monolitické) nebo vícedílné (modulární), což vyžaduje montáž během operace. Zároveň jsou ale výhodné v možnosti přizpůsobení implantátu intraoperativně (úprava délky). [16]

Endoprotéza kolenního kloubu

U kyčelního kloubu se gonartrózy v pokročilém stavu řeší endoprotézou. Vývoj těchto náhrad započal ve 40. letech 20. století paralelně s vývojem endoprotéz kyčelního kloubu. [24] V roce 1970 byla implantována tříkomponentová náhrada, která byla složena z femorální, tibiální a patelární povrchové náhrady s polyetylenovou artikulární plochou fixovanou ke kosti kostním cementem. Jako materiál se využívá slitina kobaltu, chromu a molybdenu. [24; 25]

Endoprotéza hlezenního kloubu

Primární artróza je u hlezenního kloubu poměrně vzácná, proto je indikace k totální endoprotéze spíše posttraumatická. První pokus o implantaci hlezenního kloubu se uskutečnil pomocí totální kyčelní endoprotézy, ovšem se špatným výsledkem. Od roku 1976 se začala používat cementovaná cylindrická náhrada, která zohledňovala flexně-extenční a rotační pohyb. [24] Přesto se totální endoprotézy hlezenního kloubu neseťkaly s takovým úspěchem. Docházelo k jejich postupnému uvolňování z důvodu velkého zatížení na relativně malou plochu. Postupný vývoj totálních endoprotéz hlezenního kloubu vedl k jejich zlepšování. Použitým materiálem k výrobě náhrad se stala slitina kobaltu a chromu. [16; 24]

Endoprotéza ramenního kloubu

První endoprotéza ramenního kloubu implantovaná na konci 19. století byla vyrobena z platiny a gumy. [24] Postupem času byly použity protézy s kovovým dříkem, hlavice z vitallia a řada dalších. Nejdříve se jednalo o náhrady hlavice s dříkem, později došlo i k náhradě jamky. Implantace endoprotéz ramenního kloubu je málo častá z důvodu menšího výskytu degenerativních onemocnění. Při rozhodování o implantaci endoprotézy hraje významnou roli celkový stav pacienta. [24]

Endoprotéza loketního kloubu

Implantace endoprotézy loketního kloubu má za cíl odstranit bolest a obnovit pohyblivost a stabilitu. Nejčastější indikací k této operaci je revmatoidní artritida. Endoprotézy loketního kloubu se dají rozdělit do tří skupin, a to na stišťené, polostišťené a nestišťené. Rozdíl spočívá ve spojení jednotlivých komponentů. Nestišťené kloubní náhrady nejsou mechanicky propojeny, proto zde hrozí větší riziko dislokace. Nejpoužívanější polostišťené náhrady jsou vzájemně propojeny pomocí kolíkového nebo „snap-fit“ závěsu, tím je zmírněno riziko aseptického uvolnění. Stišťené náhrady se již nevyužívají. [24; 26]

3.5 Radiační ochrana v radiodiagnostice

Po objevu rentgenových paprsků v roce 1895 neměl nikdo ponětí o jejich škodlivosti. [5, s. 16] Objevení přírodní radioaktivity v roce 1896 a nových radioaktivních prvků radia a polonia spustilo řadu vynálezů, zejména v medicíně. [5, s. 10] Byly to například radiové soli do koupele, radiové obklady, radonová aditiva do pitné vody a další. [1; 5]

Zanedlouho se však ukázalo, že záření je sice dobrý sluha, ale zlý pán. U pracovníků s ionizujícím zářením docházelo k poškození zejména rukou z důvodu neexistence ochranných prostředků a příliš dlouhé době, po kterou byli záření vystaveni. Vznikl proto obor radiační ochrana, který stanovuje principy a cíle vedoucí ke snížení možnosti vzniku stochastických účinků a k vyloučení rozvoje deterministických účinků. [1; 5]

Stochastické účinky

Stochastické účinky jsou účinky pravděpodobnostní, náhodné. Nemají prahovou hranici dávky, jejíž překročení by vedlo ke vzniku těchto účinků. Mezi dávkou a účinkem je lineární vztah. Vznikají s časovým odstupem od ozáření. Jde o změny v genetické informaci buňky, které způsobují mutace. Vlivem mutací mohou vznikat zhoubné nádory nebo genetické změny. [1]

Deterministické účinky

Deterministické účinky se projevují po překročení prahové dávky. Dochází ke smrti většího množství buněk v tkáni, než které může být nahrazeno sebeobnovovacími mechanismy. Prahová dávka je tedy charakteristická pro jednotlivé symptomy. S narůstající dávkou vzrůstá závažnost poškození. Do této kategorie patří při lokálním poškození akutní radiační dermatitidy, při celotělovém ozáření se projevuje akutní nemoc z ozáření. [1; 27; 28]

3.5.1 Vybrané veličiny a jednotky v radiodiagnostice

Pro radiodiagnostiku jsou důležité dozimetrické veličiny a veličiny používané v radiační ochraně. Umožňují výpočet dávky pro pacienta a optimalizovat tak radiační ochranu.

Při interakci ionizujícího záření s lidským tělem interagují nenabitě částice (fotony) v látce, zeslabují se a předávají svou energii. Tím vznikají nabitě částice, absorbují se v látce a předávají jí energii. Interakci rentgenových fotonů popisuje veličina zvaná kerma, interakci nabitých částic popisuje veličina dávka. [9]

Kerma (K) je definována jako podíl součtu počátečních kinetických energií (dE_k) všech nabitých částic uvolněných nenabitými částicemi v elementu látky a hmotnosti (dm) tohoto elementu. Fyzikální rozměr této veličiny je $J \cdot kg^{-1}$ a nazývá se gray (Gy). [9; 29] Výpočet lze provést dle následujícího vztahu.

$$K = \frac{dE_k}{dm}$$

Absorbovaná dávka (D) je definována jako podíl střední sdělené energie ($d\bar{\epsilon}$) předané ionizujícím zářením látce a hmotnosti (dm) této látky. Fyzikální rozměr této veličiny je $J \cdot kg^{-1}$, nazvaný gray (Gy). [1; 9; 27] Výpočet absorbované dávky lze provést dle vzorce níže.

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

Pro obě tyto veličiny je definován jejich dávkový, respektive kermový příkon. Ten se vypočítá jako podíl kermy (K), případně absorbované dávky (D) za jednotku času (t). Jednotkou pro obě tyto veličiny je $Gy \cdot s^{-1}$, nejčastěji se udává v $mGy \cdot h^{-1}$ nebo $\mu Gy \cdot h^{-1}$. [1] Výpočet lze provést podle následujících vzorců.

$$\dot{K} = \frac{dK}{dt}$$

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

Expozice (X) je definována jako podíl hodnoty celkového elektrického náboje všech iontů jednoho znaménka (dQ) v objemu elementu vzduchu a jeho hmotnosti (dm). Jednotkou expozice je coulomb na kilogram ($C \cdot kg^{-1}$). [5] Výpočet se provede dle následujícího vzorce.

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Relativní biologická účinnost (RBU, RBE) vyjadřuje poměr dávek potřebných u dvou druhů ionizujícího záření k vyvolání téhož stupně daného biologického účinku. Ten nezávisí jen na absorbované dávce, ale také na druhu ionizujícího záření. U referenčního ionizujícího záření se obvykle využívá rentgenové záření s E_{max} 200-300 keV nebo záření gama ^{60}Co či ^{137}Cs . U řídce ionizujícího záření je RBU rovno jedné, u hustě ionizujícího záření je RBU větší než 1. [1; 5] Relativní biologická účinnost lze vypočítat dle vzorce níže, kde D_{ref} znamená referenční dávku a D_{test} testovanou dávku.

$$RBU = \frac{D_{ref}}{D_{test}}$$

Dávkový ekvivalent (H) je definován jako součin dávky (D) v daném bodě ve tkáni a jakostního činitele (Q). Jakostní faktor je bezrozměrné číslo, které má vliv na rozdělení energie předané tkáni a vztahuje se k pozdním účinkům ionizujícího záření. Jednotkou je joule na kilogram, pro nějž se používá název sievert (Sv). [1; 5] Vzorec pro výpočet je uveden níže.

$$H = D \cdot Q$$

U dávkového ekvivalentu lze také určit jeho dávkový příkon. Jednotkou je sievert za sekundu ($Sv \cdot s^{-1}$). [1] Vzorec pro výpočet je uveden níže.

$$\dot{H} = \frac{dH}{dt}$$

Dávkový ekvivalent je rozdělen do tří skupin. Osobní dávkový ekvivalent ($H_p(d)$) slouží k monitorování osob. Prostorový dávkový ekvivalent ($H^*(d)$)

se užívá k monitorování prostředí v daném bodě v poli záření. Směrový dávkový ekvivalent (H' (d, Ω)) slouží k monitorování v daném bodě v poli záření. [1]

Ekvivalentní dávka (H_T) je definována jako součin radiačního váhového faktoru (w_R) a střední absorbované dávky v orgánu nebo tkáni (D_T) pro ionizující záření (R). Bere v úvahu rozdílné poškození různého typu záření stejnou dávkou. Jednotkou je sievert (Sv). [1; 5; 30] Vypočítá se podle následujícího vzorce. Radiační váhové faktory jsou zahrnuty v tabulce 1.

$$H_T = w_R \cdot D_T$$

Tabulka 1 Radiační váhové faktory [4]

Typ záření		Radiační váhový faktor w_R
Fotony		1
Elektrony a miony		1
Protony a nabitě piony		2
Částice α , štěpné fragmenty, těžké ionty		20
Neutrony: následující spojitě funkce energie neutronů:	$E_n^* > 1 \text{ MeV}$	$2,5 + 18,2e^{-\frac{\ln^2 E_n}{6}}$
	$1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0e^{-\frac{\ln^2(2E_n)}{6}}$
	$E_n > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25e^{-\frac{\ln^2(0,04E_n)}{6}}$

* E_n – energie neutronu

Po zahrnutí příspěvků od všech druhů ionizujícího záření se ekvivalentní dávka vypočítá jako součin sumy radiačních váhových faktorů (w_R) a střední absorbované dávky v orgánu nebo tkáni podle následujícího vzorce. [1]

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_T$$

Efektivní dávka (E) se užívá pro hodnocení ozáření celého těla z hlediska stochastických účinků. Je definována jako součet ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních či orgánech (H_T), vážených tkáňovým váhovým faktorem w_T . Jednotkou efektivní dávky je sievert (Sv). Vzorec pro výpočet efektivní dávky a tabulka 2 s hodnotami tkáňových váhových faktorů jsou uvedeny níže. [1; 27]

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T \sum_R w_T \cdot w_R \cdot D_T$$

Tabulka 2 Tkáňové váhové faktory [12]

Orgán/tkáň	Tkáňový váhový faktor w_T
Kostní dřev (červená)	0,12
Tlusté střevo	0,12
Plíce	0,12
Žaludek	0,12
Mléčná žláza	0,12
Ostatní tkáň	0,12
Gonády	0,08
Močový měchýř	0,04
Jícen	0,04
Játra	0,04
Štítná žláza	0,04
Povrch kostí	0,01
Mozek	0,01
Slinné žlázy	0,01
Kůže	0,01

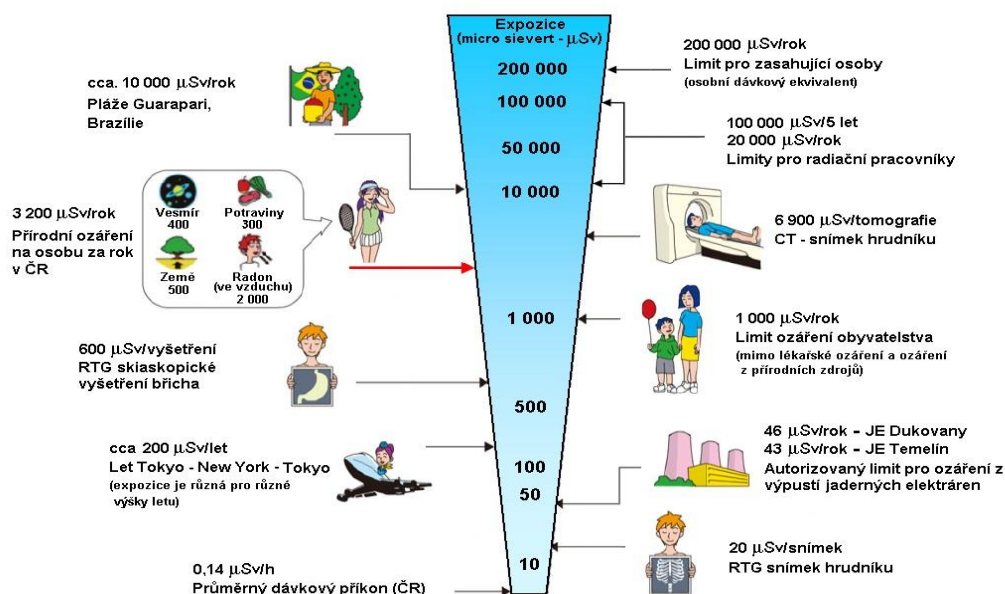
Hodnota pro ostatní tkáň je aritmetickým průměrem středních dávek v nadledvinách, extratorakální oblasti, žlučníku, srdci, ledvinách, lymfatických uzlinách, svalstvu, sliznici dutiny ústní, slinivce, prostatě (muži), tenkém střevu, slezině, brzlíku, děloze/děložního hrdla (ženy). [4]

3.5.2 Radiační ochrana pacientů

Ročně se v České republice (ČR) provede velké množství rentgenových vyšetření, při kterých pacient obdrží určitou dávku ionizujícího záření. I když získaná dávka z rentgenového vyšetření není závratně vysoká, je nutné dbát na radiační ochranu pacientů. K velkému pokroku došlo s modernizací a digitalizací rentgenových pracovišť, kdy se výrazně snížily dávky pacientům. [9; 6] Obrázek 10 představuje srovnání radiační zátěže u vybraných expozičních

Příklady některých expozic ionizujícímu záření včetně limitů platných v ČR

Jednotky : μSv
 $1000 \mu\text{Sv} = 1 \text{mSv}$



Obrázek 10 Příklady některých expozic ionizujícího záření včetně limitů platných v ČR [31]

Vlivem ozáření se mohou projevit stochastické a deterministické účinky ionizujícího záření. Cílem radiační ochrany je minimalizovat stochastické účinky a zcela zabránit deterministickým účinkům. Ke snížení možnosti vzniku těchto účinků slouží v radiologii čtyři základní principy – zdůvodnění, optimalizace, limitování dávek a bezpečnost zdrojů. [1; 9]

Každé radiologické vyšetření, které má být provedeno, je důležité zdůvodnit. Pokud má pacient podstoupit radiodiagnostické vyšetření, je nejprve nutno zvážit, zda nelze toto vyšetření absolvovat bez použití ionizujícího záření. Vhodnou alternativou může být vyšetření ultrasonografické, případně vyšetření magnetickou rezonancí. Pokud tyto alternativy nejsou možné, je nutno stanovit indikaci, proč má být toto vyšetření provedeno. Z rentgenového vyšetření musí pro pacienta plynout jasný benefit. Z celkového počtu vyšetření je asi třetina nesprávně indikována a vyšetření jsou tedy nezdůvodněná. [9; 6]

Dalším principem radiační ochrany je princip optimalizace. Jeho cílem je zajistit, aby dávka při lékařském ozáření byla na co nejnížší úrovni současně se získáním dostatečné diagnostické informace. Tento princip je označován

také jako ALARA („As Low As Reasonably Achievable“). Součástí optimalizace je zavedení diagnostických referenčních úrovní (DRÚ). Jedná se o úrovně dávek, které jsou doporučené pro běžné druhy vyšetření. Nepoužívají se pro jednotlivce, ale pro skupinu pacientů. Vyhláškou 422/2016 Sb. jsou stanoveny národní diagnostické referenční úrovně. [4] Každé pracoviště má vypracovány místní diagnostické referenční úrovně, kterými by se mělo řídit. Tyto hodnoty jsou stejné nebo přísnější, než jsou národní diagnostické referenční úrovně. [9; 27; 32]

I když pro pacienty nejsou stanoveny přesné limity lékařského ozáření z důvodu značného omezení vyšetření, je nutné dodržovat diagnostické referenční úrovně. [9] Stanovené limity pro obyvatelstvo, učně a studenty a pracovníky s ionizujícím zářením jsou uvedené v tabulce 3.

Tabulka 3 Základní limity [4]

Kategorie	Efektivní dávka	Ekvivalentní dávka v oční čočce	Průměrná ekvivalentní dávka na 1 cm ² kůže	Ekvivalentní dávka na končetiny
Radiační pracovník	20 mSv/rok nejvýše však 100 mSv/5 po sobě jdoucích let a současně 50 mSv/rok	100 mSv/5 po sobě jdoucích let a současně 50 mSv/rok	500 mSv/rok	500 mSv/rok
Žáci a studenti	6 mSv/rok	15 mSv/rok	150 mSv/rok	150 mSv/rok
Obyvatelstvo	1 mSv/rok	15 mSv/rok	50 mSv/rok	-

Princip bezpečnosti zdrojů vyžaduje pravidelné kontroly, ověření stability a spolehlivosti zdroje. Po převzetí rentgenového přístroje je nutná přijímací zkouška, následně se pak po dobu jeho použití provádí zkoušky dlouhodobé stability a zkoušky provozní stálosti. Jejich rozsah a četnost je dána vyhláškou a doporučením SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost). Rovněž musí být zdroje ionizujícího záření zabezpečeny proti odcizení. [6; 9]

3.5.3 Radiační ochrana personálu na radiodiagnostickém oddělení

Radiační ochrana se vztahuje na aplikující odborníky, kteří při své práci využívají zdroje ionizujícího záření. Tito pracovníci musí mít kompetenci pro práci se zdroji ionizujícího záření. Na radiační pracovníky se vztahuje limit efektivní dávky 20 mSv ročně, ve skutečnosti ale tuto hodnotu zpravidla vůbec nepřekročí. [4; 9]

Ochrana pracovníků se provádí třemi způsoby – časem, stíněním a vzdáleností. Ochrana časem je založena na minimalizaci doby, po kterou pracovník používá při práci ionizující záření a také na střídání pracovníků, neboť absorbovaná dávka je přímo úměrná době expozice. K ochraně stíněním jsou využívány ochranné prostředky (závěsná stínění, mobilní zástěny, zástěry, límce, brýle a rukavice). Materiál ochranných stínění je vyjádřen v ekvivalentech olova a nejčastěji se jedná o 0,25 mm, 0,35 mm, 0,5 mm a 1 mm olova. Ochrana vzdáleností doporučuje zdržovat se co nejdále od zdroje záření. Intenzita záření a dávkový příkon jsou nepřímo úměrné druhé mocnině vzdálenosti od zdroje záření. [6; 9]

Na pracovištích se zdroji ionizujícího záření se provádí radiační monitorování pomocí vhodných detektorů. Radiační pracovníci jsou vybaveni osobními dozimetry, které mají umístěny na referenčním místě (vlevo na hrudníku) a jsou pravidelně vyhodnocovány. U radiačních pracovníků kategorie A probíhá vyhodnocení jednou měsíčně, u pracovníků kategorie B každé tři měsíce. Pro hodnocení výsledků měření při monitorování jsou stanoveny význačné hodnoty, jejichž dosažení stanovuje anomální radiační situaci. Tyto referenční úrovně se rozdělují podle závažnosti na úroveň záznamovou, vyšetřovací a zásahovou. [6; 9]

3.6 Rentgenové vyšetření pacientů s endoprotézami

V této kapitole je zmíněna definice radiologického asistenta, dále jsou zde popsáni pacienti indikovaní k endoprotéze a uvedeny základní skiagrafické projekce, které se provádí při snímkování kyčle a kolene.

3.6.1 Radiologický asistent

Radiologický asistent je nelékařský zdravotnický pracovník, který provádí zobrazovací i kvantitativní postupy, lékařské aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkony. Podílí se na radiační ochraně a spolu s lékařem na diagnostické a léčebné péči. Dále provádí a vyhodnocuje zkoušky provozní stálosti zdrojů ionizujícího záření. [33; 34]

3.6.2 Pacienti indikovaní k endoprotéze kloubu

Mezi nejčastější indikaci endoprotézy patří artróza. Pacienti trpí zpočátku bolestí při chůzi, která se časem objevuje i v klidu a nabývá na intenzitě. Pacient tak přestává končetinu zatěžovat, čímž ochabuje svalstvo a chrupavka je méně vyživena. To způsobuje další bolest, případně i slyšitelné fenomény. Artróza může být také způsobena nadváhou a obezitou z důvodu zatěžování pohybového aparátu, zejména nosné klouby. Nejčastěji je nadváha a obezita stanovena dle hodnoty BMI (Body Mass Index). Definice a výpočet jsou uvedeny níže. Dalšími indikacemi jsou úrazy, revmatická onemocnění, systémové choroby pohybového aparátu nebo nádorová onemocnění. Základní zobrazovací metodou u těchto pacientů je rentgen. [35; 36]

Body Mass Index

Body Mass Index (BMI) neboli index tělesné hmotnosti se používá k hodnocení nadváhy, obezity, případně podváhy. Vypočítá se jako podíl váhy (kg) a výšky (m) umocněné na druhou. V případě podváhy je hodnota BMI menší než 18,5. Normální hodnota BMI je v rozmezí 18,5-24,9. Rozmezí 25-29,9

značí nadváhu. Další stupně značí obezitu rozdělenou do tří kategorií dle BMI na obezitu I. stupně (30-34,9), II. stupně (35-39,9) a III. stupně (více než 40). [37]

3.6.3 Standardní projekce při snímkování kyčle a kolene

Pro rentgenovou diagnostiku jsou stanoveny základní skiografické projekce, které však mohou být upraveny s ohledem na zdravotní stav pacienta. Níže jsou uvedeny nejčastější projekce pro snímkování kyčle a kolene.

Pánevní, předožadně

Pacient je uložen na záda (poloha „nznak“). Obě nohy má orientované špičkami k sobě, patami od sebe. Centrální paprsek je směřován vertikálně do středu mezi rovinou spina ilica a sponou. Na výsledném snímku je zapotřebí mít zachycené symetrické postavení pánve a kyčelních kloubů. [38]

Kyčelní kloub, bočně s horizontálním paprskem

Tzv. Sven-Johannsova projekce s uložením pacienta na záda. Pacient si pokrčí a vysune zdravou končetinu, snímkovanou končetinu má nataženou. Centrální paprsek míří horizontálně v úhlu 45° na krček femuru. Cílem je zobrazit hlavici a krček femuru a kloubní jamky. [38]

Kolenní kloub, předožadně

Při snímkování kolenního kloubu v AP projekci leží pacient na zádech s nataženou končetinou. Centrální paprsek směřuje vertikálně na kloubní štěrbinu (asi 1 cm pod čěškou). Čěška se nachází ve středu mezi dvěma kloubními hrboly femuru. Pokud je požadován rentgenový snímek kolene v zátěži, provede se vestoje u vertigrafu. [38]

Kolenní kloub, bočně

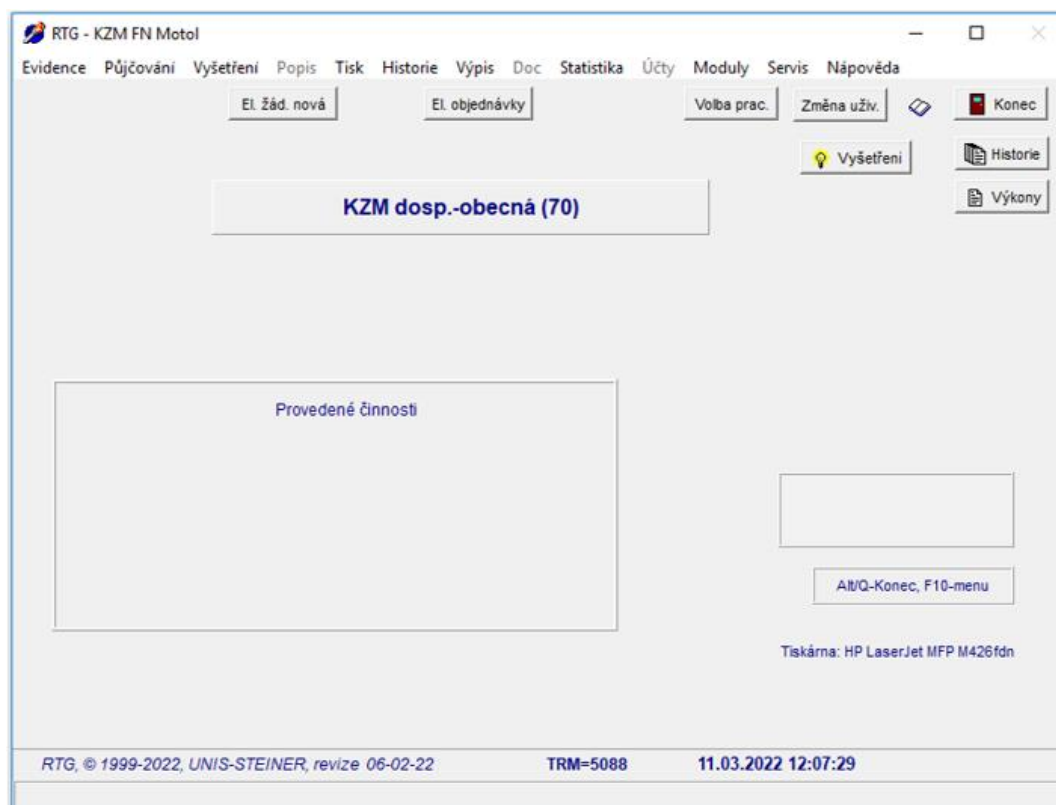
Pacient leží na boku na straně vyšetřovaného kloubu, který naléhá na detektor. Bérec směřuje paralelně s okrajem detektoru, čěška je na detektor kolmá. Centrální paprsek míří ke kloubní štěrbině (asi 1 cm pod čěškou). Na výsledném snímku musí být zachycena čěška a oba kloubní hrboly femuru. [38]

4 METODIKA

Praktická část bakalářské práce se zabývá sběrem a analýzou dat nejčastěji vyšetřovaných kloubů na vybrané klinice zobrazovacích metod (KZM) v letech 2017-2021. Následně je porovnávána radiační zátěž u kyčelních a kolenních kloubů u pacientů s implantovanými endoprotézami v těle a bez nich v roce 2021. Dále je praktická část této práce doplněna o dotazníkové šetření, které je určeno pro radiologické asistenty.

4.1 Sběr dat radiační zátěže pacientů na vybraném pracovišti

První polovina praktické části bakalářské práce se zabývá radiační zátěží u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou. Sběr dat byl proveden pomocí nemocničního informačního systému UNIS-STEINER (obrázek 11) a systému automatizovaného výpočtu dávek pacientů obdržených při lékařském ozáření VF-SED (obrázek 12). Do systémů pro získání dat proběhlo nejprve zaškolení odpovědným pracovníkem z vybraného pracoviště.



Obrázek 11 Nemocniční informační systém UNIS-STEINER [autor]

Vyhledání pacienta

Jméno: <input type="text"/>	Typ modality: <input type="text" value="- Vyberte -"/>
Rok narození: <input type="text"/>	RTG přístroj: <input type="text" value="- Vyberte -"/>
Datum: <input type="text" value="specifický výběr od - do"/>	Kód ČRK: <input type="text" value="- Vyberte -"/>
od: <input type="text"/> <input type="text"/>	
do: <input type="text"/> <input type="text"/>	

© 2014 VF, a.s., Svitavská 588, 679 21 Černá Hora, Česká republika
servis: Tel.: +420 516 522 777 | e-mail: servis@vf.cz | [Návod ke stažení](#)

Obrázek 12 Systém automatizovaného výpočtu dávek pacientů obdržených při lékařském ozáření VF-SED
[autor]

Nejprve v programu UNIS-STEINER byl zjištěn počet vyšetření vybraných kloubů v letech 2017-2021. Přes funkci „Výpis“ byla vybrána možnost „Pacienti dle vyšetření“. Následně bylo zadáno časové období vždy jednoho kalendářního roku. V tomto vybraném roce byla zvolena možnost vyšetření konkrétního kloubu na pracovišti dospělé části KZM. Stejný postup byl zvolen u všech zpracovávaných let (2017-2021). Do předem připravené tabulky v programu MS Excel byly zadány získané hodnoty a vytvořen přehledný graf vyšetření.

Dle získaných údajů byly vybrány dva nejčastěji vyšetřované klouby – kyčelní kloub a kolenní kloub. Zohledněny byly také informace zjištěné v rámci dotazníkového šetření, kde respondenti uvedli, že nejčastěji vyšetřovanými klouby na vybraném oddělení radiodiagnostiky jsou kyčel a koleno. Následně v programu VF-SED byla analyzována jednotlivá data o radiační zátěži a zpracována do tabulek uvedených v příloze (příloha 1 a příloha 2).

V záložce „Pacientský modul“ byla zadána kritéria jako datum, typ modality, RTG přístroj a kód ČRK (Česká radiologická klasifikace). Hodnocena byla data

za rok 2021, neboť to byl poslední rok, kde byly uvedeny údaje o radiační zátěži za celých 12 měsíců kalendářního roku. Výběr data byl od 1. 1. 2021 do 31. 12. 2021. Jako typ modality byla zvolena skiografie, na kterou navazoval výběr přístroje – Digital Diagnost 3 (obrázek 13). Na tomto skiografickém přístroji se provádí většina vyšetření vybraných kloubů. Rentgenový přístroj disponuje expoziční automatikou i manuálním nastavením hodnot pro expozici. Pod kódem ČRK byly vybírány jednotlivé snímkové oblasti – v tomto případě kyčel v AP projekci a koleno v AP a bočné projekci.



Obrázek 13 Digital Diagnost 3 [autor]

Z celkového počtu pacientů (se snímkem kyčle nebo kolene) byli vybráni ti, kteří měli v roce 2021 snímek kloubu před implantací endoprotézy a po její implantaci na stejném rentgenovém přístroji a na snímku byl pouze vybraný kloub v AP projekci. Po zadání těchto kritérií bylo vybráno 70 pacientů pro porovnání radiační zátěže u vyšetření kyčlí a 52 pacientů pro porovnání radiační zátěže u vyšetření kolenou. Data byla zanesena do předem připravené tabulky v programu MS Excel a následně proběhlo jejich vyhodnocení. Hodnoty jsou uvedeny v příloze 1 a příloze 2. Sběr dat proběhl v březnu 2022.

4.2 Dotazníkové šetření

Jelikož je součástí této bakalářské práce i dotazníkové šetření, byl radiologickým asistentům poskytnut dotazník v papírové podobě. Forma papírového dotazníku byla zvolena z důvodu osobního předání radiologickým asistentům. Dotazníkové šetření probíhalo v období od 14. 3. 2020 do 18. 3. 2022, tedy celkem 5 pracovních dnů. Všichni radiologičtí asistenti mohli tento dotazník vyplnit v libovolný den v tomto časovém rozmezí.

Dotazník se skládal z 20 otázek, které se týkaly údajů o zaměstnanci, dále ohledně přístupu k pacientům s endoprotézami a bez nich. V závěru dotazníku byly otázky zaměřeny na radiační ochranu a snižování radiačních dávek pacientům při vyšetření části těla, ve které je implantována endoprotéza. Všechny otázky měly předvolenou odpověď s jednou i více možnostmi označení. Respondenti měli také u většiny otázek možnost vlastního vyjádření. Dotazník je součástí bakalářské práce (příloha 3).

Dotazníky byly k dispozici všem radiologickým asistentům (celkem se jedná o 43 osob), kteří pracují na dospělé části vybrané kliniky zobrazovacích metod. Dotazník vyplnilo 36 radiologických asistentů, návratnost byla 84 %. Pracovníci, kteří dotazník nevyplnili (16 %), nebyli z různých důvodů přítomni na pracovišti v době distribuce dotazníku (2 zaměstnanci) nebo se dotazníkového šetření účastnit odmítli (5 zaměstnanců).

5 VÝSLEDKY

Kapitola výsledky je rozdělena do více částí. Nejprve je popsána úloha radiologického asistenta, následně provedena analýza získaných dat ohledně radiační zátěže pacientů. Poté je vyhodnoceno dotazníkové šetření, které bylo určeno radiologickým asistentům.

Vybrané pracoviště KZM disponuje 21 stacionárními rentgenovými přístroji, 18 pojízdnými rentgenovými přístroji a 20 rentgenovými C-rameny. Dále se zde nachází 4 pracoviště výpočetní tomografie, 4 pracoviště magnetické rezonance, 4 angiografická pracoviště a 2 skiaskopická pracoviště. Klinika také disponuje denzitometrií a mamografií. Využívané přístroje jsou převážně značky Siemens, Philips, Toshiba, Kodak a Medtronic.

Klinika zobrazovacích metod se dělí na dětskou a dospělou část, stejně jako celá fakultní nemocnice. Sběr dat, vzhledem k tématu bakalářské práce, probíhal pouze na dospělé části KZM. V současné době zde pracuje 43 radiologických asistentů, kteří se nijak nestřídají s radiologickými asistenty z dětské části KZM.

5.1 Úloha radiologického asistenta při vyšetření pacientů s indikací endoprotézy na vybraném pracovišti

Pracovní postupy při snímkování pacientů s endoprotézami jsou stejné jako na všech ostatních pracovištích. Pracovní postupy se mohou mírně lišit s ohledem na zdravotní stav pacienta.

Příprava na vyšetření

Radiologický pacient vyzve pacienta ke vstupu do kabiny. Pacient je zavolán jménem, avšak při jeho vstupu je nutné se ho znovu zeptat na celé jméno a datum narození. Tímto způsobem se ověří, že do kabinky vstoupil správný pacient a nedojde tak k jeho záměně. Následuje seznámení pacienta s průběhem vyšetření. U žen v produktivním věku je důležitý dotaz na případnou graviditu.

Pacientovi je vysvětlen průběh vyšetření, pokyny k odstranění oděvu a doplňků. V případě potřeby je vhodné pacientům s odstraněním oděvu a doplňků pomoci.

Po operačním zákroku přijíždí zpravidla pacienti na vyšetření na lůžku v doprovodu zdravotní sestry nebo sanitáře. I v tomto případě je důležité provést identifikaci pacienta dotazem na jméno a datum narození.

Průběh vyšetření

Pokud je pacient připraven k vyšetření, může na pokyn pracovníka vstoupit do vyšetřovací místnosti. Po jeho vstupu do vyšetřovny je nutné opět ověřit identitu dotazem na jeho celé jméno a datum narození.

Podle zdravotní situace pacienta je vhodné mu dopomoci na vyšetřovací stůl, případně k vertigrafu. Pro snímkování se v tomto případě využívá převážně snímkovací stůl, výjimkou může být snímek kolene v zátěži prováděný u vertigrafu. Vyšetřovací stůl by měl být nastaven do výšky přizpůsobené pacientovi. Nastavení výšky stolu ovládá radiologický asistent pomocí pedálů umístěných vedle vyšetřovacího stolu. Pacienti po operaci kloubu, zejména krátce po zákroku, jsou upoutáni na lůžko a není jim umožněn pohyb z důvodu rizika luxace. Na vybraném pracovišti se toto vyšetření provádí na lůžku pomocí kazety, která se vkládá pod pacienta.

Radiologický asistent provede polohování pacienta do pozice určené pro snímkování a vymezí oblast zájmu. Pokud pacienti nevydrží v této pozici, je nutné použití fixačních pomůcek (např. klíny, podložky, stahovací pásy), případně zvolení individuální snímkovací polohy.

Důležitá je práce radiologického asistenta se clonami, kdy při správném použití dochází ke snížení radiační zátěže pro pacienta. Posunem clon, které jsou na sebe kolmé, dochází k vykrytí míst, která nejsou pro zobrazení potřebná. Je důležité vymežit oblast zájmu správně, aby nedošlo naopak k tomu, že obraz nebude kompletní. Radiologický asistent provede kontrolu správného nastavení

pacienta, ujistí se, že je přístroj ve správné poloze, rentgenová lampa je v souladu s detektorem. Poté sdělí pacientovi pokyny k vyšetření (např. aby se nehýbal).

Radiologický asistent pracuje při vyšetření nejen s pacientem, ale hlavně s technikou. Uvnitř ovládací místnosti je umístěna počítačová konzole s nastavením parametrů vyšetření. V dnešní době převažují systémy, které při výběru vyšetření (např. koleno) automaticky nastaví parametry (proud a napětí). Využívá se snímkování s expoziční automatikou, kdy expozici zastaví dostatek rentgenových fotonů, které dopadnou na ionizační komoru umístěnou v detektoru. Jsou ale stále přístroje, u kterých je nutné tyto parametry nastavit. Při vyšetření pacientů s endoprotézami v těle je vhodné ruční nastavení parametrů. Při zapnuté expoziční automaticce nedopadá dostatek fotonů RTG záření na ionizační komory a expozice trvá déle. Výsledkem je větší radiační dávka, kterou pacient obdrží. Podrobně se srovnáním výsledků u pacientů s kovovými implantáty a bez nich zabývá další část práce.

Kontrola snímku, postprocessing

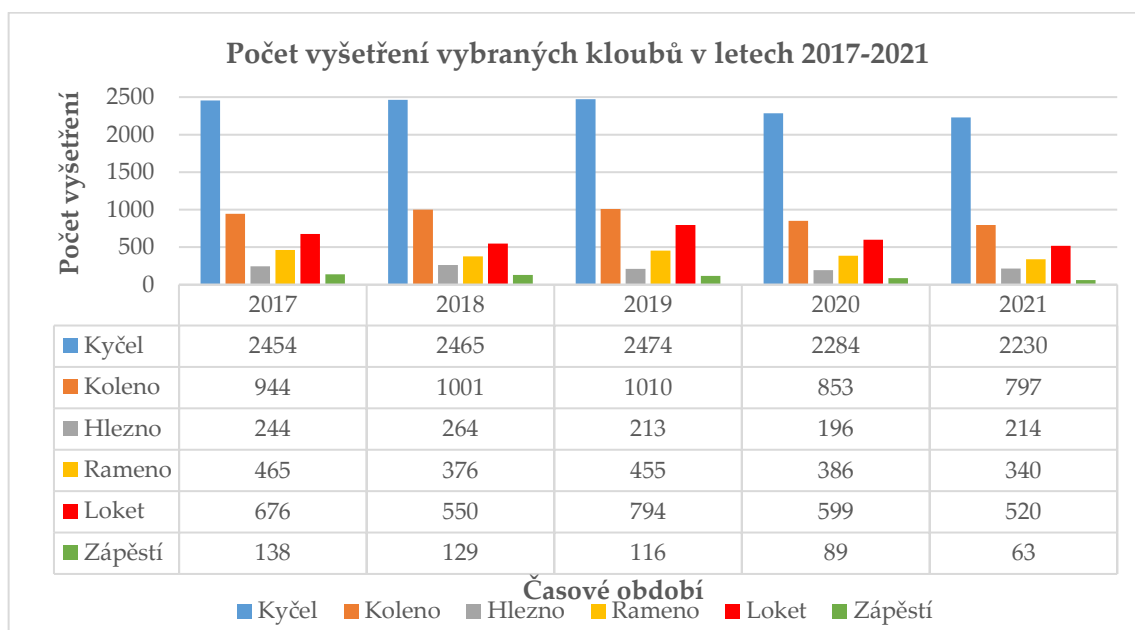
Po zhotovení snímku je důležitá jeho kontrola. Snímek musí zahrnovat všechny potřebné informace pro správnou diagnostiku, snímky s nežádoucími artefakty nelze hodnotit. Pokud je snímek proveden správně a obsahuje všechny důležité údaje, může pacient opustit vyšetřovací místnost.

Konečná práce radiologického asistenta spočívá v postprocessingu. Digitální zobrazovací systému umožňují stranové označení, zda byl proveden vleže, vsedě nebo ve stoje, úprava kontrastu a jasu a další úpravy. Obrazová dokumentace je odeslána do systému PACS (Picture Archiving and Communication System). Ten umožňuje uchování obrazu ve formátu DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Nehrozí tak ztráta filmové dokumentace a snímek lze prohlížet i na jiných pracovištích.

Radiologický asistent provede dezinfekci a úklid použitých pomůcek a připraví vyšetřovnu pro další pacienty.

5.2 Sběr dat radiační zátěže na vybraném pracovišti

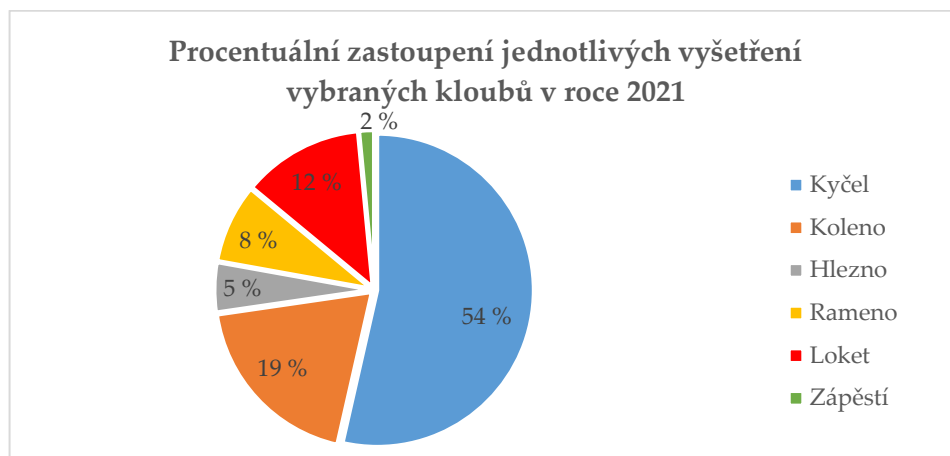
Obrázek 14 shrnuje počet vyšetření vybraných kloubů (kyčel, koleno, hlezno, rameno, loket a zápěstí) v letech 2017-2021. Sběr dat ohledně počtu těchto vyšetření je proveden na rentgenovém pracovišti dospělé části KZM. Pětileté rozmezí bylo zvoleno z důvodu porovnání dat v delším časovém období.



Obrázek 14 Počet vyšetření vybraných kloubů v letech 2017-2021

Z uvedeného grafu vyplývá, že nejvíce vyšetřovaným kloubem byl kloub kyčelní. Dalším nejčastěji vyšetřovaným kloubem za sledované období byl kloub kolenní. V roce 2017 bylo vyšetřeno 2454 kyčelních kloubů, 944 kolenních kloubů, 244 hlezenních kloubů, 465 ramenních kloubů, 676 loketních kloubů a 138 zápěstí. V roce 2018 byl proveden podobný počet vyšetření, a to 2465 kyčelních kloubů, 1001 kolenních kloubů, 264 hlezenních kloubů, 376 ramenních kloubů, 550 loketních kloubů a 129 zápěstí. V roce 2019 bylo vyšetřeno 2474 kyčelních kloubů, 1010 kolenních kloubů, 213 hlezenních kloubů, 455 ramenních kloubů, 794 loketních kloubů a 116 zápěstí. V roce 2020 to bylo 2284 kyčelních kloubů, 853 kolenních kloubů, 196 hlezenních kloubů, 386 ramenních kloubů, 599 loketních kloubů a 89 zápěstí. V posledním sledovaném roce 2021 bylo vyšetřeno 2230 kyčelních kloubů, 797 kolenních kloubů, 214 hlezenních kloubů, 340 ramenních kloubů, 520 loketních kloubů a 63 zápěstí.

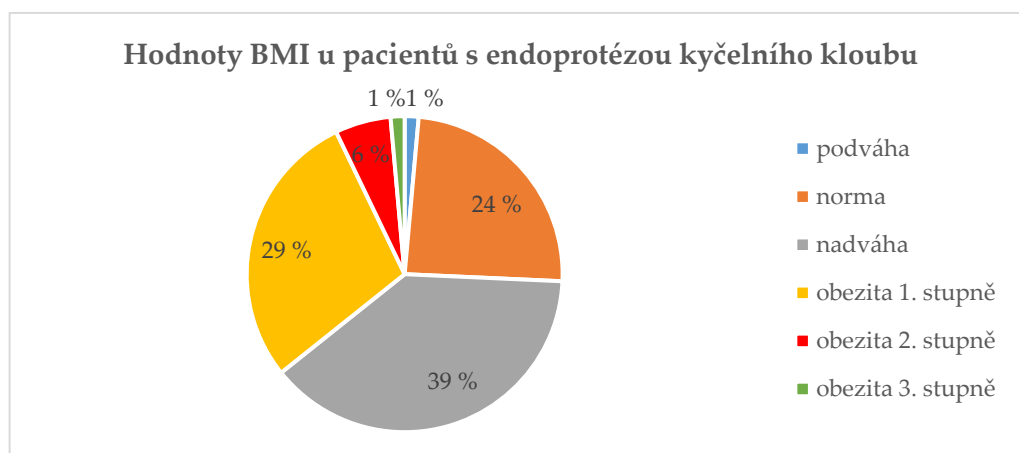
Obrázek 15 vyjadřuje procentuální zastoupení jednotlivých vyšetření vybraných kloubů v roce 2021.



Obrázek 15 Procentuální zastoupení jednotlivých vyšetření vybraných kloubů v roce 2021

Z uvedeného grafu vyplývá, že nejvíce vyšetřovanými klouby v roce 2021 byl kyčelní kloub (54 %) a kolenní kloub (19 %). Následuje kloub loketní (12 %), ramenní (8 %), hlezenní (5 %) a zápěstí (2 %).

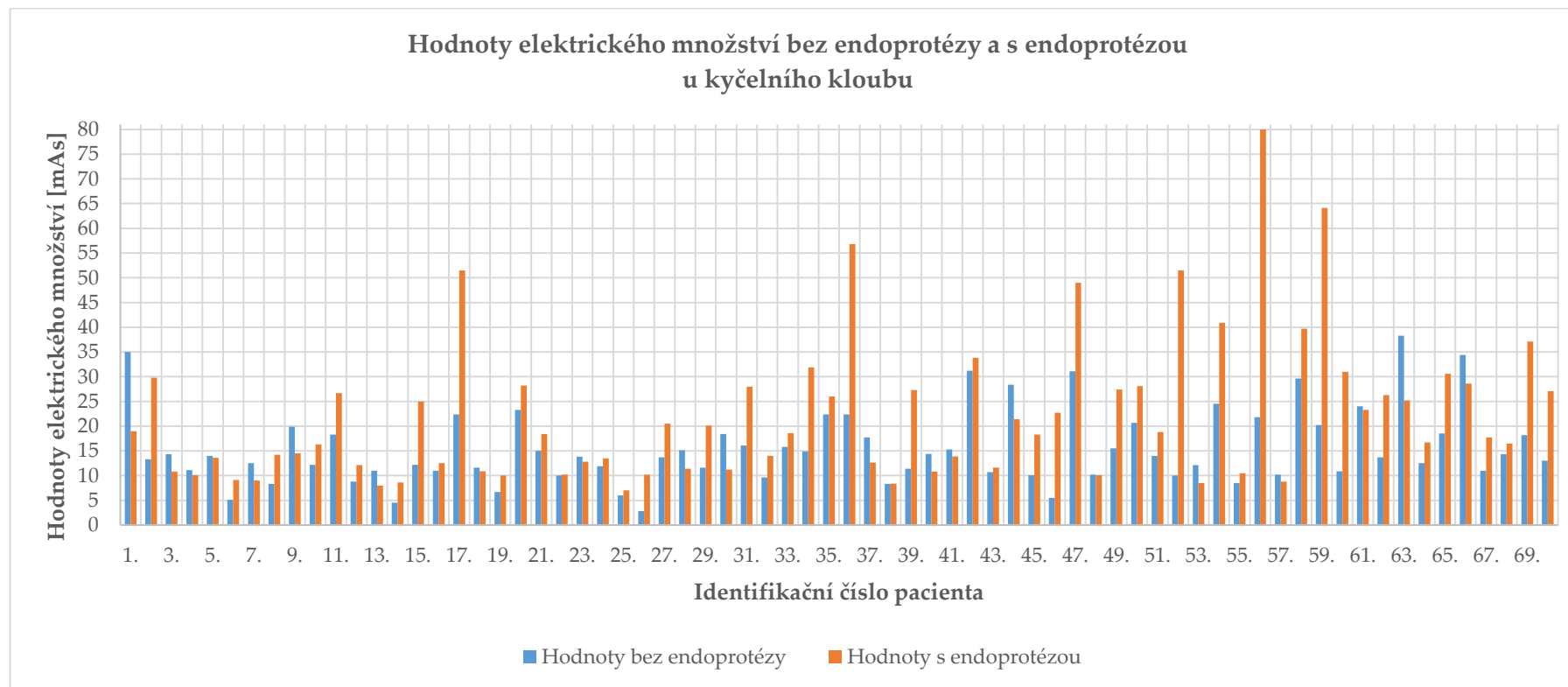
Obrázek 16 vykresluje hodnoty BMI u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu v roce 2021.



Obrázek 16 Hodnoty BMI u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu

Z předchozího grafu vyplývá, že nejvíce pacientů, kteří byli indikováni k implantaci endoprotézy, trpělo nadváhou (39 %). Další početná část pacientů trpěla obezitou 1. stupně (29 %). 6 % pacientů trpělo obezitou 2. stupně a 1 % pacientů trpělo obezitou 3. stupně. 24 % pacientů mělo BMI v normě. Podváhu mělo 1 % pacientů.

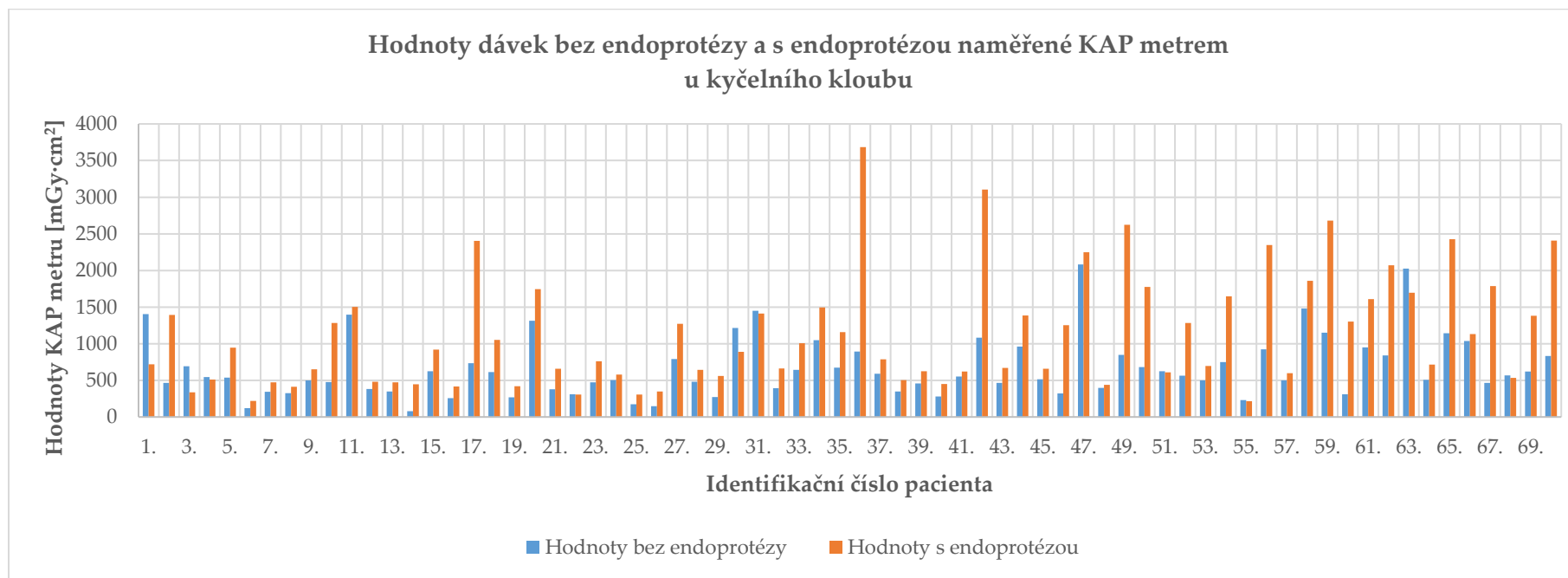
Obrázek 17 vykresluje hodnoty elektrického množství u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou u kyčelního kloubu.



Obrázek 17 Hodnoty elektrického množství bez endoprotézy a s endoprotézou u kyčelního kloubu

Z uvedeného grafu vyplývá, že nejnižší hodnota elektrického množství bez endoprotézy byla 2,8 mAs, naopak nejvyšší hodnota byla 38,3 mAs. U pacientů s endoprotézou byla nejnižší hodnota elektrického množství 7 mAs a nejvyšší hodnota 80 mAs.

Obrázek 18 vykresluje hodnoty radiačních dávek naměřených KAP metrem u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou kyčelního kloubu.



Obrázek 18 Hodnoty dávek bez endoprotézy a s endoprotézou naměřené KAP metrem u kyčelního kloubu

Z grafu vyplývá, že nejnižší naměřená hodnota KAP metrem u pacientů bez endoprotézy kyčelního kloubu je 79 mGy·cm² a nejvyšší naměřená hodnota 2080,3 mGy·cm². U pacientů s endoprotézou byla nejnižší naměřená hodnota KAP metrem 215 mGy·cm² a nejvyšší naměřená hodnota 3684,8 mGy·cm².

Tabulka 4 shrnuje průměrné a střední hodnoty elektrického množství u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou kyčelního kloubu.

Tabulka 4 Průměrné a střední hodnoty elektrického množství u kyčelního kloubu

Parametr	Bez endoprotézy	S endoprotézou
Průměrné hodnoty elektrického množství [mAs]	15,5	22,1
Střední hodnoty elektrického množství [mAs]	13,8	18,4

U pacientů bez endoprotézy byla průměrná hodnota elektrického množství 15,5 mAs, s endoprotézou pak 22,1 mAs. Střední hodnota elektrického množství u pacientů bez endoprotézy byla 13,8 mAs a u pacientů s endoprotézou 18,4 mAs.

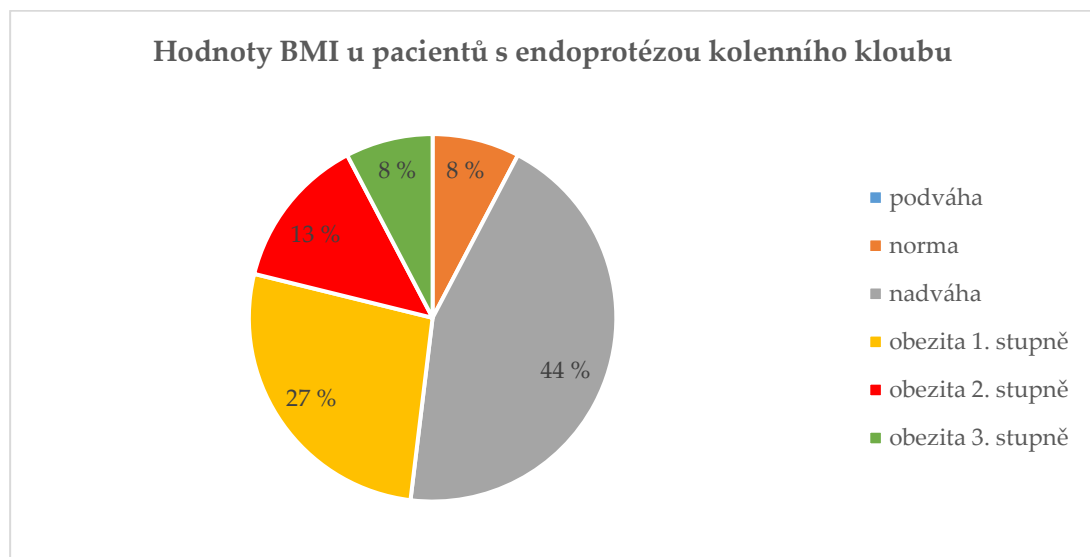
Tabulka 5 ukazuje průměrné a střední hodnoty naměřené KAP metrem u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou kyčelního kloubu.

Tabulka 5 Průměrné a střední hodnoty naměřené KAP metrem u kyčelního kloubu

Parametr	Bez endoprotézy	S endoprotézou
Průměrné hodnoty naměřené KAP metrem [mGy·cm ²]	669,8	1124,0
Střední hodnoty naměřené KAP metrem [mGy·cm ²]	548,1	837,3

Průměrná hodnota u pacientů bez endoprotézy naměřená KAP metrem byla 669,8 mGy·cm² s endoprotézou 1124,0 mGy·cm². Střední hodnota naměřená KAP metrem u pacientů bez endoprotézy byla 548,1 mGy·cm² a s endoprotézou 837,3 mGy·cm².

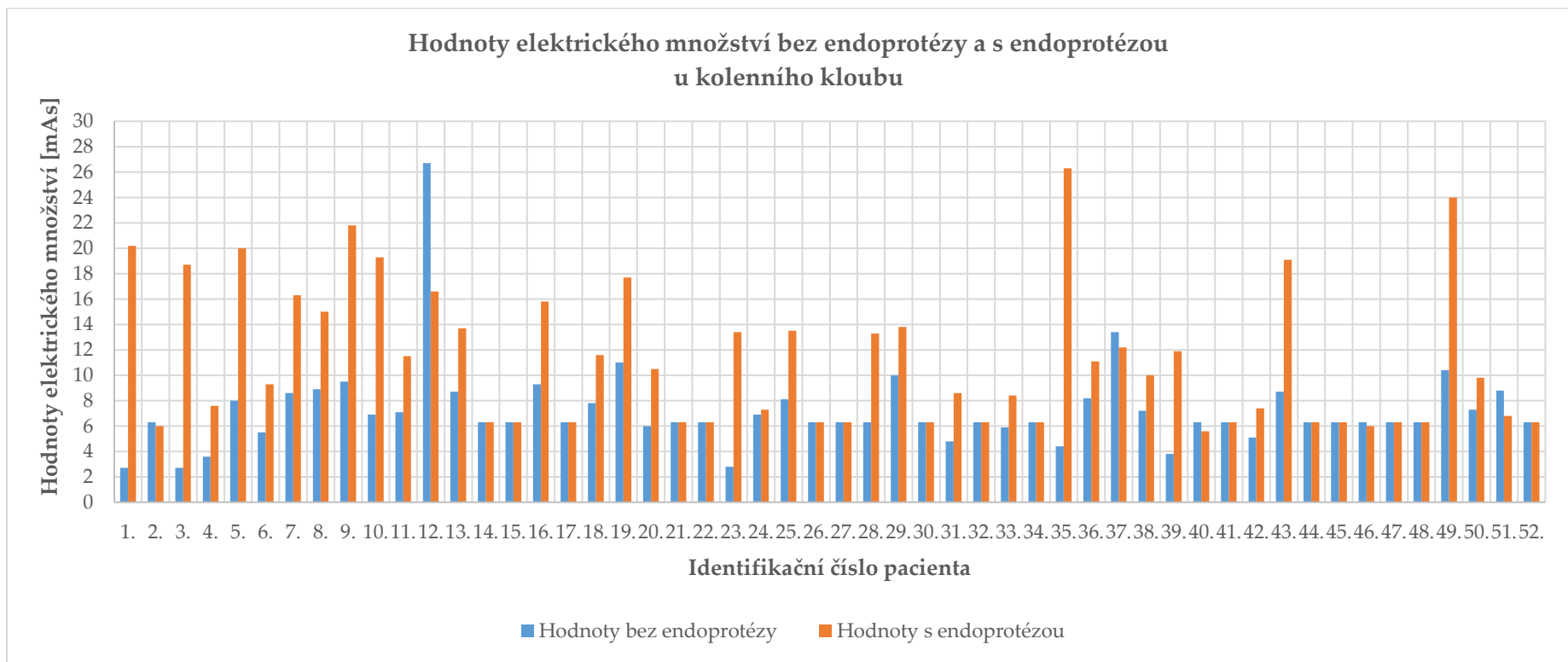
Obrázek 19 ukazuje hodnoty BMI u pacientů, kteří byli indikováni k endoprotéze kolenního kloubu v roce 2021.



Obrázek 19 Hodnoty BMI u pacientů s endoprotézou kolenního kloubu

Z předchozího grafu lze vyčíst, že nejvíce pacientů, kteří byli indikováni k endoprotéze kolenního kloubu, trpělo nadváhou (44 %). 27 % pacientů mělo obezitu 1. stupně, 13 % pacientů mělo obezitu 2. stupně a 8 % pacientů trpělo obezitou 3. stupně. Pouze 8 % pacientů z této skupiny mělo BMI v normě. Žádný z nich netrpěl podváhou.

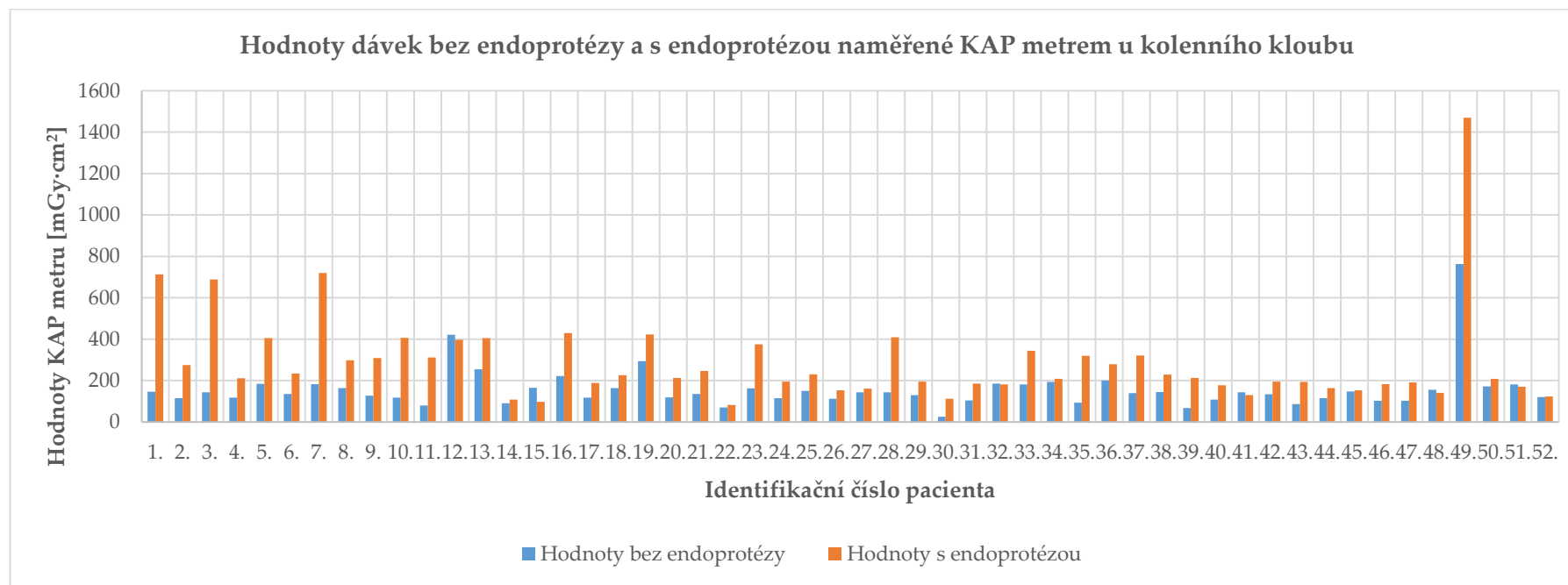
Obrázek 20 zobrazuje hodnoty elektrického množství u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou u kolenního kloubu.



Obrázek 20 Hodnoty elektrického množství bez endoprotézy a s endoprotézou u kolenního kloubu

Z uvedeného grafu vyplývá, že nejnižší hodnota elektrického množství bez endoprotézy byla 2,7 mAs a nejvyšší hodnota bez endoprotézy byla 26,7 mAs. U pacientů s implantovanou endoprotézou byla nejnižší hodnota elektrického množství 5,6 mAs a nejvyšší 26,3 mAs.

Obrázek 21 vykresluje hodnoty radiálních dávek, které byly naměřeny KAP metrem u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou u kolenního kloubu.



Obrázek 21 Hodnoty dávek bez endoprotézy a s endoprotézou naměřené KAP metrem u kolenního kloubu

Graf ukazuje naměřené dávky u jednotlivých pacientů. Nejnižší hodnota, která byla naměřena u pacienta bez endoprotézy KAP metrem, je 25,7 mGy·cm², naopak nejvyšší 763,2 mGy·cm². U pacientů s endoprotézou byla nejnižší hodnota naměřená KAP metrem 82,9 mGy·cm² a nejvyšší 1469,6 mGy·cm².

Tabulka 6 ukazuje průměrné a střední hodnoty elektrického množství u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou kolenního kloubu.

Tabulka 6 Průměrné a střední hodnoty elektrického množství u kolenního kloubu

Parametr	Bez endoprotézy	S endoprotézou
Průměrné hodnoty elektrického množství [mAs]	7,2	11,8
Střední hodnoty elektrického množství [mAs]	6,3	9,6

Z uvedené tabulky je zřejmé, že průměrná hodnota elektrického množství u pacientů bez endoprotézy byla 7,2 mAs, s endoprotézou 11,8 mAs. Střední hodnota elektrického množství u pacientů bez endoprotézy byla 6,3 mAs a u pacienta s endoprotézou 9,6 mAs.

Tabulka 7 ukazuje průměrné a střední hodnoty naměřené KAP metrem u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou kolenního kloubu.

Tabulka 7 Průměrné a střední hodnoty naměřené KAP metrem u kolenního kloubu

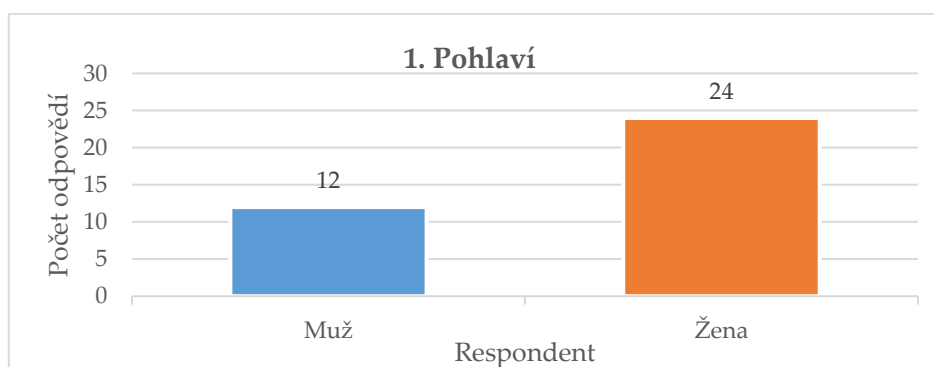
Parametr	Bez endoprotézy	S endoprotézou
Průměrné hodnoty naměřené KAP metrem [mGy·cm ²]	157,8	288,6
Střední hodnoty naměřené KAP metrem [mGy·cm ²]	141,5	212,6

Uvedená tabulka ukazuje, že průměrná hodnota u pacientů bez endoprotézy naměřená KAP metrem byla 157,8 mGy·cm² a střední hodnota naměřená KAP metrem 141,5 mGy·cm². U pacientů s endoprotézou byla naměřená průměrná hodnota 288,6 mGy·cm² a střední hodnota 212,6 mGy·cm².

5.3 Dotazníkové šetření

V této části bakalářské práce jsou uvedeny odpovědi na jednotlivé otázky dotazníkového šetření. Na otázky odpovědělo celkem 36 radiologických asistentů z vybrané kliniky zobrazovacích metod z celkového počtu 43 (účast tedy byla 84 %). Otázky byly zaměřeny na osobní údaje o respondentovi, jeho práci s pacienty s endoprotézou a ovlivnění radiační zátěže u těchto pacientů.

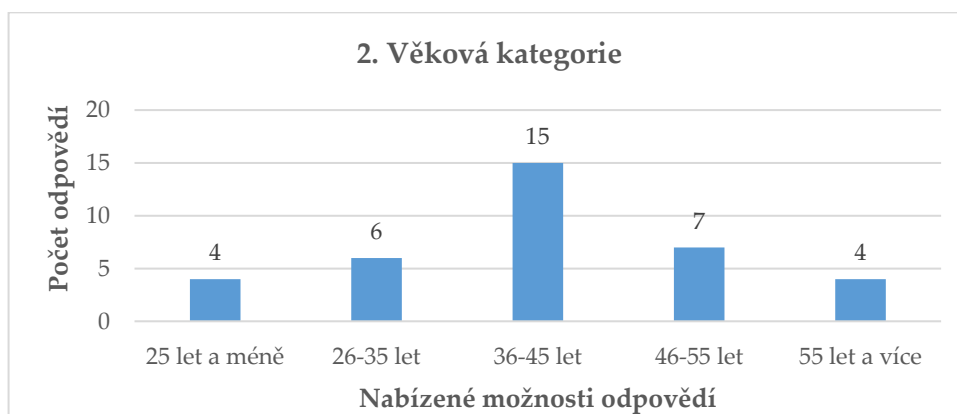
První otázka dotazníkového šetření byla směřována na pohlaví respondentů z důvodu přehledu zastoupení mužů a žen na vybraném pracovišti. Jednotlivá zastoupení respondentů z hlediska pohlaví jsou uvedena na obrázku 22.



Obrázek 22 Výsledek otázky č. 1

Z obrázku 22 vyplývá, že z celkového počtu 36 respondentů dotazníkové šetření vyplnilo 12 mužů (33 %) a 24 žen (67 %).

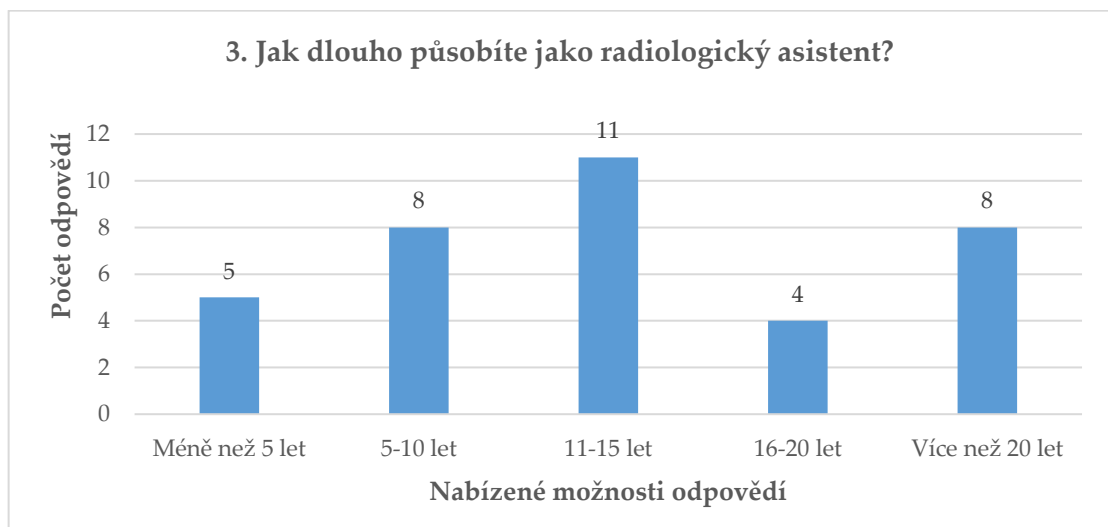
Druhá otázka byla zaměřena na věk respondenta, přičemž byly věkové hranice rozděleny celkem do pěti skupin. Následující obrázek 23 uvádí jednotlivá věková zastoupení radiologických asistentů na pracovišti.



Obrázek 23 Výsledek otázky č. 2

Z obrázku 23 vyplývá, že nejvíce zastoupená skupina respondentů je ve věkové skupině 36-45 let (15 respondentů). Následuje věková skupina 46-55 let (7 respondentů) a 26-35 let (6 respondentů). Ve věkové skupině 25 let a méně a 55 let a více je stejný počet respondentů (4 respondenti 25 let a méně a 4 respondenti 55 let a více).

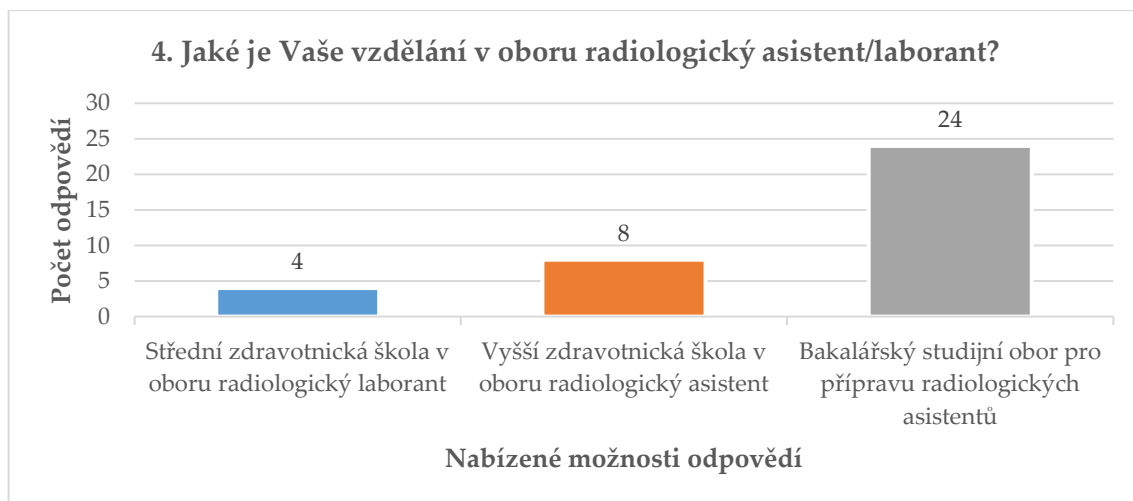
Otázka č. 3 se zabývá dobou praxe v oboru radiologický asistent. Na obrázku 24 je podobné rozložení odpovědí jako v předchozí otázce.



Obrázek 24 Výsledek otázky č. 3

Obrázek 24 ukazuje, že u většiny respondentů se délka praxe pohybuje v rozmezí 11-15 let (11 respondentů). Praxi v rozmezí 5-10 let a více než 20 let uvedl stejný počet odpovídajících (8 respondentů má dobu praxe 5-10 let a 8 respondentů má dobu praxe více než 20 let). Následuje kategorie s dobou praxe menší než 5 let (5 respondentů). Nejméně zastoupenou kategorií je skupina respondentů s praxí 16-20 let (4 respondenti).

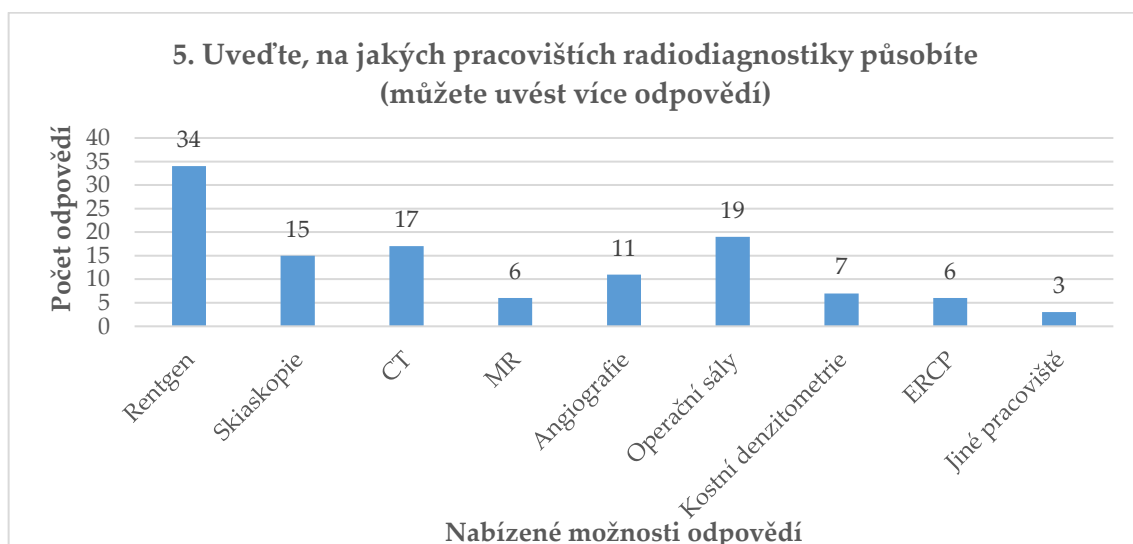
V otázce č. 4 byl vznesen dotaz na dosažené vzdělání v oboru radiologický asistent/laborant, kde respondenti měli na výběr 3 možnosti. Výsledky této otázky lze vidět na obrázku 25.



Obrázek 25 Výsledek otázky č. 4

Z obrázku 25 vyplývá, že 24 respondentů absolvovalo vysokou školu v oboru radiologický asistent. Vyšší zdravotnickou školu v oboru radiologický asistent absolvovalo 8 respondentů. Nejméně respondentů uvedlo střední zdravotnickou školu v oboru radiologický laborant, a to 4 respondenti. Tito respondenti byli ve věkové kategorii 55 let a více.

Otázka č. 5 (viz obrázek 26) zjišťovala, na jaká pracoviště vybrané kliniky zobrazovacích metod radiologičtí asistenti dochází. Kromě volených odpovědí měli zaměstnanci možnost zmínit i jiná pracoviště (celkem uvedli 3 respondenti).



Obrázek 26 Výsledek otázky č. 5

Z uvedeného obrázku 26 vyplývá, že téměř všichni respondenti působí na rentgenu (34 odpovědí z celkového počtu 36 odpovědí). Dále nejvíce

uvedenými odpověďmi byly operační sály (19 odpovědí), CT (17 odpovědí), skiaskopie (15 odpovědí) a angiografie (11 odpovědí). Méně zmíněnými pracovišti byla kostní denzitometrie (7 odpovědí), ERCP (endoskopická retrográdní cholangiopankreatikografie) (6 odpovědí) a MR (magnetická rezonance) (6 odpovědí). Tři respondenti uvedli i jiné pracoviště, a to konkrétně mamografii. Nejvíce uváděnými kombinacemi byl rentgen a operační sály (13 odpovědí), případně rentgen a CT (11 odpovědí).

Otázka č. 6 vybírá z předchozích pracovišť právě jedno, na které radiologický asistent v rámci výkonu svého povolání dochází nejčastěji. Respondent měl tedy vybrat pouze jednu odpověď, případně bylo možné dopsat vlastní. Tyto odpovědi lze vidět na obrázku 27.

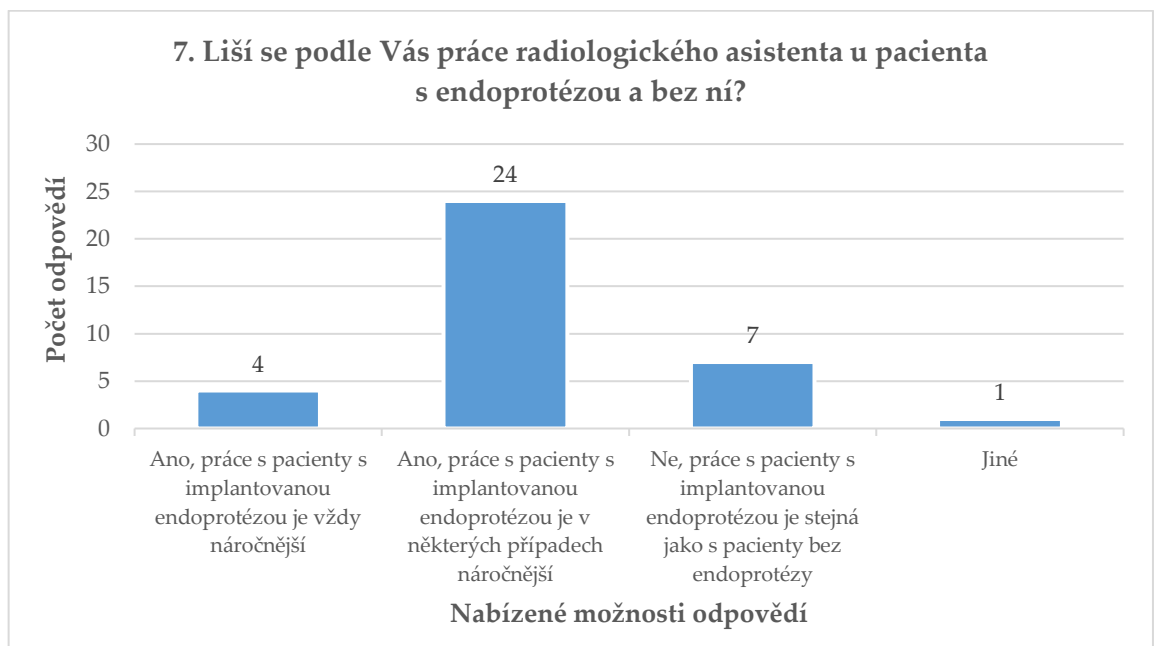


Obrázek 27 Výsledek otázky č. 6

Obrázek 27 ukazuje, že nejvíce respondentů působí nejčastěji na rentgenu (21 respondentů). Dále jsou nejčastěji na pracovišti CT (7 respondentů), MR (3 respondenti), operačních sálech (3 respondenti), angiografií (1 respondent) a ERCP (1 respondent). Zbylá pracoviště neuvedl žádný z respondentů.

Otázka č. 7 zjišťovala, zda se liší práce radiologického asistenta u pacientů s implantovanou endoprotézou a u pacientů bez implantované endoprotézy.

Na obrázku 28 lze vidět odpovědi respondentů, kteří měli možnost výběru odpovědi, nebo mohli uvést svou vlastní odpověď.



Obrázek 28 Výsledek otázky č. 7

Obrázek 28 ukazuje, že většina respondentů se domnívá, že je práce s pacienty s implantovanou endoprotézou v některých případech náročnější (24 respondentů). Méně početná skupina respondentů se domnívá, že práce s pacienty s implantovanou endoprotézou je stejná jako u pacientů bez endoprotézy (7 respondentů). Čtyři respondenti uvedli, že práce s pacienty s implantovanou endoprotézou je vždy náročnější. Jeden respondent uvedl vlastní odpověď „dle stáří endoprotézy“.

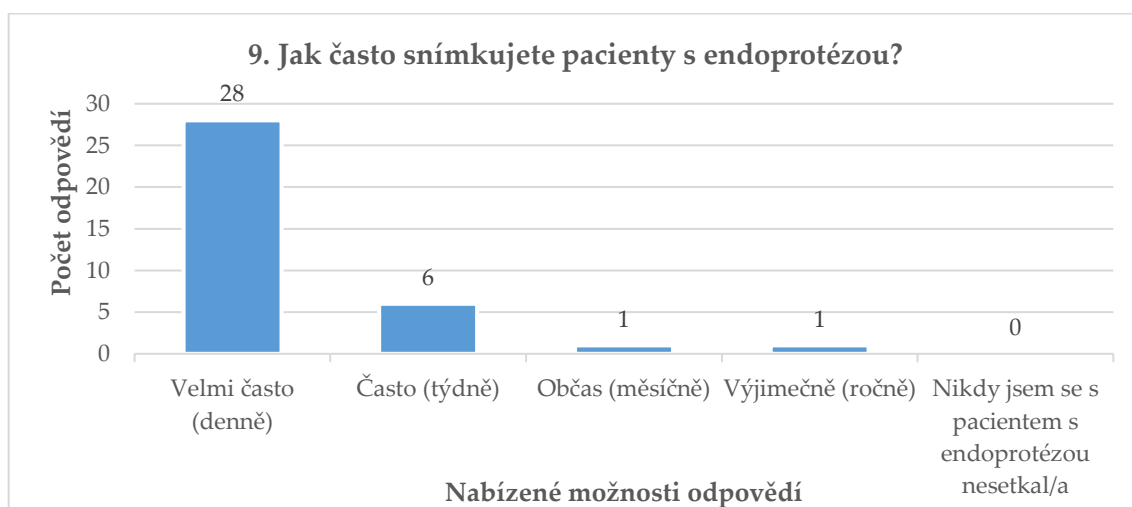
Otázka č. 8 byla zaměřena na nejčastější komplikace, které se vyskytují při vyšetření u pacientů s implantovanou endoprotézou. Výsledky odpovědí ukazuje obrázek 29. Radiologičtí asistenti mohli uvést jednu i více odpovědí z nabízených možností, případně mohli doplnit vlastní odpověď.



Obrázek 29 Výsledek otázky č. 8

Obrázek 29 ukazuje, že nejčastější komplikací při vyšetření pacientů s implantovanou endoprotézou je horší spolupráce pacienta (32 odpovědí), za kterou následuje opakování snímku (29 odpovědí). Mezi dalšími uváděnými komplikacemi je chybná/žádná informace o velikosti endoprotézy (17 odpovědí), vyšetření nelze provést (14 odpovědí), snímek je „zrotovaný“ (13 odpovědí) a chybně vystavená žádanka (11 odpovědí). Jeden respondent uvedl i vlastní odpověď „kvalita snímku je horší“.

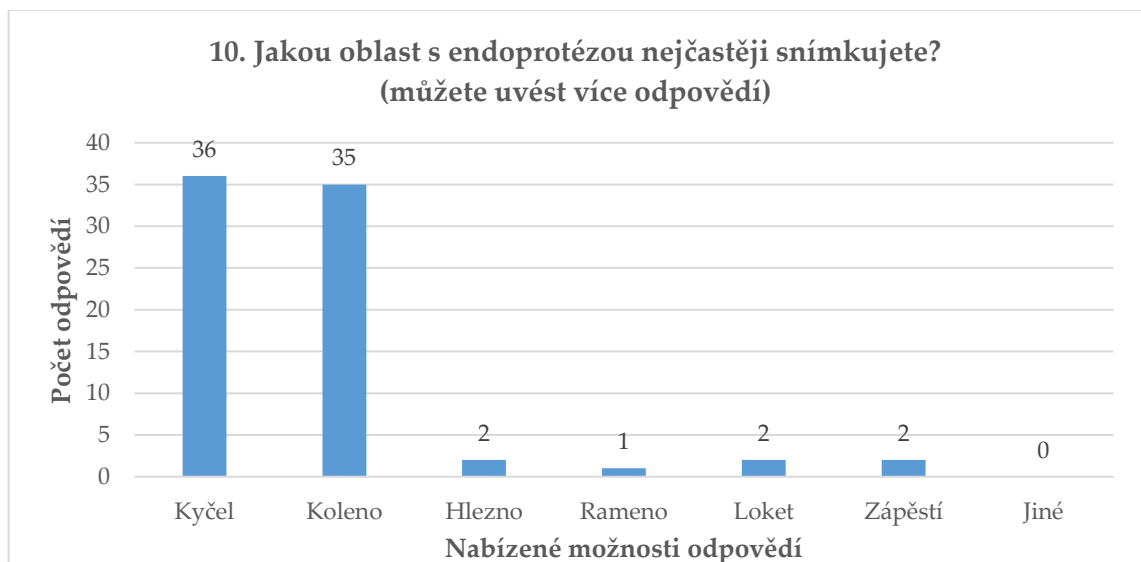
V otázce č. 9 byli radiologičtí asistenti dotazováni na frekvenci snímkování pacientů s implantovanou endoprotézou. Výsledek této otázky je na obrázku 30.



Obrázek 30 Výsledek otázky č. 9

Obrázek 30 ukazuje, že 28 respondentů snímkuje pacienty s endoprotézou velmi často (denně). 6 respondentů uvedlo frekvenci snímkování často (týdně). 1 respondent odpověděl, že pacienty s endoprotézou snímkuje občas (měsíčně) a 1 respondent odpověděl, že pacienty s endoprotézou snímkuje výjimečně (ročně). Respondenti, kteří uvedli snímkování pacientů občas a výjimečně působí převážně na pracovišti magnetické rezonance. Žádný z odpovídajících neuvedl, že se s pacienty s endoprotézou nikdy nesešel.

V otázce č. 10 byla zjišťována nejčastěji snímkaná oblast s endoprotézou. Zde mohli respondenti uvádět jednu i více odpovědí, včetně vlastního názoru. Výsledné odpovědi můžeme porovnat na obrázku 31.

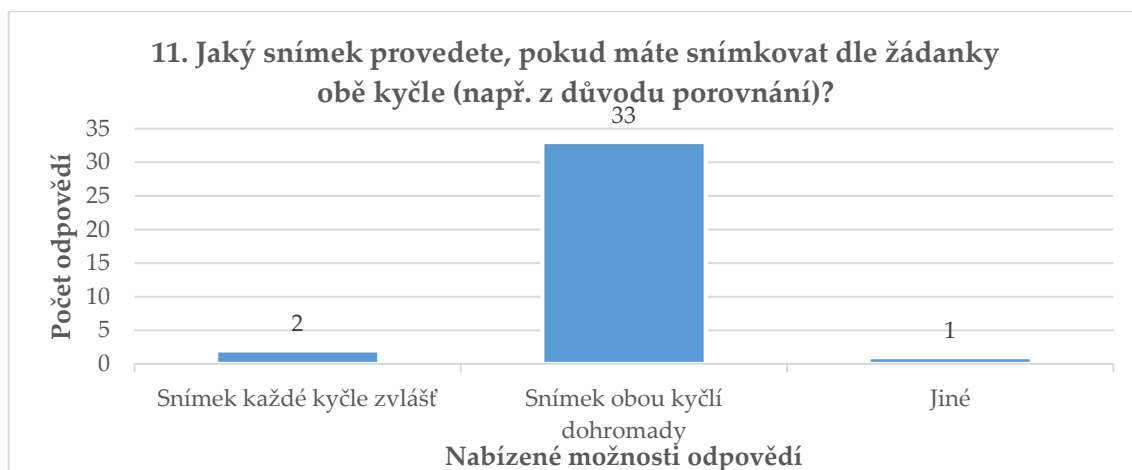


Obrázek 31 Výsledek otázky č. 10

Obrázek 31 znázorňuje nejčastěji snímkanou oblast s endoprotézou. Nejvíce označovanými odpověďmi jsou kyčel (36 odpovědí) a koleno (35 odpovědí). Ostatní odpovědi nebyly téměř uváděny – hlezno (2 odpovědi), loket (2 odpovědi), zápěstí (2 odpovědi), rameno (1 odpověď). Nikdo z respondentů neuvedl vlastní odpověď.

Další dvě otázky jsou zaměřeny na způsob snímkování vybraných kloubů – konkrétně se jedná o snímkování kyčlí a kolen.

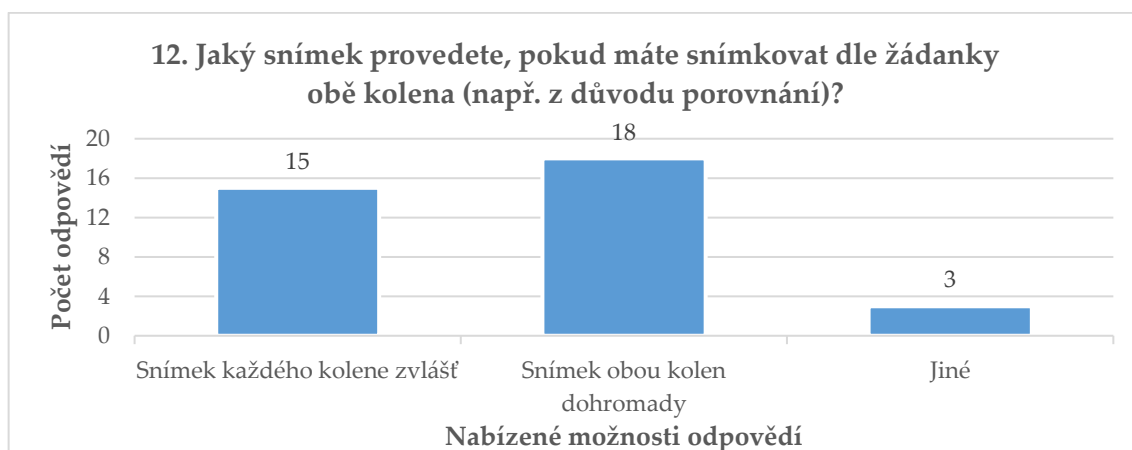
Otázka č. 11 je zaměřena na snímek obou kyčlí (např. z důvodu porovnání). Respondent měl uvést, zda v tomto případě snímkuje každé koleno zvlášť, nebo obě kolena dohromady. Mohla být také uvedena vlastní odpověď. Jednotlivé odpovědi jsou na obrázku 32.



Obrázek 32 Výsledek otázky č. 11

Obrázek 32 ukazuje, že nejvíce respondentů provede snímek obou kyčlí dohromady (33 odpovědí). Dva respondenti uvedli, že provedou každý snímek zvlášť. Jeden respondent uvedl, že se bude rozhodovat „dle pacienta – štlhlý dohromady, silný zvlášť“.

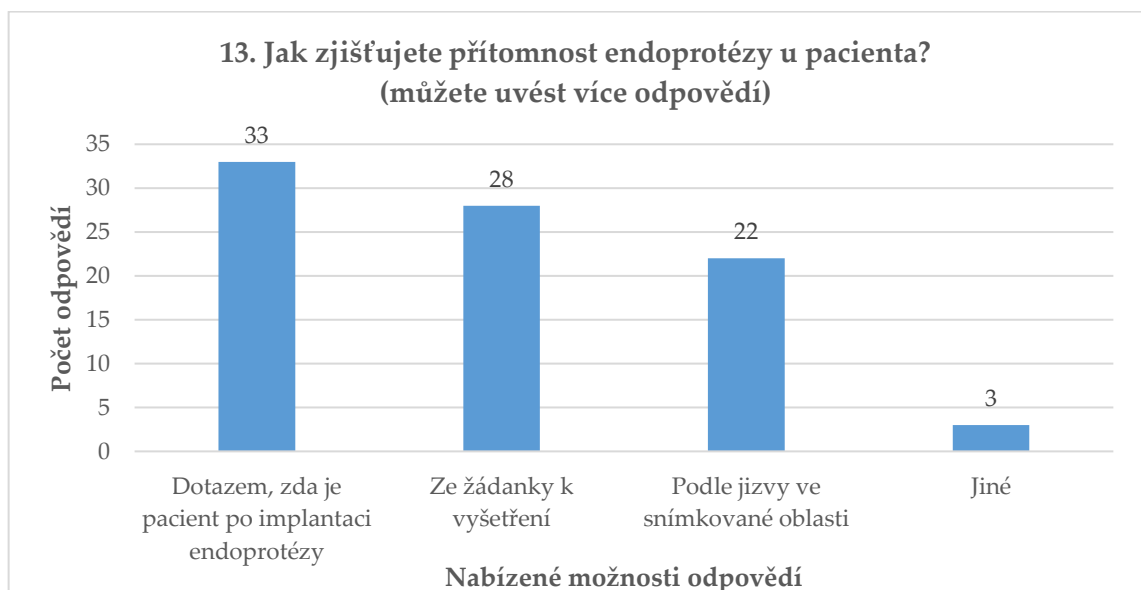
Otázka č. 12 byla položena podobně jako předcházející otázka s rozdílem snímkové oblasti. Respondenti zde byli dotazováni na snímkování obou kolen. Možnosti odpovědí byly podobné jako v otázce č. 11 a jsou uvedeny na obrázku 33.



Obrázek 33 Výsledek otázky č. 12

Obrázek 33 ukazuje, že snímek obou kolen dohromady provede 18 respondentů a snímek každého kolene zvlášť 15 respondentů. 3 respondenti uvedli vlastní odpovědi. Jeden z nich by se rozhodoval „dle pacienta – štíhlý dohromady, silný zvlášť“, stejně jako u snímku kyčlí. Další uvedl, že by se rozhodl „podle stavu pacienta“. Poslední respondent uvedl, že by zvolil způsob snímkování podle toho, zda by se jednalo o snímek v zátěži či nikoli („koleno bilaterálně v zátěži AP projekce dohromady, jinak snímkuji každé koleno AP zvlášť“).

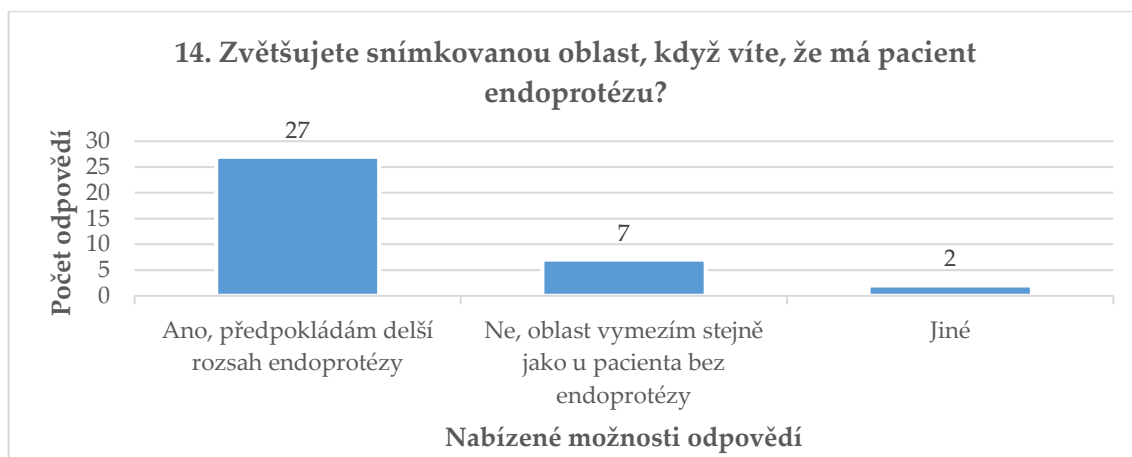
Otázka č. 13 byla zaměřena na zjištění přítomnosti endoprotézy u pacientů. Radiologičtí asistenti mohli uvést i více odpovědí. Vybírat mohli z nabízených odpovědí, případně měli možnost uvést vlastní odpověď. Výsledky otázky jsou uvedeny na obrázku 34.



Obrázek 34 Výsledek otázky č. 13

Z obrázku 34 vyplývá, že respondenti nejčastěji zjišťují přítomnost endoprotézy u pacientů dotazem, zda je pacient po implantaci endoprotézy (33 odpovědí). Dále ze žádanky k vyšetření (28 odpovědí), podle jizvy ve snímkové oblasti (22 odpovědí) a také jiné způsoby zjištění přítomnosti endoprotézy (3 odpovědi). Všichni tito tři respondenti uvedli prohlédnutí předchozích rentgenových snímků.

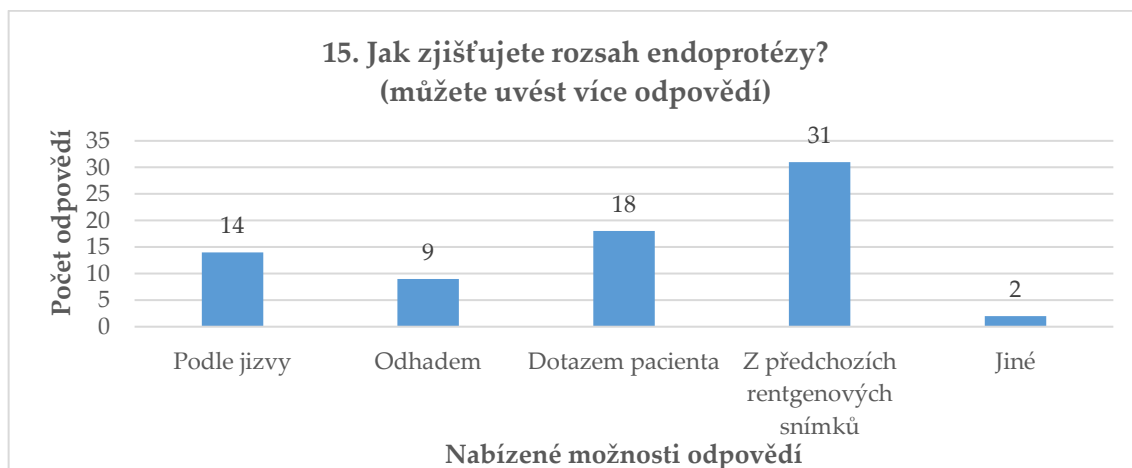
V otázce č. 14 bylo zjišťováno, zda radiologičtí asistenti zvětšují snímkovanou oblast, pokud ví, že má pacient implantovanou endoprotézu. Respondenti vybírali z nabízených odpovědí, případně mohli dopsat vlastní odpověď. Výsledné odpovědi můžeme vidět na obrázku 35.



Obrázek 35 Výsledek otázky č. 14

Obrázek 35 ukazuje, že nejvíce respondentů zvětšuje snímkovanou oblast, protože předpokládá delší rozsah endoprotézy (27 respondentů). Další respondenti snímkovanou oblast nezvětšují (7 respondentů), případně uvedli jinou odpověď (2 respondenti). Jednou z odpovědí bylo „v případě reoperace snímkovanou oblast zvětšuji“, druhou odpovědí bylo „dle předchozího snímku“.

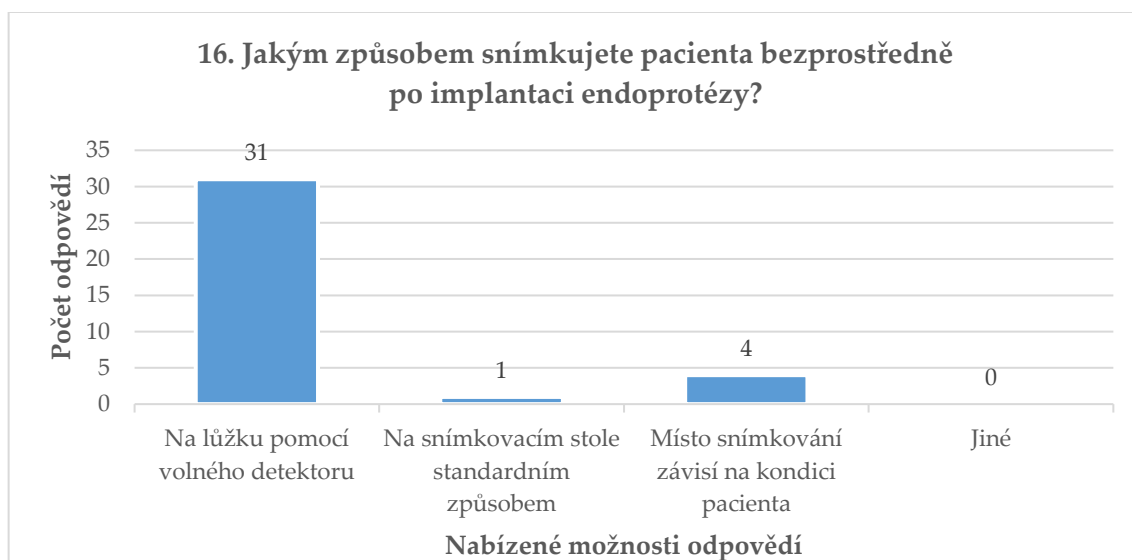
Otázka č. 15 byla zaměřena na zjištění rozsahu endoprotézy. V této otázce mohli respondenti vybírat z nabízených odpovědí, případně doplnit odpověď vlastní (viz obrázek 36). Uvedeno mohlo být i více správných odpovědí.



Obrázek 36 Výsledek otázky č. 15

Na obrázku 36 lze vidět, že nejčastější způsob zjištění rozsahu endoprotézy je z předchozích rentgenových snímků (31 odpovědí). Další způsob zjištění rozsahu endoprotézy je dotázním pacienta (18 odpovědí), podle jizvy (14 odpovědí) a odhadem (9 odpovědí). Jeden respondent uvedl „dle žádanky“, druhý respondent uvedl „dotazem pacienta, zda se jedná o přímo implantaci či reimplantaci, u reimplantace předpokládám delší endoprotézu“.

Otázka č. 16 byla zaměřena na způsob snímkování pacienta bezprostředně po implantaci endoprotézy. Respondenti měli na výběr tři odpovědi, nebo mohli uvést odpověď vlastní. Odpověď však mohla být pouze jedna. Odpovědi na tuto otázku jsou uvedeny na obrázku 37.

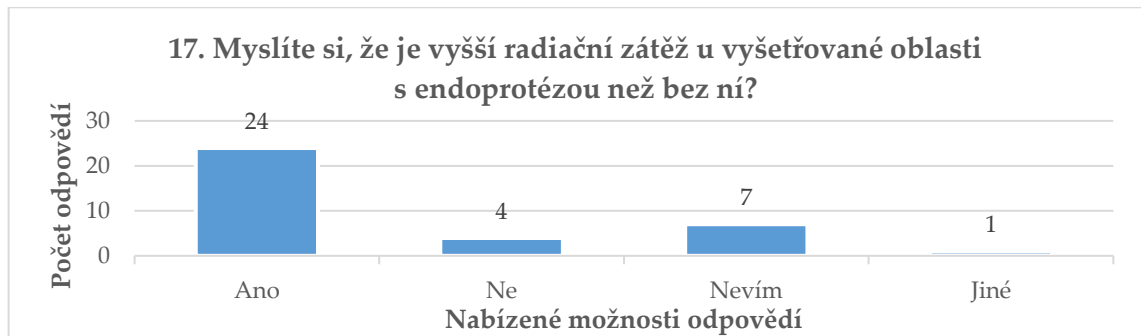


Obrázek 37 Výsledek otázky č. 16

Obrázek 37 uvádí, že nejčastějším způsobem snímkování pacienta bezprostředně po implantaci endoprotézy probíhá na lůžku pomocí volného detektoru (31 odpovědí). Další respondenti uvedli, že místo snímkování závisí na kondici pacienta (4 odpovědi). 1 respondent uvedl, že pacienty snímkuje na snímkovacím stole standardním způsobem. Nikdo z respondentů neuvedl vlastní odpověď.

Následující otázky, které dotazník obsahoval, byly zaměřeny na radiační zátěž pacienta a způsoby ovlivnění radiační zátěže.

V otázce č. 17 bylo zjišťováno, zda si radiologičtí asistenti myslí, že je radiační zátěž vyšší u snímkování oblastí s endoprotézou než bez ní. Respondenti mohli vybrat jednu ze čtyř možností, přičemž poslední z možností byla volná odpověď. Odpovědi jsou uvedeny na obrázku 38.



Obrázek 38 Výsledek otázky č. 17

Obrázek 38 ukazuje, že si velká část respondentů myslí, že je radiační zátěž vyšší u vyšetřované oblasti s endoprotézou než bez ní (24 odpovědí). 7 respondentů neví odpověď na tuto otázku a 4 respondenti si myslí, že radiační zátěž není vyšší. Jiná odpověď byla „dle konstituce pacienta“.

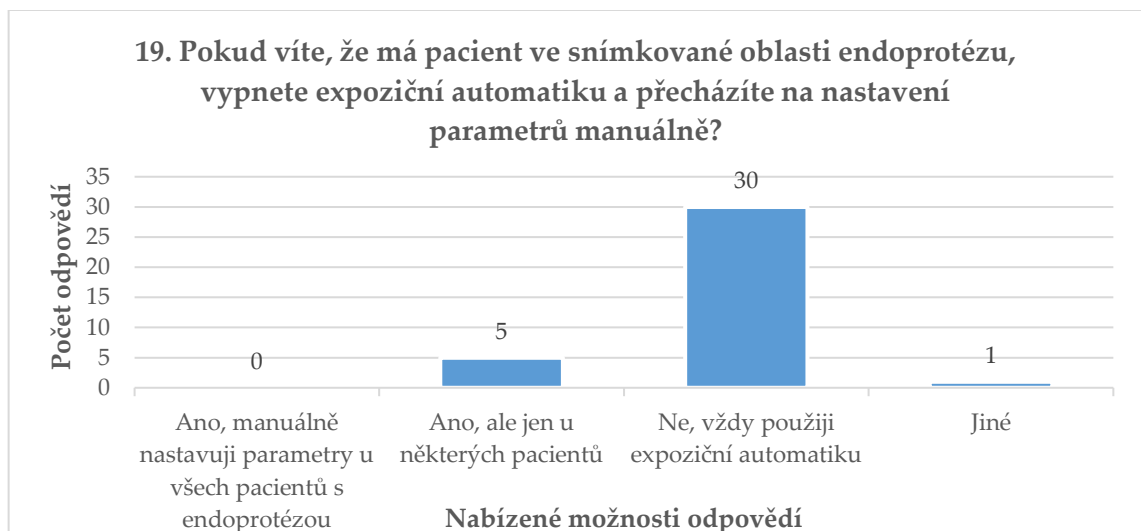
Otázka č. 18 byla zaměřena na použití expoziční automatiky. Respondenti byli dotazováni, zda může použití expoziční automatiky ovlivnit radiační dávku. Na výběr bylo z pěti odpovědí, přičemž poslední odpověď dala respondentům možnost vlastního názoru. Odpovědi jsou na obrázku 39.



Obrázek 39 Výsledek otázky č. 18

Obrázek 39 ukazuje, že většina respondentů si myslí, že použití expoziční automatiky ovlivní u pacientů s implantovanou endoprotézou radiační dávku. 14 z nich si myslí, že radiační dávka bude nižší a dalších 14 uvedlo, že radiační dávka bude vyšší. 3 respondenti uvedli, že použití expoziční automatiky radiační dávku neovlivní. 4 respondenti nevěděli odpověď na tuto otázku a 1 uvedl, že „záleží na objemu, hmotnosti pacienta, velikosti břicha“.

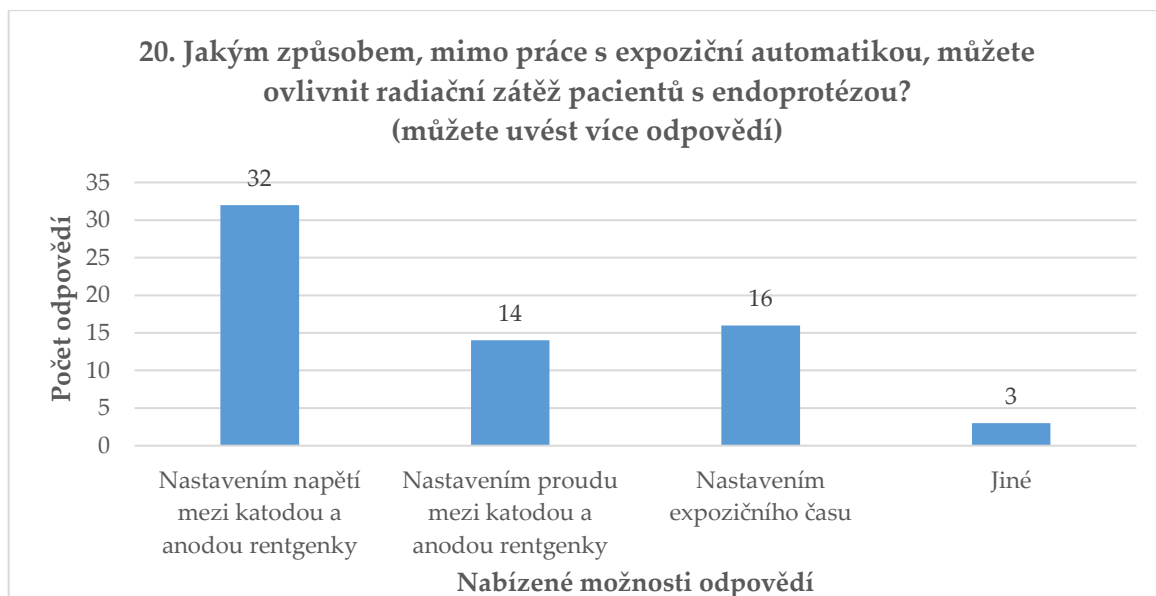
Otázka č. 19 se týkala vypnutí expoziční automatiky a nastavování parametrů manuálně, pokud radiologičtí asistenti vědí, že má pacient ve snímkové oblasti endoprotézu. Respondenti měli na výběr ze čtyř odpovědí, případně mohli uvést vlastní odpověď. Odpovědi na tuto otázku jsou uvedeny na obrázku 40.



Obrázek 40 Výsledek otázky č. 19

Z obrázku 40 vyplývá, že téměř všichni z respondentů používají vždy expoziční automatiku (30 odpovědí). 5 respondentů vypíná expoziční automatiku, ale jen u některých pacientů. 1 respondent uvedl „pouze upravuji dle hmotnosti pacienta (obézní, štíhlý)“. Nikdo neuvedl manuální nastavení parametrů u všech pacientů s endoprotézou.

V otázce č. 20 byli respondenti dotazováni, jakým způsobem mohou ovlivnit radiační zátěž pacientů, mimo práce s expoziční automatikou. Mohlo být uvedeno i více odpovědí, které byly buď volené, případně zde mohl respondent napsat vlastní komentář. Výsledky této otázky jsou na obrázku 41.



Obrázek 41 Výsledek otázky č. 20

Obrázek 41 ukazuje, že nejčastěji je radiační zátěž ovlivněna nastavením napětí mezi katodou a anodou rentgenky (32 odpovědí), nastavením expozičního času (16 odpovědí), nastavením proudu mezi katodou a anodou rentgenky (14 odpovědí). Také byly uvedeny 3 vlastní odpovědi. Jeden z respondentů uvedl „omezení rentgenových kontrol ze strany indikujícího lékaře (ortoped, chirurg)“. Další uvedl „řádné clonění, fixace břicha“. Poslední odpovědí bylo „nevím“. Celkem všechny 3 odpovědi (nastavení napětí, proudu a expozičního času) označilo 11 dotazovaných radiologických asistentů.

6 DISKUZE

Praktická část bakalářské práce byla zaměřena na porovnání radiační zátěže u pacientů bez implantované endoprotézy a s endoprotézou kyčelního a kolenního kloubu pomocí programů UNIS-STEINER a VF-SED. Práce je také doplněna o dotazníkové šetření určené radiologickým asistentům, které se týkalo práce s pacienty, kteří mají implantovanou endoprotézu a ovlivnění radiační zátěže při vyšetření těchto pacientů.

6.1 Sběr dat radiační zátěže na vybraném pracovišti

Nejprve se tato část bakalářské práce zabývá počtem vyšetření jednotlivých vybraných kloubů (kyčel, koleno, hlezno, rameno, loket a zápěstí) v letech 2017-2021 na vybraném pracovišti. Obrázek 14 ukazuje, že nejvíce vyšetřovaným kloubem je ve všech uvedených letech kyčelní kloub, a to s velkou převahou. Největší počet vyšetření byl proveden v roce 2019, kdy bylo vyšetřeno 2474 kyčelních kloubů. Po tomto roce došlo k poklesu provedených vyšetření. Druhým nejčastěji vyšetřovaným kloubem byl kolenní kloub. Největší počet vyšetření byl proveden také v roce 2019. Následně počet vyšetření klesal, stejně jako u kyčelního kloubu. Podobně na tom byly i ostatní sledované klouby. Jedním z důvodů poklesu mohla být pandemická situace, která omezila počet plánovaných operací a lékařských kontrol, se kterým souvisí i rentgenová vyšetření.

Pokud se zaměříme pouze na rok 2021, tedy poslední sledovaný rok pacientů s endoprotézou, můžeme na obrázku 15 vidět, že v 54 % případů převládalo vyšetření kyčelního kloubu, což je více než polovina vyšetření kloubů v roce 2021. Další významnou část vyšetření tvoří kolenní kloub (19 %). Převážná většina implantací endoprotéz je totiž prováděna u těchto dvou kloubů. Z tohoto důvodu byly tyto klouby vybrány pro následující část práce. To, že jsou tyto dva klouby nejvíce vyšetřovanými, potvrdilo i dotazníkové šetření. Tento výsledek je graficky znázorněn na obrázku 31.

Pro náhradu kloubů existuje několik indikací (artróza, revmatická onemocnění, nádorová nebo systémová onemocnění, vrozené vady a další). [39] Důležitým faktorem je tělesná hmotnost pacienta. S vyšší hmotností dochází k většímu zatěžování kloubů, což způsobuje jejich degradaci. [40] BMI označuje index tělesné hmotnosti a používá se jako měřítko obezity. [41] Následující tabulka 8 porovnává průměrné hodnoty BMI u pacientů s endoprotézami kyčelního a kolenního kloubu s odbornou studií. [40]

Tabulka 8 Porovnání BMI u pacientů s endoprotézou kyčle a kolene

Studie	Kyčel	Koleno
Machálek	28,1	31,4
Odborná studie [40]	29,8	30,8

Průměrná hodnota BMI v této práci je u pacientů s endoprotézou kyčle 28,1 a u pacientů s endoprotézou kolene je 31,4. Jelikož hodnota BMI 25 a výše značí nadváhu a obezitu [41], je zřejmé, že pacienti indikovaní k endoprotéze jí trpí. Tuto skutečnost potvrzuje i odborná studie [40], kde se srovnávané výsledky této práce prakticky neliší s odbornou studií. V obou případech je průměrná hodnota BMI větší u pacientů indikovaných k endoprotéze kyčelního kloubu než u kolenního kloubu.

Zjištění onemocnění kyčelního a kolenního kloubu probíhá nejčastěji pomocí rentgenového snímku. Rentgenové vyšetření se provádí také u pacientů s již implantovanou endoprotézou z důvodu lékařské kontroly. Jelikož se jedná o vyšetření s použitím ionizujícího záření, je zřejmé, že jsou pacienti vystaveni radiační zátěži. V dnešní době se pro snímkování využívá tzv. expoziční automatika. Jedná se o nástroj, který ukončuje expozici, dopadne-li na receptor obrazu dostatečné množství záření. Ovlivňuje dobu expozice, a tedy i dávku, kterou pacient obdrží. [13] Rozdílná radiační dávka bude u pacientů, kteří nemají implantovanou endoprotézu a u těch, kteří endoprotézu mají. [42; 43]

Obrázek 17 a obrázek 20 určují hodnotu elektrického množství u pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou kyčelního a kolenního kloubu. Pokud se zaměříme na hodnoty získané u pacientů s indikací endoprotézy kyčelního kloubu, lze vidět, že ve většině případů (70 %) došlo k nárůstu elektrického množství po implantaci endoprotézy. Jinak tomu není ani u pacientů s indikací endoprotézy kolenního kloubu, kde došlo k nárůstu elektrického množství až v 88 % případů. Tato skutečnost by mohla potvrdit zvýšení elektrického množství z důvodu přítomnosti kovové endoprotézy ve snímkové oblasti, tedy i vyšší dávku, kterou pacient obdržel. Je to dáno především použitím expoziční automatiky, kdy senzory (ionizační komory) nezaznamenají dostatečný signál a expozice se neukončí. Tím narůstá expoziční čas a zvyšuje se radiační dávka. [13] Průměrná hodnota elektrického množství se u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu zvýšila z 15,5 mAs na 22,1 mAs, tedy o 43 % (střední hodnota se zvýšila z 13,8 mAs na 18,4 mAs, což je o 33 %). Nárůst elektrického množství u pacientů s endoprotézou kolenního kloubu byl vyšší než u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu. Průměrná hodnota se zvýšila ze 7,2 mAs na 11,8 mAs. Nárůst je tedy o 64 % (střední hodnota se zvýšila z 6,3 mAs na 9,6 mAs, tedy o 52 %).

V několika případech došlo ale k poklesu elektrického množství, a to jak u pacientů s indikací endoprotézy kyčle (30 %), tak u pacientů s indikací endoprotézy kolene (12 %). Tento fakt může být dán chybným nastavením ionizační komory pro expoziční automatiku. Expozice tak mohla být u snímkových pacientů s endoprotézou ukončena dříve a snímek mohl být podexponován. Následující tabulka 9 porovnává nižší hodnoty elektrického množství u pacientů s endoprotézou než bez ní s jinou bakalářskou prací. [42]

Tabulka 9 Porovnání nižších hodnot elektrického množství u pacientů s endoprotézou

Studie	Kyčel	Koleno
Machálek	30 %	12 %
Slavíčková [42]	8 %	0 %

Výsledky jsou uvedeny v procentech, jelikož se liší množství porovnávaných pacientů. Tato práce shromažďuje data 70 pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu a 52 pacientů s endoprotézou kolenního kloubu, kdežto autorka srovnávané práce [42] v obou případech zpracovává data 50 pacientů. Z výše uvedené tabulky je patrné, že Slavičková [42] zaznamenala snížení elektrického množství u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu v 8 % případů, zatímco v této práci došlo ke snížení elektrického množství až ve 30 % případů. U pacientů s endoprotézou kolenního kloubu došlo ke snížení elektrického množství již jen ve 12 % případů, autorka srovnávané publikace [42] však nezaznamenala žádný případ. Údaje byly dopočítány na základě hodnot uvedených v tabulce 3 a v tabulce 7 bakalářské práce Slavičkové [42]. Výsledky se mohou lišit například rozdílným nastavením ionizačních komor pro expoziční automatiku.

V následující tabulce 10 je porovnána průměrná a střední hodnota elektrického množství u kyčelního kloubu s bakalářskou prací Slavičkové [42]. Průměrné a střední hodnoty byly dopočteny z tabulky 3 a tabulky 7 v porovnávané bakalářské práci [42].

Tabulka 10 Porovnání průměrné a střední hodnoty elektrického množství u kyčelního kloubu s jinou studií

Studie	Průměrné hodnoty elektrického množství [mAs]		Střední hodnoty elektrického množství [mAs]	
	Bez endoprotézy	S endoprotézou	Bez endoprotézy	S endoprotézou
Machálek	15,5	22,1	13,8	18,4
Slavičková [42]	44,2	57,2	43,0	54,5

Z tabulky 10 je patrné, že hodnoty v práci Slavičkové [42] jsou přibližně trojnásobně větší. Tato skutečnost může být dána rozdílnými rentgenovými přístroji, na kterých byly zhotoveny rentgenové snímky. Hodnotu elektrického množství tak nemusí ovlivňovat pouze nastavení ionizačních komor pro expoziční automatiku, ale také typ rentgenového přístroje.

Hodnoty elektrického množství se mohou lišit i podle snímkové oblasti. Následující tabulka 11 porovnává průměrné a střední hodnoty elektrického množství u kyčelního a kolenního kloubu.

Tabulka 11 Porovnání hodnot elektrického množství u kyčelního a kolenního kloubu

Studie	Průměrné hodnoty elektrického množství [mAs]		Střední hodnoty elektrického množství [mAs]	
	Bez endoprotézy	S endoprotézou	Bez endoprotézy	S endoprotézou
Kyčelní kloub	15,5	22,1	13,81	18,4
Kolenní kloub	7,2	11,8	6,3	9,6

Z předchozí tabulky je zřejmé, že průměrné a střední hodnoty u kyčelního kloubu jsou přibližně dvojnásobné oproti kolennímu kloubu. Hodnoty se mohou lišit především velikostí snímkové oblasti.

S rozdílnými hodnotami elektrického množství souvisí také výsledná dávka. Ta je měřena na výstupu rentgenky pomocí KAP metru. Naměřené radiační dávky pomocí KAP metru jsou uvedeny na obrázku 18 a obrázku 21. K nárůstu radiační zátěže u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu došlo v 60 případech (86 %) a u pacientů s endoprotézou kolenního kloubu ve 46 případech (88 %). Přítomnost endoprotézy může tedy ovlivnit radiační zátěž, která se zvýší. Průměrná hodnota naměřená KAP metrem se u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu zvýšila z 669,8 mGy·cm² na 1124 mGy·cm², nárůst je tedy o 68 % (střední hodnota vzrostla z 548,1 mGy·cm² na 837,3 mGy·cm², tedy o 53 %). U pacientů s endoprotézou kolenního kloubu se průměrná hodnota zvýšila ze 157,8 mGy·cm² na 288,6 mGy·cm², což značí nárůst o 83 % (střední hodnota se zvýšila ze 141,5 mGy·cm² na 212,6 mGy·cm², tedy o 50 %).

Stejně jako u elektrického množství, tak i u hodnot naměřených KAP metrem došlo v několika případech k nižší radiační zátěži u pacientů s endoprotézami

než bez nich. U pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu to bylo v 10 případech (14 %) a u pacientů s endoprotézou kolenního kloubu v 6 případech (12 %). Vliv na dávku naměřenou KAP metrem má především velikost snímkaného pole. Je tedy možné, že clonění snímku bez endoprotézy nebylo tak důkladné, jako tomu bylo u snímku s endoprotézou. Snímkané pole větší i o pár centimetrů může způsobit několikanásobný nárůst dávky. Následující tabulka 12 porovnává počet vyšetření s nižší radiační dávkou u pacientů s endoprotézou než bez ní s jinou bakalářskou prací [42]. Z uvedené práce byly hodnoty pro porovnání dopočítány.

Tabulka 12 Porovnání nižších hodnot radiační zátěže u pacientů s endoprotézou

Studie	Kyčel	Koleno
Machálek	14 %	12 %
Slavíčková [42]	6 %	2 %

Stejně jako u porovnání elektrického množství, i tyto výsledky jsou uvedeny v procentech z důvodu rozdílného množství porovnávaných pacientů. Tato práce se zabývá 70 pacienty s endoprotézou kyčelního kloubu a 52 pacienty s endoprotézou kolenního kloubu, zatím co práce Slavíčkové [42] se zabývá v obou případech vzorkem 50 pacientů. Z výše uvedené tabulky je patrné, že autorka porovnávané práce [42] v ní uvádí pouze 6 % pacientů s nižší radiační zátěží s endoprotézou kyčelního kloubu než bez ní, kdežto v této práci se jedná o 14 % případů. U kolenního kloubu se u Slavíčkové [42] jedná pouze o 2 % případů, v této práci o 12 % případů. Výsledky by se mohly tedy lišit rozdílným rentgenovým přístrojem. Dalším faktorem, který mohl výsledky ovlivnit, mohlo být například rozdílnou prací radiologických asistentů či výběr pacientů.

Tabulka 13 porovnává radiační zátěž u snímků kyčelního a kolenního kloubu bez endoprotézy a s endoprotézou. V tabulce jsou zobrazeny průměrné a střední hodnoty.

Tabulka 13 Porovnání radiační zátěže u pacientů s endoprotézou kyčelního a kolenního kloubu

Studie	Průměrné hodnoty naměřené KAP metrem [mGy·cm ²]		Střední hodnoty naměřené KAP metrem [mGy·cm ²]	
	Bez endoprotézy	S endoprotézou	Bez endoprotézy	S endoprotézou
Kyčelní kloub	669,8	1124,0	548,1	837,3
Kolenní kloub	157,8	288,6	141,5	212,6

Z předchozí tabulky je patrné, že radiační zátěž je téměř čtyřnásobná u snímku kyčelního kloubu než u snímku kolenního kloubu. To je pravděpodobně dáno především velikostí snímkové oblasti. Snímková oblast je větší u snímků kyčelního kloubu než u snímků kolenního kloubu. Se zvětšujícím se snímkovým polem tak může narůstat radiační zátěž pacienta.

6.2 Dotazníkové šetření

Další část praktické části této práce je dotazníkové šetření, které bylo určeno pro radiologické asistenty vybrané kliniky zobrazovacích metod. Celkem 20 otázek zodpovědělo 36 radiologických asistentů ze 43, kteří na této klinice pracují. Otázky se týkaly údajů o pracovníkovi, práce s pacienty s endoprotézou a ovlivnění radiační zátěže pacientů s endoprotézou.

Prvních 6 otázek bylo zaměřeno na získání obecných údajů o respondentovi, jako je pohlaví, věk, délka praxe, dosažené vzdělání a nejčastější pracoviště, kde radiologický asistent působí. Z těchto údajů tedy vyplynulo, že dotazníkem se zabývalo více žen (67 %) než mužů (33 %). Respondenti byli nejčastěji ve věkovém rozmezí 36-45 let, proto byla nejčastěji uváděna doba praxe v rozmezí 11-15 let. Z uvedených odpovědí bylo také patrné, že na vybraném pracovišti působí převážně radiologičtí asistenti s vysokoškolským vzděláním (Bc.), případně s vyšším odborným vzděláním (DiS.).

Na vybraném pracovišti je zvyklostí, že většina nových radiologických asistentů začíná svou praxi na rentgenu. Nejspíše z toho důvodu bylo jako nejčastější pracoviště rentgen, což uvedlo 34 ze 36 respondentů. Dalšími možnostmi rozvoje praxe mohou být skiaskopie nebo operační sály, případně u zkušenějších radiologických asistentů pracoviště CT a jiné.

Záměrem dotazníku bylo také zjistit, jak vnímají radiologičtí asistenti práci s pacienty s indikací endoprotézy kloubu. Hronová ve své práci [44] popisuje stav pacienta před operací a následně po operaci, kde poukazuje na jeho omezený pohyb a soběstačnost. Rentgenové vyšetření je důležité nejen před samotnou operací k posouzení stavu operovaného kloubu, ale také po operačním výkonu z důvodu sledování stavu implantátu (správné postavení endoprotézy, vyloučení luxace a podobně). Radiologičtí asistenti nejčastěji zvolili, že je práce s pacienty s implantovanou endoprotézou v některých případech náročnější. Proto se nabízela i otázka, kdy je práce s těmito pacienty náročnější, co ovlivňuje práci s pacienty indikovanými k endoprotéze kloubu. Jako nejčastější problém se ukázala horší spolupráce pacienta, kdy má pacient například problém s přesunem na snímkovací stůl. Tento problém nenastává jen před implantací endoprotézy, ale také po implantaci. Hronová ve své práci [44] uvádí, že jsou pacienti bezprostředně po operaci omezeni v pohybu z důvodu zabránění luxace kloubu, kdy se provádí postupná rehabilitace za přítomnosti fyzioterapeuta. Proto je nutné zvolit vhodný způsob snímkování a zajistit tak pacientovi co největší komfort. Se zhoršenou schopností pohybu také souvisí nemožnost provedení projekce, případně „zrotovaný“ snímek. Další nejčastěji zmiňovanou komplikací je opakování snímku. Pacientům jsou totiž implantovány různé délky endoprotéz a je třeba tuto endoprotézu na snímku zachytit celou.

Jelikož Národní registr pro kloubní náhrady v časopise České společnosti pro ortopedii a traumatologii [45] uvádí, že bylo v letech 2003-2012 provedeno

101 734 implantací endoprotéz kyčelního kloubu a 13 459 revizních operací, je pravděpodobné, že se radiologičtí asistenti s tímto vyšetřením setkají velmi často. [45] 28 respondentů uvedlo odpověď, že pacienty s endoprotézou snímkuje denně, 6 jich uvedlo, že tyto pacienty snímkuje často (týdně). Další 2 respondenti pouze ročně, ale to bylo objasněno tím, že nejvíce působí na pracovišti magnetické rezonance, a tak rentgenová vyšetření těchto pacientů téměř neprovádí. Klinika Dr. Pírka [46] zmiňuje, že nejvíce jsou prováděny operace kloubních náhrad kyčelního a kolenní kloubu. Jedná se totiž o nosné klouby a jejich postižení vede k většímu omezení pacientů. [46] Stejně tvrzení přináší i dotazníkové šetření, kdy se téměř všichni radiologičtí asistenti setkávají se snímkováním endoprotézy kyčelního a kolenního kloubu. Ostatní klouby jsou zastoupeny minimálně.

Další otázkou je způsob snímkování kyčelního kloubu. Samotným problémem je správné vystavení žádanky, kdy lékař často požaduje snímek pánve, přitom ale nepožaduje informaci o kyčelních lopatách. V tom případě by stačil snímek kyčlí bilaterálně, kde kyčelní lopaty nemusí být zachyceny. Jednou z možností je provedení snímku každé kyčle zvlášť. Ovšem jak vyplývá z dotazníkového šetření, téměř všichni respondenti (33 odpovědí) provádí snímek obou kyčlí dohromady. Tento způsob snímkování je nejčastěji zvolen nejspíš pro rychlost odbavení pacienta, kdy se provede pouze jedna expozice namísto dvou. V tomto případě je ale větší radiační zátěž u mužů na gonády a u žen na vaječníky, neboť se nachází přímo v primárním svazku záření. Jednou z možností je vykrytí těchto orgánů. Tento způsob ale Sůkupová [47] příliš nedoporučuje. Jednak může být vykrytí nepřesné (zastínění oblasti zájmu, nevykrytí správné oblasti) a také může zakrýt senzor expoziční automatiky, systém vyhodnotí větší zeslabení pacientem a prodlouží se expoziční čas. Proto je žádoucí používat vhodné projekce a co nejvíce clonit oblast zájmu. [47]

Stejný výstup jako u kyčlí je i u snímků kolenou. Ze získaných odpovědí vyplynulo, že tento způsob volí každý radiologický asistent individuálně. Někteří se rozhodují podle toho, zda jsou snímky provedeny v zátěži, či nikoliv. Pokud se u pacienta požaduje snímek kolenou v zátěži, pacient stojí zády k detektoru, v ostatních případech jsou provedeny snímky vsedě (případně vleže) na snímkovacím stole. Další rozhodnutí, jak snímek provést, se odvíjí od konstituce pacienta. U štíhlejších pacientů je snazší snímkovat obě kolena na jeden snímek než u obéznějších pacientů. Pokud se na to podíváme z hlediska radiační zátěže, při tomto snímkování se nevyskytují žádné kritické orgány, jako u snímků kyčlí. Roli zde však hraje rozbíhavost svazku. Pokud směřujeme centrální paprsek doprostřed, budou obě kolena snímkována pomocí paprsků, které se již rozbíhají. V případě snímku každého kolene zvlášť je centrální paprsek směřován doprostřed kolene pod patelu, dolní končetina se nachází na středu detektoru a výsledný obraz je tak více reálný. [48]

Aby se předešlo opakování snímku z důvodu nedostatečných informací, měl by se radiologický asistent ptát před vyšetřením pacienta, zda je po operaci, či má nějakou kloubní náhradu. Dalším způsobem, jak zjistit, zda má pacient kloubní náhradu, je ze žádanky k vyšetření, podle viditelné jizvy. Tyto způsoby zjištění byly v dotazníku nejvíce uváděny. Někteří radiologičtí asistenti toto zjišťují z předchozích rentgenových snímků, pokud jsou dostupné. Na získané informace navazuje velikost snímkaného pole. Důležité je co nejvíce clonit struktury, které na snímku nepožadujeme, avšak u některých pacientů může mít endoprotéza delší rozsah. Pokud by nebyla zachycena celá, znamená to opakování snímku a další radiační zátěž pro pacienta. Velké množství respondentů (27 osob) uvedlo, že pokud ví o přítomnosti endoprotézy, zvětšují snímkanou oblast. Ostatní oblast zájmu cloní stejně, jako u pacienta bez endoprotézy a někteří se rozhodují podle předchozích snímků a informace o reoperaci. Pacienti obvykle ví, jak velkou endoprotézu mají, a proto je

nejjednodušší způsobem dotázat se pacienta. Většina radiologických asistentů si prohlíží i předchozí rentgenové snímky (pokud jsou dostupné). Z nich lze vidět rozsah endoprotézy, jedná se tedy o nejpřesnější informaci. Někteří z respondentů zjišťují také velikost endoprotézy dle jizvy, případně ji jen odhadnou. Tyto způsoby jsou ale nejméně přesné, protože pacient i s poměrně velkou jizvou může mít malou endoprotézu a naopak. Odhadem velikosti endoprotézy hrozí největší riziko opakování snímku z důvodu nezachycení celého rozsahu endoprotézy.

Kontrolní snímky po zavedení endoprotézy se neprovádí jen s odstupem několika měsíců po operaci, ale také ještě během hospitalizace pacienta po operačním výkonu. Další otázka dotazníkového šetření byla směřována na způsob snímkování, jelikož jsou pacienti na lůžku a mají omezený pohyb. Velká část radiologických asistentů tyto snímky provádí na lůžku pomocí volného detektoru. Tento způsob je šetrnější především z důvodu, že se pacient nemusí přesouvat na vyšetřovací stůl a nehrozí zde riziko nečekané komplikace nově implantované endoprotézy (např. luxace endoprotézy). [44] Někteří z respondentů hodnotí způsob snímkování dle pacientovy kondice a také byla uvedena odpověď, že je pacient snímkován standardním způsobem na vyšetřovacím stole.

Poslední část dotazníku byla zaměřena na ovlivnění radiační zátěže u pacientů s endoprotézou. Více než polovina respondentů si myslí, že radiační zátěž u pacientů s endoprotézou je vyšší. Zde je podobné vysvětlení jako u stínění orgánů v primárním svazku. Kovové materiály jsou hyperdenzní, tzn. že pohltnou více záření. Jelikož se využívá expoziční automatika, která ukončuje expozici po dostatečném dopadu fotonů na senzory umístěných na receptoru obrazu, může přítomný kov zastínit tuto komůrku. Expoziční automatika následně vyhodnotí větší zeslabení a prodlouží expoziční čas. Tím se zvyšuje radiační zátěž pro pacienta. [47] Jak již ale bylo zmíněno, radiační zátěž pacientů

s endoprotézou může být také stejná nebo i nižší než bez endoprotézy, což bylo také v dotazníku uváděno.

Jelikož ve většině případů dochází s použitím expoziční automatiky k navýšení radiační zátěže, nabízela se otázka, zda respondenti vypínají expoziční automatiku u pacientů s endoprotézou a nastavují parametry manuálně. Téměř všichni uvedli, že expoziční automatiku používají vždy. To, že manuální nastavení parametrů neprovádí téměř nikdo z respondentů, může být i neznalostí o tom, jak expoziční automatika ovlivní radiační zátěž (viz výše). Použití expoziční automatiky je také snazší z časového hlediska (nemusí se nastavovat parametry manuálně). Někteří radiologičtí asistenti na vybraném pracovišti expoziční automatiku vypínají pouze u některých pacientů, nebo nastavují pouze parametry dle pacientovy hmotnosti.

Respondenti byli také dotázáni na to, jak mohou mimo expoziční automatiku ovlivnit radiační zátěž pacienta. Téměř všichni uvedli nastavení napětí mezi katodou a anodou rentgenky. Další bylo také nastavení proudu a expozičního času. Tyto odpovědi uvedla menší část respondentů. U nastavení napětí je nutné dosáhnout určitého kompromisu. Súčupová [13] uvádí, že vyšší napětí zhoršuje kvalitu obrazu díky většímu Comptonovu rozptylu. Nižší napětí naopak poskytuje dobrý kontrast obrazu, ale zvyšuje radiační zátěž pacienta z důvodu pohlcení většiny fotonů v jeho těle. Pokud je zvolena nižší hodnota napětí, je žádoucí zvýšit množství proudu. Tak lze zkrátit expoziční čas. [13]

Na základě výsledků dotazníkového šetření, vlastní praxe a odborné literatury může být radiologický asistentům doporučeno:

- zaměření se na rozsah pacientovi endoprotézy;
- v případě snímků obou kyčlí by měli radiologičtí asistenti zvážit snímkování každé kyčle zvlášť;
- zaměření se na práci s expoziční automatikou.

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním radiační zátěže u pacientů s endoprotézami v těle a u pacientů bez nich. Porovnání se uskutečnilo na dospělé části vybrané kliniky zobrazovacích metod v roce 2021.

V teoretické části je popsána problematika ionizujícího záření využívaného ve zdravotnictví, charakterizováno rentgenové záření, jsou zmíněny rentgenové přístroje a zobrazovací systémy. Dále se teoretická část zabývá endoprotézami, které jsou implantovány pacientům. V bakalářské práci je zmíněno vyšetření pacientů s indikací endoprotézy.

V praktické části je popsána vybraná klinika zobrazovacích metod, kde byla sbírána data a úloha radiologického asistenta při vyšetření pacientů s endoprotézami. Následně je sledován počet vyšetření vybraných kloubů v letech 2017-2021. Poté je za rok 2021 proveden sběr dat o radiační zátěži pacientů bez endoprotézy a s endoprotézou. Získaná data ve většině případů ukazují na vyšší radiační zátěž u pacientů s endoprotézou. Vzhledem ke zjištění, že nedochází ve všech případech k navýšení radiační zátěže u pacientů s endoprotézou, je zřejmé, že radiační zátěž neovlivňuje pouze endoprotéza samotná.

Z dotazníkového šetření vyplynulo, že nejčastěji vyšetřovanými klouby s endoprotézou jsou kyčelní a kolenní klouby. Získané výsledky také poukazují na obtížnější práci s pacienty s endoprotézou, především kvůli jejich horší pohyblivosti. Pokud se jedná o způsoby snímkování pacienta, z odpovědí je zřejmé, že se mírně liší mezi jednotlivými radiologickými asistenty. Z dotazníku také vyplynulo, že radiologičtí asistenti téměř nepracují bez expoziční automatiky.

V diskuzi byly výsledky sběru dat a dotazníkového šetření podrobně rozebrány a odůvodněny.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

2D	dvourozměrný
3D	trojrozměrný
ALARA	As Low As Reasonably Achievable (tak nízké, jak je jen možné dosáhnout)
AP	předozadní (projekce)
BMI	Body Mass Index (index tělesné hmotnosti)
CCD	Charge-Coupled Device (elektronická součástka používaná pro snímání obrazové dokumentace)
CCEP	cervikokapitální endoprotéza
CR	Computed Radiography
CT	Computed Tomography (výpočetní tomografie)
ČR	Česká republika
ČRK	Česká radiologická klasifikace
DAP	Dose Area Product (součin dávky a plochy)
DDR	Direct Digital Radiography (přímá digitalizace)
DICOM	Digital Communication in Medicine (formát souboru obrazové dokumentace v medicíně)
DRÚ	diagnostické referenční úrovně
ERCP	endoskopická retrográdní cholangiopankreatikografie
HW	hardware
IZ	ionizující záření
KAP	Kerma Area Product (součin kermy a plochy)
KZM	klinika zobrazovacích metod
LL	bočná (projekce)
MR	magnetická rezonance
PACS	Picture Archiving and Communications System (koncept digitální obrazové dokumentace)
RBU, RBE	relativní biologická účinnost
RTG	rentgen
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SW	software
TEP	totální endoprotéza
TFT	the thin film tranzistor (tenkovrstvý tranzistor)

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Fyzika ionizujícího záření*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.
- [2] Elektromagnetické spektrum. In: *ALDEB ARAN* [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/tabulky/tb_spektrum.php
- [3] ČR. 263/2016 Sb.: Atomový zákon. In: *Sbírka zákonů ČR*. Praha: SÚJB, 2016. Dostupné také z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/263_2016_AZ_20220201_01.pdf
- [4] ČR. 422/2016 Sb.: Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. In: *Sbírka zákonů ČR*. Praha: SÚJB, 2016. Dostupné také z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/sb0172-2016.pdf>
- [5] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Aplikace ionizujícího záření*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2021. ISBN 9788001068298.
- [6] Aplikace ionizujícího záření. In: *Astro Nukl Fyzika* [online]. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.sweb.cz/JadRadMetody.htm#RadZatezRTG>
- [7] MALÍKOVÁ, Hana. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Vydání první. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.

- [8] První historický snímek pořízený Röntgenem. In: *Astro Nukl Fyzika* [online]. [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.sweb.cz/Rtg1.gif>
- [9] SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.
- [10] BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5.
- [11] FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.
- [12] Sekundární mřížky - Lysholmovy clony. In: *VMK - Vše pro RTG* [online]. 2014 [cit. 2021-12-08]. Dostupné z: <http://www.vmk-rtg.cz/sekundarni-mrizky-lysholmovy-clony.htm>
- [13] Princip fungování expoziční automatiky a její využití. In: *Lucie Sukupová* [online]. 2018 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/princip-fungovani-expozicni-automatiky-a-jeji-vyuziti/>
- [14] Dose area product. In: *Radiopaedia* [online]. 2021 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://radiopaedia.org/articles/dose-area-product-1>
- [15] RADMACHER, Erich. *Optimalizace parametrů RTG přístroje v závislosti na typu pracoviště*. Samotišky, 2008. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Doc. MUDr. Martin Köcher, Ph.D.
- [16] BRONZINO, Joseph a Donald PETERSON. *Biomedical engineering fundamentals*. Boca Raton: FL: CRC Press, 2015. ISBN 978-1-4398-2518-1.

- [17] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2011-2016. ISBN 978-80-247-3817-8.
- [18] ČAPEK, Lukáš, Petr HÁJEK a Petr HENYŠ. *Biomechanika člověka*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0367-6.
- [19] CORCES, Arturo. Metallic Alloys in Orthopedic Implants. In: *Medscape* [online]. 2018 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/1230554-overview>
- [20] BALÍK, Karel a Tomáš SUCHÝ. *Biokompozitní náhrady kostní tkáně*. Vydání 1. Praha: Středisko společných činností AV ČR, v.v.i., pro Ústav struktury a mechaniky hornin Akademie věd ČR, v.v.i., 2015. Věda kolem nás. ISBN 978-80-270-0112-5.
- [21] OSHIDA, Yoshiki. *Surface Engineering and Technology for Biomedical Implants*. 2014. ISBN 978-1-60650-627-1.
- [22] WAURZYNIAK, Patrick. Materials for Medical Manufacturing. In: *SME* [online]. 2011 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: <https://www.sme.org/materials-medical-manufacturing>
- [23] MARÁKOVÁ, Nela. *Příprava, charakterizace a biokompatibilita koloidního polyanilinu*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015, 85 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/33085>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky. Vedoucí práce Kašpárková, Věra.
- [24] DUNGL, Pavel. *Ortopedie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 9788024743578.

- [25] Totální endoprotéza kolenního kloubu. In: *Orthes* [online]. DeuxDesigns s.r.o., 2021 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://www.orthes.cz/index.php/totalni-endoproteza-kolenniho-kloubu-2/>
- [26] TURKOVÁ, Renáta. *Funkční obnova u pacientů po totální endoprotéze loketního kloubu*. 2014. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Klinika rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN v Praze. Vedoucí práce Votlučková, Milena.
- [27] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. In: *IAEA* [online]. 2014 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf
- [28] HAVRÁNKOVÁ, Renata, ed. *Klinická radiobiologie*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-247-4098-0.
- [29] VAÑÓ, E., D.L. MILLER, C.J. MARTIN et al. ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Annals of the ICRP* [online]. 2017, **46**(1), 1-144 [cit. 2022-05-10]. ISSN 0146-6453. Dostupné z: [doi:10.1177/0146645317717209](https://doi.org/10.1177/0146645317717209)
- [30] Program OSN pro ochranu životního prostředí, 2016. In: *SÚJB* [online]. 2016 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation-InsidePart-Czech-Feb_2017-1.pdf
- [31] Příklady některých expozičních limitů včetně limitů platných v ČR. In: *SÚJB* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/imgs/radiacni-ochrana/DAVKY_A_LIMITY_CR_2019.jpg

- [32] Diagnostická referenční úroveň jako nástroj optimalizace?. In: *Lucie Sukupová* [online]. 2019 [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/diagnosticka-referencni-uroven-jako-nastroj-optimalizace/>
- [33] Kdo jsou radiologičtí asistenti?. In: *Radiologický asistent* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.radiologickyasistent.cz/o-oboru/kdo-jsou-radiologicti-asistenti/>
- [34] ČR. 55/2011 Sb.: Vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. In: *Sbírka zákonů ČR*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2011, částka 20. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu>
- [35] HLÁVKOVÁ, Nikola. *Edukace pacienta s endoprotézou kolenního kloubu*. Praha, 2016. Bakalářská práce. Vysoká škola zdravotnická, o. p. s., Praha 5.
- [36] ŠŤASTNÝ, Eduard. Bolesti kloubů a nadváha, I/2015. In: *ArthroCENTRUM* [online]. 2015 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: https://www.artrocentrum.cz/wp-content/uploads/2016/02/ARTROZA_2015_1.pdf
- [37] *Národní zdravotnický informační portál* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2022 [cit. 7.5.2022]. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/165>
- [38] *Příručka základních skiagrafičtých projekcí*. RAIIV.
- [39] KOUDELA, Karel. *Ortopedie*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-06542.

- [40] Rizikové faktory vzniku artrózy kolenního a kyčelního kloubu u pacientů indikovaných k totální endoprotéze. In: *ProLékaře.cz* [online]. 2019 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-revmatologie/2019-1-27/rizikove-faktory-vzniku-artrozy-kolenniho-a-kycelniho-kloubu-u-pacientu-indikovanych-k-totalni-endoproteze-112860>
- [41] Co je BMI?. In: *Výpočet.cz: Výpočet BMI, Body Mass Index* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.bodymassindex.cz/faq/co-je-bmi->
- [42] SLAVÍČKOVÁ, Nikola. *Kovový materiál v organismu a jeho vliv na radiační zátěž pacienta* [online]. Brno, 2021 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/r67x6/KOVOVY_MATERIAL_V_TELE__A_JEHO_VLIV_NA_RADIAJNI_ZATEZ_PACIENTA_Slavickova.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- [43] STROMSKÁ, Magdaléna. *Kovové materiály v organismu a jejich vliv na velikost dávky pro pacienta*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- [44] HRONOVÁ, Veronika. *Komplexní ošetrovatelská péče o pacienta s komplikacemi po operaci TEP kyčle*. Praha, 2021. Bakalářská práce. Vysoká škola zdravotnická, o. p. s., Praha 5.
- [45] VAVŘÍK, Pavel, Ivan LANDOR, Stanislav POPELKA, Roman FIALKA a Jan HACH. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae čechoslovaca: The National Register of Joint Replacements of the Czech Republic* [online]. Praha: Česká společnost pro ortopedii a traumatologii a Slovenská ortopedická a traumatologická spoločnosť, 2014, [cit. 2022-05-10]. ISSN 0001-5415. Dostupné z: http://www.achot.cz/dwnld/achot_2014_supp.pdf
- [46] Totální kloubní náhrady. In: *Klinika Dr. Pírka* [online]. 2022 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.klinikadrpírka.cz/oddeleni/ortopedie/totalni-kloubni-nahrady.php>

- [47] Použití ochranného stínění u skiagrafických vyšetření. In: *Lucie Sůkupová* [online]. 2020 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/pouziti-ochranneho-stineni-u-skiagrafickych-vysetreni/>
- [48] Rtg vyšetření srdce a plic (2). In: *Lucie Sůkupová* [online]. 2020 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/rtg-vysetreni-srdce-a-plic-2/>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Elektromagnetické spektrum.....	11
Obrázek 2 Historicky první snímek pořízený W. C. Röntgenem	13
Obrázek 3 Skiaskopický přístroj	14
Obrázek 4 CT přístroj.....	15
Obrázek 5 KAP metr	20
Obrázek 6 Rozdělení digitální radiografie	22
Obrázek 7 Čtecí zařízení pro nepřímou digitalizaci	23
Obrázek 8 Detektor s přímou konverzí.....	24
Obrázek 9 Detektor s nepřímou konverzí	25
Obrázek 10 Příklady některých expozičních limitů platných v ČR	35
Obrázek 11 Nemocniční informační systém UNIS-STEINER	40
Obrázek 12 Systém automatizovaného výpočtu dávek pacientů obdržených při lékařském ozáření VF-SED	41
Obrázek 13 Digital Diagnost 3	42
Obrázek 14 Počet vyšetření vybraných kloubů v letech 2017-2021	47
Obrázek 15 Procentuální zastoupení jednotlivých vyšetření vybraných kloubů v roce 2021.....	48
Obrázek 16 Hodnoty BMI u pacientů s endoprotézou kyčelního kloubu	48
Obrázek 17 Hodnoty elektrického množství bez endoprotézy a s endoprotézou u kyčelního kloubu	49
Obrázek 18 Hodnoty dávek bez endoprotézy a s endoprotézou naměřené KAP metrem u kyčelního kloubu	50
Obrázek 19 Hodnoty BMI u pacientů s endoprotézou kolenního kloubu	52
Obrázek 20 Hodnoty elektrického množství bez endoprotézy a s endoprotézou u kolenního kloubu.....	53

Obrázek 21 Hodnoty dávek bez endoprotézy a s endoprotézou naměřené	
KAP metrem u kolenního kloubu	54
Obrázek 22 Výsledek otázky č. 1.....	56
Obrázek 23 Výsledek otázky č. 2	56
Obrázek 24 Výsledek otázky č. 3.....	57
Obrázek 25 Výsledek otázky č. 4.....	58
Obrázek 26 Výsledek otázky č. 5	58
Obrázek 27 Výsledek otázky č. 6.....	59
Obrázek 28 Výsledek otázky č. 7.....	60
Obrázek 29 Výsledek otázky č. 8	61
Obrázek 30 Výsledek otázky č. 9	61
Obrázek 31 Výsledek otázky č. 10.....	62
Obrázek 32 Výsledek otázky č. 11.....	63
Obrázek 33 Výsledek otázky č. 12	63
Obrázek 34 Výsledek otázky č. 13	64
Obrázek 35 Výsledek otázky č. 14	65
Obrázek 36 Výsledek otázky č. 15	65
Obrázek 37 Výsledek otázky č. 16	66
Obrázek 38 Výsledek otázky č. 17	67
Obrázek 39 Výsledek otázky č. 18	67
Obrázek 40 Výsledek otázky č. 19	68
Obrázek 41 Výsledek otázky č. 20	69

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Radiační váhové faktory	33
Tabulka 2 Tkáňové váhové faktory.....	34
Tabulka 3 Základní limity	36
Tabulka 4 Průměrné a střední hodnoty elektrického množství u kyčelního kloubu.....	51
Tabulka 5 Průměrné a střední hodnoty naměřené KAP metrem u kyčelního kloubu.....	51
Tabulka 6 Průměrné a střední hodnoty elektrického množství u kolenního kloubu.....	55
Tabulka 7 Průměrné a střední hodnoty naměřené KAP metrem u kolenního kloubu.....	55
Tabulka 8 Porovnání BMI u pacientů s endoprotézou kyčle a kolene	71
Tabulka 9 Porovnání nižších hodnot elektrického množství u pacientů s endoprotézou.....	72
Tabulka 10 Porovnání průměrné a střední hodnoty elektrického množství u kyčelního kloubu s jinou studií.....	73
Tabulka 11 Porovnání hodnot elektrického množství u kyčelního a kolenního kloubu.....	74
Tabulka 12 Porovnání nižších hodnot radiační zátěže u pacientů s endoprotézou.....	75
Tabulka 13 Porovnání radiační zátěže u pacientů s endoprotézou kyčelního a kolenního kloubu	76

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Hodnoty BMI, expozičních parametrů a radiační dávky při vyšetření kyčelního kloubu

Pořadí	Údaje o pacientovi			Hodnoty bez endoprotézy			Hodnoty s endoprotézou		
	Výška	Váha	BMI	Napětí	Proud a čas	KAP	Napětí	Proud	KAP
	cm	kg		kV	mAs	mGy·cm ²	kV	mAs	mGy·cm ²
1.	180	83	25,6	70	35	1406	77	19	720,3
2.	176	102	32,9	77	13,3	467,1	77	29,8	1391,3
3.	180	83	25,6	77	14,3	693,5	77	10,8	337,1
4.	165	74	27,2	77	11,1	544,5	77	10,1	512,4
5.	178	82	25,9	80	14	537	77	13,6	947,7
6.	158	75	30,0	80	5,1	119,3	77	9,1	218,1
7.	160	60	23,4	70	12,5	346	70	9	473
8.	168	67	23,7	77	8,3	323,8	77	14,2	411,6
9.	158	73	29,2	77	19,9	499,2	81	14,5	652,6
10.	178	78	24,6	77	12,2	476	80	16,3	1282,6
11.	167	93	33,3	77	18,3	1397,6	77	26,7	1503,4
12.	182	86	26,0	77	8,8	383,1	77	12,1	478,9
13.	165	62	22,8	77	11	349,5	77	8	471,2
14.	158	40	16,0	70	4,5	79	80	8,6	445,2
15.	175	88	28,7	77	12,2	625,6	77	25	921,2
16.	164	60	22,3	70	11	259	70	12,5	416
17.	171	89	30,4	77	22,4	735,1	80	51,5	2404,1
18.	163	103	38,8	77	11,6	614,3	77	10,9	1051,3
19.	172	70	23,7	77	6,7	268,9	77	10	419,4
20.	193	125	33,6	77	23,3	1311,9	77	28,2	1745,1
21.	150	66	29,3	80	15	379,9	77	18,4	659,2
22.	172	66	22,3	77	10	309	77	10,2	307
23.	165	80	29,4	77	13,8	472,1	77	12,8	761,2
24.	162	60	22,9	77	11,9	504,1	77	13,5	579,5
25.	170	60	20,8	80	6	173	77	7	307,7
26.	155	54	22,5	80	2,8	149,2	77	10,2	346,8
27.	174	110	36,3	90	13,7	791,3	85	20,5	1270,2
28.	162	78	29,7	77	15,1	479,8	77	11,4	641,8
29.	175	75	24,5	77	11,6	271,9	77	20,1	560,3
30.	156	64	26,3	80	18,4	1215,6	80	11,2	887,9
31.	185	95	27,8	80	16,1	1450,6	69	28	1413,5
32.	174	79	26,1	77	9,6	391,9	77	14	663,4
33.	171	81	27,7	77	15,8	643	80	18,6	1005,5

34.	170	75	26,0	77	14,9	1046,66	77	31,9	1493,9
35.	186	108	31,2	80	22,4	673,9	77	26	1159,6
36.	168	90	31,9	80	22,4	894,3	80	56,8	3684,8
37.	165	76	27,9	77	17,7	592	77	12,6	786,6
38.	178	92	29,0	77	8,3	347,3	77	8,4	504,3
39.	175	100	32,7	77	11,4	457,5	77	27,3	624,4
40.	168	70	24,8	80	14,4	279,5	77	10,8	451,5
41.	170	79	27,3	80	15,3	551,6	77	13,9	619,9
42.	183	91	27,2	80	31,2	1081,6	80	33,8	3102,9
43.	188	90	25,5	77	10,7	465,2	77	11,6	670
44.	168	80	28,3	77	28,4	961,4	80	21,4	1386,3
45.	160	51	19,9	80	10,1	515,6	77	18,3	659,3
46.	175	96	31,3	90	5,5	320,1	77	22,7	1254,1
47.	175	85	27,8	80	31,1	2080,3	80	49	2246,9
48.	160	70	27,3	77	10,2	398	77	10,1	437,4
49.	172	80	27,0	77	15,5	848	80	27,4	2624,8
50.	180	97	29,9	77	20,7	680,9	80	28,1	1773,8
51.	180	100	30,9	85	14	624,3	77	18,8	607,8
52.	178	108	34,1	73	10	564	70	51,5	1283
53.	158	92	36,9	80	12,1	499,4	80	8,5	697,4
54.	177	75	23,9	77	24,5	751,2	80	40,9	1646
55.	165	56	20,6	70	8,5	231	70	10,5	215
56.	169	92	32,2	77	21,8	923,7	80	80	2346,1
57.	160	90	35,2	77	10,2	500,3	77	8,8	597
58.	184	73	21,6	80	29,6	1480,8	80	39,7	1859,9
59.	185	142	41,5	90	20,2	1151,4	77	64,1	2680,3
60.	160	81	31,6	77	10,9	309,8	80	31	1303,4
61.	163	83	31,2	77	24	949,9	80	23,3	1609,5
62.	168	86	30,5	77	13,7	840,1	80	26,3	2069,5
63.	163	75	28,2	80	38,3	2025,4	80	25,2	1694,9
64.	165	83	30,5	77	12,5	508,7	77	16,7	716,8
65.	170	92	31,8	77	18,5	1144,8	80	30,6	2426,2
66.	191	104	28,5	77	34,4	1035,6	77	28,6	1132
67.	168	70	24,8	77	11	466	80	17,7	1786,1
68.	167	75	26,9	77	14,3	566	77	16,5	533,5
69.	188	115	32,5	77	18,2	618,9	80	37,1	1381,7
70.	166	88	31,9	77	13	833,5	80	27,1	2409,2

Příloha 2 Hodnoty BMI, expozičních parametrů a radiální dávky při vyšetření kolenního kloubu

Pořadí	Údaje o pacientovi			Hodnoty bez endoprotézy			Hodnoty s endoprotézou		
	Výška	Váha	BMI	Napětí	Proud	KAP	Napětí	Proud	KAP
	cm	kg		kV	mAs	mGy·cm ²	kV	mAs	mGy·cm ²
1.	178	100	31,6	66	2,7	146,5	66	20,2	712,7
2.	168	104	36,8	66	6,3	115,6	66	6	274,9
3.	175	100	32,7	66	2,7	143,5	66	18,7	689,3
4.	170	87	30,1	66	3,6	117,7	66	7,6	212
5.	165	78	28,7	66	8,0	184,9	66	20	405,5
6.	164	73	27,1	66	5,5	136	66	9,3	235
7.	176	115	37,1	66	8,6	182,6	66	16,3	720,4
8.	162	75	28,6	66	8,9	164,1	66	15	298
9.	174	80	26,4	66	9,5	127,1	66	21,8	309,4
10.	180	80	24,7	66	6,9	118,5	66	19,3	407
11.	159	81	32,0	66	7,1	79,4	66	11,5	312,4
12.	174	133	43,9	66	26,7	422,2	66	16,6	397,1
13.	168	75	26,6	66	8,7	254,5	66	13,7	405,5
14.	174	107	35,3	66	6,3	90,5	66	6,3	108,1
15.	178	100	31,6	66	6,3	165,9	66	6,3	98
16.	180	90	27,8	66	9,3	222,4	66	15,8	429,2
17.	188	100	28,3	66	6,3	118,1	66	6,3	188,5
18.	176	80	25,8	66	7,8	164,4	66	11,6	225,7
19.	168	98	34,7	66	11,0	294,4	66	17,7	423,5
20.	168	72	25,5	66	6,0	119,6	66	10,5	212,9
21.	177	87	27,8	66	6,3	135,7	66	6,3	246,3
22.	186	107	30,9	66	6,3	70,3	66	6,3	82,9
23.	172	82	27,7	66	2,8	162,4	66	13,4	374,9
24.	160	75	29,3	66	6,9	115,7	66	7,3	195,5
25.	156	73	30,0	66	8,1	151	66	13,5	229,9
26.	173	83	27,7	66	6,3	113,1	66	6,3	153,3
27.	174	90	29,7	66	6,3	143,2	66	6,3	160,8
28.	170	88	30,4	66	6,3	143,2	66	13,3	409,8
29.	157	70	28,4	66	10,0	129,7	66	13,8	195,8
30.	172	84	28,4	66	6,3	25,7	66	6,3	113,1
31.	158	61	24,4	66	4,8	105	66	8,6	186,1
32.	184	103	30,4	66	6,3	186	66	6,3	181
33.	165	80	29,4	66	5,9	181,1	66	8,4	344
34.	165	120	44,1	66	6,3	193,5	66	6,3	208,6
35.	159	74	29,3	66	4,4	94,1	66	26,3	319,9

36.	165	76	27,9	66	8,2	200,3	66	11,1	279
37.	199	140	35,4	66	13,4	139,7	66	12,2	321,5
38.	156	62	25,5	66	7,2	145,2	66	10	228,7
39.	148	52	23,7	66	3,8	67,8	66	11,9	212,3
40.	166	82	29,8	66	6,3	108,1	66	5,6	177,1
41.	168	190	67,3	66	6,3	143,2	70	6,3	130,2
42.	177	70	22,3	66	5,1	134,4	66	7,4	195,3
43.	168	79	28,0	66	8,7	87,1	66	19,1	193,6
44.	183	105	31,4	66	6,3	115,6	66	6,3	163,4
45.	162	97	37,0	66	6,3	148,3	66	6,3	153,3
46.	187	118	33,7	66	6,3	103	66	6	182,4
47.	173	96	32,1	66	6,3	103	66	6,3	191
48.	176	100	32,3	66	6,3	155,8	66	6,3	140,7
49.	186	140	40,5	66	10,4	763,2	66	24	1469,6
50.	170	80	27,7	66	7,3	171,6	66	9,8	208,4
51.	175	115	37,6	66	8,8	181,9	66	6,8	170,9
52.	164	104	38,7	66	6,3	120,6	66	6,3	123,1

Dotazník pro radiologické asistenty

Porovnání radiační zátěže u pacientů s endoprotézami v těle a bez nich

Dobrý den,

jsem studentem 3. ročníku oboru radiologický asistent na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze. Pro svou bakalářskou práci na téma „Porovnání radiační zátěže u pacientů s endoprotézami v těle a bez nich“ bych Vás rád požádal o vyplnění krátkého anonymního dotazníku na toto téma. Vaše odpovědi budou následně uvedeny v praktické části mé bakalářské práce. **Pokud nebude uvedeno jinak, vyznačte pouze jednu odpověď.**

Za vyplnění předem děkuji!

Lukáš Machálek

1. Pohlaví

- Muž
- Žena

2. Věková kategorie

- 25 let a méně
- 26-35 let
- 36-45 let
- 46-55 let
- 55 let a více

3. Jak dlouho působíte jako radiologický asistent?

- Méně než 5 let
- 5-10 let
- 11-15 let
- 16-20 let
- Více než 20 let

4. Jaké je Vaše vzdělání v oboru radiologický asistent/laborant?

- Střední zdravotnická škola v oboru radiologický laborant
- Vyšší zdravotnická škola v oboru radiologický asistent
- Bakalářský studijní obor pro přípravu radiologických asistentů

5. Uveďte, na jakých pracovištích radiodiagnostiky působíte (můžete uvést více odpovědí)

- Rentgen
- Skiaskopie
- CT
- Magnetická rezonance
- Angiografie
- Operační sály
- Kostní denzitometrie
- ERCP
- Jiné pracoviště: _____

6. Na jakém pracovišti z předchozích uvedených působíte nejčastěji?

- Rentgen
- Skiaskopie
- CT
- Magnetická rezonance
- Angiografie
- Operační sály
- Kostní denzitometrie
- ERCP
- Jiné pracoviště: _____

7. Liší se podle Vás práce radiologického asistenta u pacienta s endoprotézou

a bez ní?

- Ano, práce s pacienty s implantovanou endoprotézou je vždy náročnější
- Ano, práce s pacienty s implantovanou endoprotézou je v některých případech náročnější
- Ne, práce s pacienty s implantovanou endoprotézou je stejná jako s pacienty bez endoprotézy
- Jiné: _____

8. Jaké jsou nejčastější komplikace během vyšetření u pacientů s implantovanou endoprotézou? (můžete uvést více odpovědí)

- Horší spolupráce pacienta (např. přesun na vyšetřovací stůl)
- Opakování snímku (např. z důvodu nezachycení celé endoprotézy)
- Chybně vystavená žádanka (např. záměna vyšetřované strany)
- Chybná/žádná informace o velikosti endoprotézy
- Snímek je „zrotovaný“ (např. z důvodu nemožnosti pohybu pacienta)
- Vyšetření nelze provést (např. nemožnost axiální projekce)
- Jiné: _____

9. Jak často snímáte pacienty s endoprotézou?

- Velmi často (denně)
- Často (týdně)
- Občas (měsíčně)
- Výjimečně (ročně)
- Nikdy jsem se s pacientem s endoprotézou nesetkal/a

10. Jakou oblast s endoprotézou nejčastěji snímáte? (můžete uvést více odpovědí)

- Kyčel
- Koleno
- Hlezno
- Rameno

- Loket
- Zápěstí
- Jiné: _____

11. Pokud máte snímkovat dle žádanky obě kyčle (např. z důvodu porovnání), provedete

- Snímek každé kyčle zvlášť
- Snímek obou kyčlí dohromady
- Jiné: _____

12. Pokud máte snímkovat dle žádanky obě kolena (např. z důvodu porovnání), provedete

- Snímek každého kolene zvlášť
- Snímek obou kolen dohromady
- Jiné: _____

13. Jak zjišťujete přítomnost endoprotézy u pacienta? (můžete uvést více odpovědí)

- Dotazem, zda je pacient po implantaci endoprotézy
- Ze žádanky k vyšetření
- Podle jizvy ve snímkové oblasti
- Jiné: _____

14. Zvětšujete snímkovanou oblast, když víte, že má pacient endoprotézu?

- Ano, předpokládám delší rozsah endoprotézy
- Ne, oblast vymezím stejně jako u pacienta bez endoprotézy
- Jiné: _____

15. Jak zjišťujete rozsah endoprotézy? (můžete uvést více odpovědí)

- Podle jizvy
- Odhadem
- Dotazem pacienta
- Z předchozích rentgenových snímků
- Jiné: _____

16. Jakým způsobem snímkuje pacienta bezprostředně po implantaci endoprotézy?

- Na lůžku pomocí volného detektoru
- Na snímkovacím stole standardním způsobem
- Místo snímkování závisí na kondici pacienta
- Jiné: _____

17. Myslíte si, že je vyšší radiační zátěž u vyšetřované oblasti s endoprotézou než bez ní?

- Ano
- Ne
- Nevím
- Jiné: _____

18. Může použití expoziční automatiky u pacientů s endoprotézou ovlivnit radiační dávku?

- Ano, použitím expoziční automatiky může být radiační dávka nižší
- Ano, použitím expoziční automatiky může být radiační dávka vyšší
- Ne, použitím expoziční automatiky je radiační dávka stejná u pacientů s endoprotézou i bez ní
- Nevím
- Jiné: _____

19. Pokud víte, že má pacient ve snímkové oblasti endoprotézu, vypnete expoziční automatiku a přecházíte na nastavení parametrů manuálně?

- Ano, manuálně nastavuji parametry u všech pacientů s endoprotézou
- Ano, ale jen u některých pacientů
- Ne, vždy použiji expoziční automatiku
- Jiné: _____

20. Jakým způsobem, mimo práce s expoziční automatikou, můžete ovlivnit

radiální zátěž pacientů s endoprotézou? (můžete uvést více odpovědí)

- Nastavením napětí mezi katodou a anodou rentgenky
- Nastavením proudu mezi katodou a anodou rentgenky
- Nastavením expozičního času
- Jiné: _____

Děkuji za vyplnění dotazníku!