

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Barbora Tesková

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví (B5345)

Barbora Tesková

Studijní obor: Radiologický asistent (B5345R010)

**RADIAČNÍ OCHRANA PŘI VYŠETŘENÍ NA OPERAČNÍCH
SÁLECH**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Alena Sovová

PLZEŇ 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 30. 4. 2020.

.....

vlastnoruční podpis

Abstrakt

Příjmení a jméno: Tesková Barbora

Katedra: Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Název práce: Radiační ochrana při vyšetření na operačních sálech

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Alena Sovová

Počet stran – číslované: 59

Počet stran – nečíslované: 26

Počet příloh: 10

Počet titulů použité literatury: 30

Klíčová slova: radiační ochrana, operační sály, ochranné pomůcky, principy radiační ochrany

Souhrn:

Tématem této práce je Radiační ochrana při vyšetření na operačních sálech. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické práci nejdříve rozebíráme historii radiační ochrany, Atomový zákon a vyhlášky spojené s radiační ochranou a poté vysvětlujeme, kde a jak vzniká ionizující záření. Dále v práci rozebíráme základy radiační ochrany a také radiační ochranu pacientů či pracovníků. Pozornost věnujeme rovněž osobním ochranným pomůckám a provozu na operačních sálech. Praktická část je zaměřena na kvantitativní výzkum, který se zabývá dodržováním radiační ochrany na operačních sálech samotnými pracovníky, kteří přijdou do kontaktu s ionizujícím zářením.

Abstract

Surname and name: Tesková Barbora

Department: Department of rescue, diagnostics and public health

Title of thesis: Protection against radiation during medical examination in the operating rooms

Consultant: Mgr. Bc. Alena Sovová

Number of pages – numbered: 59

Number of pages – unnumbered: 26

Number of appendices: 10

Number of literature items used: 30

Keywords: radiation protection, operating theaters, personal protective equipment, principles of radiation protection

Summary:

The topic of this thesis is Protection against radiation during medical examination in the operating rooms. The thesis is divided into theoretical and practical part. In the theoretical part, we first analyze the history of radiation protection, the Atomic Act and the decrees associated with radiation protection, and then it is explained where and how ionizing radiation originates. Furthermore, the basics of radiation protection and radiation protection of patients and workers are discussed. Attention is also paid to personal protective equipment and activities in operating theaters. The practical part focuses on quantitative research, which deals with observance of radiation protection in operating theaters by workers who encounter ionizing radiation.

Předmluva

Jedním z důvodů sepsání této bakalářské práce bylo poukázat na problematiku radiační ochrany, která vždy bude aktuálním tématem v oboru radiologie. Téma bylo o to zajímavější, protože jsme podrobněji sledovali radiační ochranu v prostorách operačních sálů. Stanovili jsme si tři cíle. Prvním cílem bylo zjistit, zda je radiační ochrana dostatečně zajištěna na vybraných operačních sálech. Druhým cílem bylo zjistit, zda zaměstnanci vybraných operačních sálů nosí při operacích osobní dozimetry a třetím cílem bylo prozkoumat, jakou škálu ochranných pomůcek zaměstnanci vybraných sálů nosí.

Poděkování

Děkuji své vedoucí bakalářské práce Mgr. Bc. Aleně Sovové za odborné vedení, cenné rady a věnovaný čas, který mi při vypracování této práce poskytl. Dále děkuji své rodině za trpělivost a psychickou podporu.

OBSAH

SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM GRAFŮ	12
SEZNAM ZKRATEK	13
ÚVOD.....	15
TEORETICKÁ ČÁST	16
1 HISTORIE RADIAČNÍ OCHRANY	16
2 PRÁVNÍ PŘEDPISY V RADIAČNÍ OCHRANĚ.....	17
2.1 ATOMOVÝ ZÁKON Č. 263/2016 SB. §1	17
2.1.1 VYHLÁŠKA Č. 360/2016 SB.....	17
2.1.2 VYHLÁŠKA Č. 359/2016 SB.....	18
2.1.3 VYHLÁŠKA Č. 408/2016 SB.....	18
2.1.4 VYHLÁŠKA Č. 409/2016 SB.....	18
2.1.5 VYHLÁŠKA Č. 422/2016 SB.....	18
2.2 INSTITUCE RADIAČNÍ OCHRANY V ČR.....	18
2.2.1 STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST	18
2.2.2 STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY	19
3 ZDROJE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ	20
3.1 RENTGENKA OBECNĚ.....	20
3.1.1 RENTGENKA PRO SKIAGRAFII	20
3.1.2 RENTGENKA U PRO ANGIOGRAFICKÉ SYSTÉMY.....	21
3.2 BRZDNÉ ZÁŘENÍ.....	21
3.3 CHARAKTERISTICKÉ ZÁŘENÍ.....	21
4 RADIAČNÍ OCHRANA OBECNĚ.....	23
4.1 PRINCIPY RADIAČNÍ OCHRANY	23
4.1.1 PRINCIP ZDŮVODNĚNÍ	23
4.1.2 PRINCIP OPTIMALIZACE	23
4.1.3 PRINCIP LIMITOVÁNÍ DÁVEK.....	24
4.1.4 PRINCIP ZABEZPEČENÍ ZDROJŮ.....	26
4.2 ZPŮSOBY RADIAČNÍ OCHRANY	27

4.2.1	OCHRANA VZDÁLENOSTÍ.....	27
4.2.2	OCHRANA ČASEM.....	27
4.2.3	OCHRANA STÍNĚNÍM	27
4.3	VELIČINY A JEDNOTKY V RADIAČNÍ OCHRANĚ	27
4.4	KLASIFIKACE ZDROJŮ.....	29
4.5	KATEGORIZACE PRACOVIŠŤ, KDE SE VYKONÁVAJÍ RADIAČNÍ ČINNOSTI.....	29
4.5.1	PRACOVIŠŤĚ I. KATEGORIE	29
4.5.2	PRACOVIŠŤĚ II. KATEGORIE	29
4.5.3	PRACOVIŠŤĚ III. KATEGORIE.....	30
4.6	KATEGORIZACE RADIAČNÍCH PRACOVNÍKŮ	30
4.7	VYMEZENÍ KONTROLOVANÉHO A SLEDOVANÉHO PÁSMO.....	30
4.7.1	KONTROLOVANÉ PÁSMO	30
4.7.2	SLEDOVANÉ PÁSMO	31
5	RADIAČNÍ OCHRANA PŘI LÉKAŘSKÉM OZÁŘENÍ.....	32
5.1	LÉKAŘSKÉ OZÁŘENÍ.....	32
5.2	DETERMINISTICKÉ ÚČINKY ZÁŘENÍ.....	32
5.3	STOCHASTICKÉ ÚČINKY ZÁŘENÍ.....	33
6	RADIAČNÍ OCHRANA PACIENTŮ	35
6.1	CHYBNÉ OZÁŘENÍ PACIENTA – RADIOLOGICKÁ UDÁLOST	35
7	RADIAČNÍ OCHRANA PRACOVNÍKŮ NA OPERAČNÍM SÁLE	36
8	OSOBNÍ OCHRANNÉ POMŮCKY	38
8.1	OLOVNĚNÁ ZÁSTĚRA	38
8.2	OCHRANNÉ LÍMCE ŠTÍTNÉ ŽLÁZY.....	38
8.3	OCHRANNÉ RUKAVICE	38
8.4	OCHRANNÉ BRÝLE.....	39
9	MONITOROVÁNÍ RADIAČNÍ SITUACE NA PRACOVIŠŤI.....	40
9.1	MONITOROVÁNÍ PRACOVIŠŤĚ	40
9.2	MONITOROVÁNÍ VÝPUSTÍ.....	40
9.3	MONITOROVÁNÍ OKOLÍ PRACOVIŠŤĚ.....	41
9.4	OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ RADIAČNÍHO PRACOVNÍKA	41

9.4.1	DRUHY DOZIMETRŮ	42
10	RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST	44
10.1	PROGRAM ZAJIŠTĚNÍ RADIAČNÍ OCHRANY	44
11	OPERAČNÍ SÁLY	45
11.1	ZÓNY OPERAČNÍCH SÁLŮ	45
11.2	PŘÍSTROJE NA OPERAČNÍM SÁLE	46
11.2.1	SKIAGRAFICKÉ PŘÍSTROJE	46
11.2.2	SKIASKOPICKÉ PŘÍSTROJE	46
11.2.3	POJÍZDNÁ SKIASKOPICKO-SKIAGRAFICKÁ C-RAMENA	46
	PRAKTICKÁ ČÁST	48
12	CÍL A ÚKOLY PRÁCE	48
12.1	PŘEDPOKLADY	48
13	VÝZKUMNÉ OTÁZKY, VÝZKUMNÉ PROBLÉMY	49
14	CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU	49
15	METODIKA PRÁCE	50
15.1	INTERPRETACE VÝSLEDKŮ	50
16	ANALÝZA A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ	51
	DISKUZE	69
	ZÁVĚR	73
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74
	SEZNAM PŘÍLOH	78
	PŘÍLOHY	79

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Obecné limity pro obyvatele	25
Tabulka 2 Limity pro radiační pracovníky	25
Tabulka 3 Limity pro žáky a studenty	26
Tabulka 4 Klasifikace zdrojů.....	29
Tabulka 5 Souhrn deterministických a stochastických účinků.....	34
Tabulka 6 Pohlaví respondentů	51
Tabulka 7 Pracovní zařazení respondentů na vybraných operačních sálech.....	52
Tabulka 8 Struktura doby zaměstnání na vybraných operačních sálech	53
Tabulka 9 Kontakt respondentů s rentgenovým zářením na vybraných operačních sálech za měsíc	55
Tabulka 10 Kontakt s rentgenovým zářením dle kategorie zaměstnanců na vybraných operačních sálech.....	55
Tabulka 11 Znalosti respondentů týkající se ochrany na vybraných operačních sálech	57
Tabulka 12 Proškolení o radiační zátěži a radiační ochraně na vybraných operačních sálech	58
Tabulka 13 Nošení osobních dozimetrů respondenty při operacích.....	59
Tabulka 14 Místo pro nošení osobních dozimetrů	60
Tabulka 15 Kontrola osobních dozimetrů na pracovišti.....	61
Tabulka 16 Názor respondentů na radiační ochranu na vybraných operačních sálech	62
Tabulka 17 Nejčastější kombinace pomůcek radiační ochrany využívané na vybraných operačních sálech.....	63
Tabulka 18 Ochranné pomůcky dle užití zaměstnance na vybraných operačních sálech ...	63
Tabulka 19 Názor respondentů na ochranné pomůcky	65
Tabulka 20 Nevýhody ochranných pomůcek	66
Tabulka 21 Spokojenost respondentů s vybaveností ochranných pomůcek na vybraných operačních sálech.....	67
Tabulka 22 Využívání zásad radiační ochrany	68

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Pohlaví respondentů	51
Graf 2 Pracovní zařazení respondentů na vybraných operačních sálech.....	52
Graf 3 Struktura doby zaměstnání na vybraných operačních sálech.....	53
Graf 4 Procentuální vyjádření doby zaměstnání na vybraných operačních sálech	53
Graf 5 Kontakt respondentů s rentgenovým zářením na vybraných operačních sálech za měsíc	55
Graf 6 Kontakt s rentgenovým zářením dle kategorie zaměstnanců na vybraných operačních sálech	56
Graf 7 Znalosti respondentů týkající se ochrany na vybraných operačních sálech.....	57
Graf 8 Proškolení o radiační zátěži a radiační ochraně na vybraných operačních sálech ...	58
Graf 9 Nošení osobních dozimetrů respondenty při operacích	59
Graf 10 Místo pro nošení osobních dozimetrů	60
Graf 11 Kontrola osobních dozimetrů na pracovišti	61
Graf 12 Názor respondentů na radiační ochranu na vybraných operačních sálech.....	62
Graf 13 Ochranné pomůcky dle užití zaměstnance na vybraných operačních sálech.....	64
Graf 14 Názor respondentů na ochranné pomůcky	65
Graf 15 Nevýhody ochranných pomůcek	66
Graf 16 Spokojenost respondentů s vybaveností ochranných pomůcek na vybraných operačních sálech.....	67
Graf 17 Využívání zásad radiační ochrany.....	68

SEZNAM ZKRATEK

ALARA – As Low As Reasonably Achievable

Al_2O_3 – Oxid hlinitý

CaF_2 – Fluorid vápenatý

CaSO_4 – Síran vápenatý

CCD – Charge – coupled device

ČR – Česká republika

D – Absorbovaná dávka

dE – Poměr střídání energie

dm – Objemový element

DOM – Dávková optimalizační mez

DNA – Deoxyribonukleová kyselina

DRÚ – Diagnostická referenční úroveň

EU – Evropská Unie

Gy – Gray

H – Ekvivalentní dávka

IAEA – Internacional Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)

ICRP – Internacional Commission on Radiological Protection (Mezinárodní komise radiologické ochrany)

IZ – Ionizační záření

LED – Light – Emitting Diode

LiF – Fluorid lithný

mAs – Miliampér sekunda

MR – Magnetická rezonance

OS – operační sál

RH – Radiační havárie

RMU – Radiační mimořádná událost

RN – Radiační nehoda

RO – radiační ochrana

RTG – Rentgenové záření, rentgen

RZ – Radionuklidový zdroj

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚRO – Státní ústav radiační ochrany

Sv – Sievert

TLD – Termoluminiscenční dozimetr

US – Ultrasonografie

w_T – Tkáňový váhový faktor

w_R – Radiační váhový faktor

ÚVOD

Radiologie je jeden z nejvíce se rozvíjejících oborů ve zdravotnictví. Jeho důležitou a nedílnou součástí je právě radiační ochrana. Z historického hlediska víme, že ze začátku nebyla snaha o ochranu před ionizujícím zářením žádná. Rozvoj začal až při zjištění, že rentgenové záření je ve větších a častějších dávkách škodlivé a tehdy začalo úsilí o ochranu jak pacientů, tak i zdravotníků. Ke zlepšení podmínek ochrany před ionizujícím zářením přispěl také fakt, že v dnešní moderní době, kdy jsou k dispozici přístroje na špičkové úrovni, můžeme radiační dávky lépe regulovat a tím výrazně snížit použitou dávku záření.

Co se týče operačních sálů, i zde nastal velký pokrok v medicínské technice, a to podmínilo nutnost zlepšení zobrazovacích metod v této oblasti. Vzhledem k četnosti operací s použitím rentgenové kontroly je důležité, aby se personál chránil před ionizujícím zářením. Proto si myslíme, že dodržování radiační ochrany na operačních sálech je nezbytné. Jeden z důvodů je také ten, že se zde nenachází pouze pacient, který bude operován, ale i mnoho ostatních pracovníků – od sanitářů, kteří se starají o obsluhu přístrojů a světel, po perioperační a anesteziologické sestry až k lékařům, kteří operaci provádějí, a samozřejmě radiologičtí asistenti, kteří rentgen obsluhují. Všichni tito pracovníci by měli být vybaveni osobními dozimetry, musí mít přístup k ochranným pomůckám a znát jejich správné využití pro účinnou ochranu. Práci jsme si zvolili právě na základě výše uvedeného, a protože problematika radiační ochrany na operačních sálech je stále aktuálním tématem, je ji zapotřebí iterativně zdokonalovat.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části popisujeme nejdříve historii a právní předpisy zabývající se radiační ochranou a vysvětlujeme zdroje či vznik ionizujícího záření. Dále se více zabýváme obecnou radiační ochranou, radiační ochranou při lékařském ozáření a také radiační ochranou pacientů a pracovníků na operačním sále, kde i podrobněji popisujeme ochranné pomůcky. V teoretické části se dotkneme také tématu monitorování radiační situace na pracovišti, radiační mimořádné události a popisujeme organizovanost operačních sálů.

Praktickou část jsme tvořili pomocí kvantitativního výzkumu formou dotazníkového šetření. Zde jsme zkoumali, zda pracovníci operačních sálů vědí, jak se správně chránit před ionizujícím zářením, zda nosí osobní dozimetry a zda důkladně nosí ochranné pomůcky při operacích, kde je využit rentgen.

TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE RADIAČNÍ OCHRANY

V roce 1895 objevil Wilhelm Conrad Röntgen paprsky X (rentgenové záření), a předpověděl možnosti jejich využití. Krátce po objevu začal pozorovat Emil H. Grubbe poškození rukou způsobené radiační popáleninou. Poprvé v roce 1902 byl u pracovníků popsán vznik nádorového onemocnění, který byl přičítán ionizujícímu záření. Mezi roky 1920-1940 došlo k rapidnímu nárůstu počtu lidí, zejména pacientů a radiologů, kteří měli poškození kůže. To napomohlo k prvnímu doporučení omezit ozáření a stanovit množství na cca 0,6 R/týdně (6 mGy/týdně) na kost a dřeň jako limitující ozáření. (*suro*)

K rozvoji epidemiologických studií týkajících se účinků ozáření došlo po skončení druhé světové války. Přispělo k tomu používání jaderných zbraní v Hirošimě a Nagasaki a rozšiřování lékařských expozič. Výsledky těchto studií se využily k určení koeficientů rizika pravděpodobnosti smrti pro fatální nádory. K velkému rozvoji v oboru radiobiologie a později v molekulárně-biologickému výzkumu došlo v 50. letech minulého století. K tomu vedly důsledky používání jaderných zbraní a rozvoj jaderné energetiky. Pokrok v objasňování karcinogeneze a v ujasňování rozdílu mezi deterministickými a stochastickými účinky nastal až v 70.-80. letech minulého století. (*suro*)

První pravidla dodržování limitů radiační ochrany směřující k omezování ozáření při práci, byla zadána v roce 1921. První limity byly přijaty mezinárodní komisí pro radiologickou ochranu až v roce 1934, a to 0,2 R/den (cca 2 mGy/den). V letech 1956-58 byly stanoveny dávkové limity 50 mSv/rok pro celé tělo, gonády a kostní dřeň a pro ostatní orgány 150-750 mSv/rok. Současný systém radiační ochrany byl vydán opět mezinárodní komisí v roce 1991 a stanovil principy radiační ochrany – zdůvodnění, optimalizace, dodržování limitů, zajištění bezpečnosti zdrojů. (*suro*)

V roce 1996 vydala Evropská unie Směrnice Rady Evropy 96/29. Ta se stala základem legislativy EU a byla taktéž přijata naší republikou. Jedná se o vyhlášku 184/1997 Sb. a její novelou vyhlášky 307/2002 Sb. v plném znění). (*suro*)

2 PRÁVNÍ PŘEDPISY V RADIAČNÍ OCHRANĚ

Radiační ochrana ve světě i v Evropě vychází ze současné koncepce Mezinárodní komise radiologické ochrany (ICRP) a opírá se o standardy vydané Mezinárodní atomovou agenturou (IAEA) a o legislativu Evropské unie (direktivy EURATOMU). České státní normy musejí být v souladu s normami EU. Zákonná opatření na poli radiační ochrany v České republice jsou zahrnuty v atomovém zákonu a na něj navazující prováděcí vyhlášce. (Seidl, 2012)

2.1 Atomový zákon č. 263/2016 Sb. §1

„Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropského společenství pro atomovou energii (dále jen „Euratom“) a Evropská unie zároveň navazuje na přímo použitelné předpisy Euratomu a Evropské unie a upravuje:

- a) podmínky mírového využití jaderné energie,
- b) podmínky vykonávání činností v rámci expozičních situací,
- c) nakládání s radioaktivním odpadem,
- d) schvalování typu některých výrobků v oblasti mírového využití jaderné energie a ionizujícího záření,
- e) monitorování radiační situace,
- f) zvládání radiační mimořádné události,
- g) podmínky zabezpečení jaderného záření, jaderného materiálu a zdroje ionizujícího záření,
- h) výkon státní správy v oblasti mírového využití jaderné energie a ionizujícího záření.“ (Zákon č. 263/2016 Sb. §1)

2.1.1 Vyhláška č. 360/2016 Sb.

Vyhláška o monitorování radiační situace, která upravuje např. rozsah a způsob sledování, měření, hodnocení, ověřování a zaznamenávání veličin a jejich archivaci. Dále výčet změn související s monitorováním radiační situace na pracovišti využívající IZ ad. (Vyhláška č. 360/2016 Sb.)

2.1.2 Vyhláška č. 359/2016 Sb.

Vyhláška, která se zabývá podrobnostmi k zajištění a zvládnutí radiační mimořádné události. *(Vyhláška č. 359/2016 Sb.)*

Zabývá se analýzou a hodnocením radiační mimořádné události a k tomu případné postupy a opatření k zajištění např. vzdělávání a odborné přípravy k odezvě, k zdravotnickému zabezpečení, k zajištění omezení havarijního ozáření atd. *(Vyhláška 359/2016 Sb.)*

2.1.3 Vyhláška č. 408/2016 Sb.

Vyhláška o požadavcích na systém řízení, která zpracovává příslušné předpisy Eur-atomu. *(Vyhláška č. 408/2016 Sb.)*

2.1.4 Vyhláška č. 409/2016 Sb.

Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany a jaderné bezpečnosti, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta. *(Vyhláška č. 409/2016 Sb.)*

2.1.5 Vyhláška č. 422/2016 Sb.

Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, která stanovuje obecné limity pro obyvatelstvo, radiační pracovníky a další odvozené limity. Zabývá se postupy radiační ochrany, kategorizací zdrojů ionizujícího záření, kategorizace pracovišť a radiačních pracovníků. Dále určuje základní veličiny důležité z hlediska radiační ochrany. Stanovuje zkoušky zdroje ionizujícího záření jako přijímací zkouška, zkouška provozní stability, zkouška dlouhodobé stability, do které patří její hodnocení a odstranění závad. Zabývá se evidencí, monitorováním a provozem pracovišť. *(Vyhláška č. 422/2016 Sb.)*

2.2 Instituce radiační ochrany v ČR

2.2.1 Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) ve smyslu Kompetenčního zákona č. 2/1969 Sb. je ústředním orgánem státní správy. Tento objekt vykonává státní správu při využívání ionizujícího záření a jaderné energie. Stará se také o nešíření jaderných, chemických a biologických zbraní. Kontroluje dodržování Atomového zákona č. 263/2016 Sb. aj. *(SÚJB, úvod)*

Jeho úkolem je například schvalovat dokumentaci, stanovovat podmínky a limity radiační ochrany, vymezovat kontrolované pásmo a sestavovat havarijní plány. *(SÚJB, úvod)*

2.2.2 Státní ústav radiační ochrany

Státní ústav radiační ochrany tzv. SÚRO je rozpočtová organizace, kterou zřídilo SÚJB. Ústav má zajišťovat metodické, odborné, informační, výzkumné a vzdělávací činnosti s výkonem státní správy v oboru radiační ochrany na území ČR. *(SÚJB, vznik a vývoj)*

Hlavní činnost, kterým se SÚRO zabývá, je například lékařské expozice. To je používání zdrojů ionizujícího záření v radioterapii a radiodiagnostice. *(SÚJB, vznik a vývoj)*

3 ZDROJE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

3.1 Rentgenka obecně

Rentgenka, správně nazývaná rentgenová lampa, je zvláštní elektronka určená k produkci rentgenového záření. Hlavní dvě součásti jsou anoda a katoda, zatavené ve vakuově těsné skleněné baňce. Ke katodě je připojen žhavicí obvod, který ji rozžhaví, a tím jsou uvolňovány elektrony a urychlovány výrazně rozdílným elektrickým potenciálem k terčíku anody. Tím vzniká rentgenové záření. Rentgenka je chlazená olejem a je umístěná ve stínícím krytu s kolimátorem, který vymezuje užitečný rentgenový svazek. (Súkupová, 2018)

Katoda je tvořena spirálovitými drátky z wolframu uloženými ve fokusační misce. Spirála se zahřívá na více než 2000 °C. Tím nastává termoemisionní děj, kdy se vzniklým teplem uvolňují elektrony, které v okolí katody vytvářejí tzv. elektronový mrak. Elektrony jsou přitahovány ke kladně nabitě spirálce, ale negativním nábojem fokusační misky jsou naopak odpuzovány do úzkého svazku. Žhavení katody umožňuje její vlastní elektrický obvod a jeho napětí dosahuje 10 V a proud 7-10 A. Katoda má dvě spirálky – větší a menší – z důvodu dvou ohnisek na anodě. Mezi anodou a katodou po zapojení do vysokého napětí vzniká anodové napětí, které je v diagnostice 17-150 kV. V tomto ději se pouze 1 % přemění na rentgenové záření a zbylých 99 % se přemění na teplo. Tento svazek elektronů se nazývá anodový proud a je o velikosti 1-2000 mA. (Súkupová, 2018; Heřman, 2014)

Anoda je kladně nabitá elektroda, tvořená kovovým materiálem. Anoda může být stacionární – pevná nebo rotační. Pevná anoda je nejjednodušší. Má wolframový terčík s měděným bokem, kdy měď slouží jako opora wolframového terčíku a je velmi podstatná k odvádění tepla z terčíku. Tento typ se používá nejčastěji u dentálních rentgenů nebo u některých pojízdných systémů. (Súkupová, 2018; Heřman, 2014)

Rotační anoda má terčík se slitiny wolframu a rhenia a její terčík je tvořen molybdenem. Ve vakuované baňce se nachází rotor a stator, které společně tvoří indukční motor a ten pohání terčík rotační anody, která rotuje frekvencí až 10 000 otáček za minutu. (Súkupová, 2018; Heřman, 2014)

3.1.1 Rentgenka pro skiografii

Rentgenka určená pro skiografii pracuje při napětí 40-150 kV a anodový výkon dosahuje cca 80 kW. Rentgenka je uzpůsobena tak, aby mohla provést expozici opakovaně po několika minutách. Aby nedošlo k přehřátí samotné rentgenky, musí být vybavena

dostatečným chlazením. U pojízdného rentgenu má rentgenka s rotační anodou anodový výkon okolo 20-30 kW. (Súkupová, 2018)

3.1.2 Rentgenka u pro angiografické systémy

Rentgenka s napětím 60-125 kV s normálním anodovým výkonem 60-100 kW se využívá k intervenčním výkonům. Důležité je, aby byla vybavena pulzním režimem (2-30 pulzů/s) s dostatečně krátkými pulzy (5-30 ms), a to po velmi dlouhou dobu, z důvodu komplikovaných několikahodinových vyšetření. Dále tato rentgenka musí umožňovat produkci vysokých proudů (až 1000 mA) pro zachování dostatečného kontrastu i při použití nižšího napětí. Přístroje na angiografii mají dvě nebo tři ohniska o velikosti 0, 3-2,0 mm. Detektor a rentgenka je u C-ramena pohyblivá, tudíž je žádoucí, aby byla rentgenka stabilní při různých projekcích. (Súkupová, 2018; Vomáčka a kol., 2015)

3.2 Brzdné záření

„Brzdné záření vzniká interakcí přilétajícího elektronu s jádrem atomu (většinou vyrobené z wolframu). Kladně nabitě jádro přitahuje elektron, který změni směr letu a zpomalí. Rozdíl kinetické energie je vyzářen ve formě fotonu RTG záření o určité vlnové délce. Vlnová délka, tj. energie vyzářeného fotonu RTG záření závisí na rychlosti dopadajících elektronů, která je přímo úměrná napětí mezi katodou a anodou a nastavením tohoto napětí tak určujeme tvrdost, penetraci rentgenového záření (čím vyšší anodové napětí, tím tvrdší – pronikavější RTG záření). Zároveň energie, vlnová délka, vyzářeného fotonu závisí i na vzdálenosti průletu elektronu od jádra, která je proměnná (čím blíže k jádru elektron proletí, tím více je zabrzděn a tím více energie je předáno vyzářenému fotonu). (Malíková a kol.; str. 9; 2019)

Maximální energii vyzářený foton získá při srážce letícího elektronu s jádrem (tj. zabrzdění na nulovou rychlost). Energetické spektrum brzdného záření je tak spojité.“ (Malíková a kol.; str. 9; 2019)

3.3 Charakteristické záření

„Charakteristické záření vzniká při srážce letícího elektronu s elektronem z obalu atomu na anodě. Interakcí je původní elektron z obalu vyražen, vznikne „díra“, která je zaplněna elektronem jedné z hladin vzdálenějších od jádra, přičemž se vyzáří foton charakteristického RTG záření. Jeho energie je dána rozdílem energií jednotlivých hladin, mezi kterými došlo k přesunu elektronu. Rozdíl energií jednotlivými energetickými hladinami je u daného materiálu stále stejný, pro něj charakteristický. Čím vyšší protonové číslo anody,

tím vyšší energie charakteristického záření. Energetické spektrum charakteristického záření je čárové a závisí na materiálu, ze kterého je vyrobeno ohnisko anody.“ (Malíková a kol; str. 9, 10; 2019)

4 RADIAČNÍ OCHRANA OBECNĚ

4.1 Principy radiační ochrany

V radiační ochraně existují čtyři základní principy radiační ochrany. Všechny je třeba bez výjimek dodržovat. (*Súkupová, 2018*)

4.1.1 Princip zdůvodnění

Tento princip oznamuje, že z každé metody v lékařství, která využívá ozáření pacienta ionizujícím zářením, by měl plynout dostatečný benefit pro onoho pacienta nebo pro společnost, a tím musí dojít k vyvážení újmy způsobené ozářením. V praxi se tento princip využívá tak, že před vyšetřením se musí zvážit, zda nejde požadovanou diagnostickou informaci zjistit bez použití ionizujícího záření. Tím je míněno například ultrazvukové vyšetření (US) nebo magnetická rezonance (MR). Když nelze použít ani jednu z alternativních metod, měla by být jasně stanovená indikace, proč je vyšetření s použitím ionizujícího záření požadováno, aby bylo možné zhodnotit užitek plynoucí z tohoto vyšetření. (*Súkupová, 2018*)

4.1.2 Princip optimalizace

Princip optimalizace má za cíl zajistit, aby velikost individuálních dávek, pravděpodobnost ozáření a počet vystavených jednotlivců záření byly co nejnižší. Tento optimalizační princip se nazývá jinak zkratkou ALARA, což je zkratka sloganu „As Low As Reasonably Achievable“. Zkratka v principu znamená, že ozáření má být tak nízké, jak je technicky dosažitelné pro získání požadovaného účelu ozáření. Pro optimalizaci radiační ochrany se užívají dávkové optimalizační meze a referenční úrovně. Vše musí být náležitě dokumentováno. (*Súkupová, 2018*)

Dávková optimalizační mez (DOM) je nedílnou součástí principu optimalizace. Primárně slouží k omezení velikosti ozáření přímo u konkrétního zdroje. Při případném ozáření více zdrojů musí být co nejvíce snížena pravděpodobnost překročení stanovených limitů. Dotyčným zdrojem můžeme myslet konkrétní zdroj nebo také celé pracoviště. DOM musí být vždy cílena k určenému zdroji a ke skupince pracovníků. SÚJB stanovil pro obyvatele úroveň 0, 25 mSv/rok. Tato hodnota není nijak významná pro stanovování DOM u pracovníků. Pro radiační pracovníky určuje DOM držitel povolení, který ji stanovuje na základě z dosavadních výsledků osobního monitorování a výsledků jiných uživatelů, kteří využívají stejné typy zdrojů. (*SÚJB – DOM*)

Další součástí optimalizace je diagnostická referenční úroveň (DRÚ). DRÚ jsou úrovně dávek, které se využívají při diagnostických postupech v rámci lékařského ozáření. Tyto úrovně rozdělujeme na národní a místní. Vyhláška č. 422/2016 Sb. nám stanovuje národní DRÚ. Místní DRÚ si stanovuje každé zdravotnické zařízení provádějící ozáření IZ samo. *(Vyhláška č. 422/2016 Sb. §79)*

Národní diagnostické referenční úrovně jsou stanoveny v příloze vyhlášky 422/2016 Sb. č. 22. Ve skiagrafii mají DRÚ hodnoty povrchové vstupní kermy ve vzduchu. Tyto hodnoty by se neměly překračovat. U skiaskopického vyšetření by se neměl překračovat vstupní kermový příkon 25 mGy/min. V ojedinělých případech, a to tehdy, když se jedná o člověka s hmotností nad 70 kg nebo jedná-li se o pacienta s komplikacemi či jiným těžkým onemocněním, lze DRÚ překročit. Díky stanovení DRÚ jsme schopni aplikovat pacientům optimální aktivitu a zároveň tím omezit růst aktivity a radiační zátěž spojenou se stochastickými účinky. Ze vstupních veličin, které naměříme při vyšetření, stanovujeme dávky v orgánech, které jsou nejvíce radiosenzitivní nebo v orgánech nejvíce zatížených radiační zátěží. Poté jsme schopni určit riziko stochastických účinků v příslušném orgánu nebo celkové riziko těchto účinků na základě efektivní dávky. *(Tabulky NRÚ jsou uvedeny v příloze č. 1, 2, 3) (Radiobiologie; Vyhláška č. 422/2016 Sb. §79)*

Výsledné záznamy soustavného odchylování z národní DRÚ musejí obsahovat dobu, po kterou k odchylování došlo, a počet pacientů, kterých se to týkalo. Dále rozsah a důvody odchylování, průběh s výsledky optimalizace a také záznam z revize místních DRÚ, jestliže byl proveden. *(Vyhláška č. 422/2016 Sb. §79)*

Ve výsledném záznamu překročení místní DRÚ musí být uveden datum a čas překročení, identifikace dotyčného pacienta a informace, zda je tato událost brána jako významné překročení radiologické události. *(Radiobiologie; Vyhláška č. 422/2016 Sb. §79)*

4.1.3 Princip limitování dávek

Lékařské záření nepodléhá limitům. Z tohoto důvodu nejsou stanoveny obecné limity pro pacienty. Tyto limity by mohly značně omezit možný zdravotní přínos pro konkrétního pacienta. Ozářením pacientů se zabývají směrné hodnoty, které jsou součástí optimalizace v tzv. referenčních úrovních. *(Vyhláška č. 422/2016 Sb.)*

Limity platí pro radiační pracovníky, studenty, učně a pro obecnou populaci, nikoli pro pacienty podstupující lékařské ozáření. *(Vyhláška č. 422/2016 Sb.)*

U radiačních pracovníků posuzujeme možné překročení limitů, viz tabulka č. 2. Z tohoto důvodu musí být kontrola limitů pravidelná. Dále musíme vzít v úvahu součet dávek ze všech pracovních míst a všech činností, které zaměstnanec vykonával. U pracovníka, kde je sledováno překročení limitů, musíme zajistit jeho vyřazení z provozu, kde je využíváno IZ, a to do doby než posoudíme jeho zdravotní způsobilost k vykonávání dané práce. (*Vyhláška č. 422/2016 Sb. §4*)

Správné dodržování limitů pro žáky a studenty má na starosti držitel povolení. Žáci a studenti pracují na jeho pracovišti v průběhu svého studia a přicházejí do kontaktu se zdroji IZ. Kontrola opět musí probíhat soustavně. Tyto limity platí pro studenty a žáky ve věku od 16 do 18 let, viz tabulka č. 3. Pro mladší žáky 16 let platí obecné limity pro obyvatelstvo a pro studenty starší 18 let platí stejné limity jako pro radiační pracovníky. (*Súkupová, 2018; Vyhláška č. 422/2016 Sb. §5*)

Tabulka 1 Obecné limity pro obyvatele

OBECNÉ LIMITY PRO OBYVATELE	Hodnota limitu [mSv]
Součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření za kalendářní rok	1
Ekvivalentní dávka v oční čočce za kalendářní rok	15
Ekvivalentní dávka na každý 1 cm ² kůže bez ohledu a velikost ozářené plochy za kalendářní rok	50

Zdroj: *Vyhláška č. 422/2016 Sb. §3*

Tabulka 2 Limity pro radiační pracovníky

LIMITY PRO RADIAČNÍ PRACOVNÍKY		Hodnota limitu [mSv]
Součet efektivních dávek ze zevního a vnitřního ozáření		20
Ekvivalentní dávka v oční čočce	za 5 po sobě jdoucích kalendářních let	100
	současně v jednom kalendářním roce	50
Ekvivalentní dávka na 1 cm ² kůže bez ohledu na velikost ozářené plochy za jeden kalendářní rok		500
Ekvivalentní dávka pro končetiny za kalendářní rok		500

Zdroj: *Vyhláška č. 422/2016 Sb. §4*

Tabulka 3 Limity pro žáky a studenty

LIMITY PRO ŽÁKY A STUDENTY	Hodnota limitů [mSv]
Součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření za kalendářní rok	6
Ekvivalentní dávka v oční čočce za kalendářní rok	15
Průměrná ekvivalentní dávka na každý 1 cm ² kůže bez ohledu na ozářenou plochu za kalendářní rok	150
Ekvivalentní dávka pro končetiny za kalendářní rok	150

Zdroj: Vyhláška č. 422/2016 Sb. §5

4.1.4 Princip zabezpečení zdrojů

Kvůli ověření stability a spolehlivosti daného zdroje (rtg systém) vyžaduje tento princip, aby všechny zdroje ionizujícího záření podléhaly pravidelné kontrole. Patří sem přijímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability a zkoušky provozní stálosti. (*Vyhláška č. 422/2016 Sb. §27, §32*)

Přijímací zkoušky se provádějí před prvním použitím radiologického zařízení pro klinické účely. Poté se parametry pravidelně kontrolují prostřednictvím zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti. (*Vyhláška č. 422/2016 Sb. §27, §32*)

Zkoušky dlouhodobé stability musejí být prováděny pravidelně. Četnost zkoušek by měla být nejméně jednou za 12 měsíců, a to v případě zdroje ionizujícího záření v radioterapii, radiodiagnostice, intervenční radiologii a v případě mobilního defektoskopického zařízení s uzavřeným radionuklidovým zdrojem. Dále se tato zkouška provádí při podezření na nesprávnou funkci zdroje IZ, při podezření na netečnost uzavřeného radionuklidového zdroje, pokud provedené výsledky dlouhodobé stability poukazují na nesprávnou funkci zdroje IZ, po údržbě či opravě nebo po odstranění závady zjištěné při zkoušce. (*Vyhláška č. 422/2016 Sb. §27, §32*)

Zkoušky provozní stálosti u zdroje IZ, které se používá při lékařském ozáření, provádí lékař, který popisuje snímky, nebo radiologický asistent, který v praxi využívá zdroj IZ ve výpočetní tomografii. Četnost této kontroly je vyšší než měsíční. Zkoušky provozní stálosti u přístrojů mamografie nebo skiografie provádí radiologický asistent, u jednoduchých zdrojů IZ může zkoušku provést zdravotnický pracovník. Četnost této zkoušky může být

vyšší než měsíční. V radioterapii provádí zkoušku radiologický technik nebo fyzik. Vše musí být písemně zaznamenáváno. (Súkupová, 2018; Vyhláška č. 422/2016 Sb. §27, §32)

4.2 Způsoby radiační ochrany

K omezení ozáření osob využíváme technické a organizační opatření. Těchto opatření využíváme v případech, kdy je zaměstnanec nemocnice vystaven sekundárnímu záření na pracovišti. Úkolem pracovníka je provést dostatečné kroky k tomu, aby byla jeho dávka co nejmenší. Jsou tři základní způsoby radiační ochrany – vzdálenost, čas, stínění. V praxi se tyto způsoby zpravidla kombinují a využívají se dva nebo všechny tři současně. (Hušák, 2009)

4.2.1 Ochrana vzdáleností

Zdroj ionizujícího záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Tudiž zvětšíme-li vzdálenost od zdroje např. na dvojnásobek, dávka klesne na čtvrtinu původní hodnoty. Naopak, dávka vzroste čtyřikrát, jestliže se vzdálenost od zdroje zmenší na polovinu. (Stabin, 2008)

4.2.2 Ochrana časem

Radiační zátěž pracovníka roste s dobou, po kterou pobývá dotyčný v blízkosti zdroje ionizujícího záření. Proto pracovník pobývá v blízkosti zdroje pouze nezbytnou dobu. V místech, kde je riziko vyšší dávky, by se mělo přistoupit ke střídání zaměstnanců. (Hušák, 2009)

4.2.3 Ochrana stíněním

Ochranu stíněním provádíme tak, že umístíme vrstvu vhodného materiálu mezi zdroj záření a pracovníka. Materiál zeslabí svazek záření a tím i dávku. Ke stínění se používají materiály obsahující prvky s vysokým protonovým číslem. Jeden z nejdostupnějších materiálů je olovo. To dokáže dobře absorbovat záření gama i rentgenové záření. (Hušák, 2009; Martin, 2015)

4.3 Veličiny a jednotky v radiační ochraně

Absorbovaná dávka D je základní veličinou dozimetrie. Je definovaná jako poměr střední energie dE promítnuté do objemového elementu dávky o hmotnosti dm . (Radiobiologie; súkupová.cz)

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Jednotkou absorbované dávky je $J \cdot kg^{-1}$. V dnešní době se používá název Gray [Gy]. Jednoduše můžeme říci, že absorbovaná dávka je energie ionizujícího záření absorbovaná v jednotce hmotnosti ozařované látky v určitém místě. Tato fyzikální veličina nám neříká, o jaké záření se jedná a ani v jakých orgánech se absorbuje. Pokud chceme zjistit druh záření, kterým byla dávka dodána, musíme zařadit tzv. radiační váhový faktor w_R (bezrozměrná veličina). Tento radiační váhový faktor nám vyjadřuje, jak nebezpečný je existující druh záření pro lidské tělo. V radioterapii ho označujeme jako radiobiologická účinnost. Některý druh záření ionizuje velmi ojediněle, např. elektrony. Elektrony nejsou tak nebezpečné pro buňky jako např. protony, které ionizují hustěji, takže protony dokáží způsobit více poškození v daném místě. Každý druh záření má jinou hodnotu radiačního váhového faktoru w_R . Například fotony a elektrony mají 1, protony 5 a neutrony 2-20 (v závislosti na energii). Z toho vyplývá, že dávka 1 Gy dodaná od protonů nemá stejný dopad pro ozářené buňky jako dávka 1 Gy doplněná od elektronů. (*Radiobiologie; súkupová.cz*)

Efektivitu záření máme zahrnutou ve veličině ekvivalentní dávka H . Ekvivalentní dávka definuje součin radiačního váhového faktoru w_R a absorbované dávky D . Jednotkou ekvivalentní dávky je Sievert [Sv]. (*Radiobiologie; súkupová.cz*)

$$H = w_R * D$$

Ekvivalentní dávka H nám neurčuje jednotlivou radiosenzitivitu orgánů, které byly ozářeny, tudíž ani jaké riziko plyne z daného ozáření. Chceme-li zohlednit citlivost jednotlivých ozářených orgánů vzhledem k radiosenzitivitě celého těla, musíme zahrnout tkáňový váhový faktor w_T (bezrozměrná veličina). Tkáňové váhové faktory pro lidské tělo jsou pro: plíce, tlusté střevo, prsní tkán, žaludek, červenou kostní dřeň – 0,12; pro močový měchýř, játra, jícen, štítnou žlázu – 0,04; pro gonády – 0,08 ad. Pro celé tělo je součet všech váhových faktorů rovno 1. (*Radiobiologie; súkupová.cz*)

Efektivní dávka E nám vyjadřuje rozdílnou radiosenzitivitu orgánů a tkání, a to z hlediska pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků. Efektivní dávka je definována, jako součet součinů tkáňového váhového faktoru w_T a ekvivalentní dávky přes všechny ozářené orgány. Jednotkou efektivní dávky je Sievert [Sv]. (*Radiobiologie; súkupová.cz*)

$$E = \sum_{\text{přes všechny orgány}} w_T * H$$

4.4 Klasifikace zdrojů

Tabulka 4 Klasifikace zdrojů

KLASIFIKACE	ZDROJE
Nevýznamné	generátor záření eliminující IZ s energií >5 keV; katodová trubice do 30 kV; radioaktivní látka s podílem aktivit a zprošťovacích úrovní hmotností aktivity >1
Drobné	Generátor nebo uzavření RZ s příkonem v 0,1 m <1msv/h; otevřený RZ kde součet podílů aktivit a zprošťovacích úrovní < 10
Jednoduché	zubní rentgen; kostní denzitometr; kombinované rentgenové zařízení; otevřené radionuklidové zářiče; veterinární rentgen
Významné	generátor záření určený k lékařskému ozáření; urychlovač částic; zdroj IZ určený k radioterapii (protony, neutrony); zařízení obsahující uzavřené radionuklidové zářiče; mobilní defektoskop s uzavřeným radionuklidovým zdrojem; vysokoaktivní zdroj
Velmi významné	jaderný reaktor

Zdroj: Hušák, 2009; Vyhláška č. 422/2016 Sb.

4.5 Kategorizace pracovišť, kde se vykonávají radiační činnosti

Radiační pracoviště rozdělujeme podle ohrožení zdraví a životního prostředí. Máme pracoviště I., II., III., IV. kategorie. Poslední kategorie se nenachází ve zdravotnictví. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

4.5.1 Pracoviště I. kategorie

Na těchto pracovištích se může pracovat s drobnými zdroji ionizujícího záření, jehož typ není schválen úřadem. Dále to mohou být pracoviště, kde se pracuje se zubním rentgenem nebo rentgenem na veterinární klinice. Patří sem také pracoviště s kostním denzitometrem, který není drobným zdrojem ionizujícího záření, nebo rentgeny využívané se v technickém průmyslu. (Hušák, 2009; Vyhláška č. 422/2016 §19)

4.5.2 Pracoviště II. kategorie

Jsou to pracoviště, kde se využívá jednoduchý zdroj IZ, a nejsou to pracoviště I. kategorie. Patří sem zejména pracoviště s rentgenovým zařízením, které využíváme v radiodiagnostice nebo radioterapii. Dále jsou to pracoviště nukleární medicíny, kde jsou

otevřené radionuklidové zářiče (generátory $^{99}\text{M} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$). (Hušák, 2009; Vyhláška č. 422/2016 §19)

4.5.3 Pracoviště III. kategorie

Na těchto pracovištích se nacházejí urychlovače částic včetně urychlovače pro ozáření pacientů, dále přístroje obsahující uzavřený radionuklidový zářič (radioterapie, brachyterapie). V této kategorii se nacházejí pracoviště, která patří mezi významné zdroje ionizujícího záření. (Hušák, 2009; Vyhláška č. 422/2016 §19)

4.6 Kategorizace radiačních pracovníků

Pro účely monitorování a lékařský dohled se radiační pracovníci zařazují dle ohrožení zdraví ionizujícím zářením do kategorií A a B. Stanovuje se to na základě očekávaného ozáření za běžného provozu, odchylkách běžného provozu či při předvídatelných poruchách. (Hušák, 2009; Vyhláška č. 422/2016 §20)

Radiační pracovník kategorie A je takový, který by mohl obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně, ekvivalentní dávku vyšší než 15 mSv na oční čočku nebo ekvivalentní dávku vyšší než 3/10 limitu ozáření pro kůži a končetiny. U tohoto pracovníka musíme zajišťovat osobní monitorování s pravidelnou měsíční kontrolou a výměnou. Vstupní a pravidelné roční prohlídky u lékaře a dále také jednou ročně pravidelné školení v rámci znalostí předpisů. (Hušák, 2009; Vyhláška č. 422/2016 §20)

Radiační pracovník kategorie B je každý pracovník, který není zařazený do kategorie A. (Hušák, 2009; Vyhláška č. 422/2016 §20)

4.7 Vymezení kontrolovaného a sledovaného pásma

4.7.1 Kontrolované pásmo

Kontrolované pásmo musí být vymezeno na pracovištích, kde přicházíme do kontaktu s ionizujícím zářením a jeho efektivní dávka by mohla být větší než 6 mSv za rok, ekvivalentní dávka vyšší než tři desetiny limitu na kůži a končetiny nebo vyšší než 15 mSv pro oční čočku. Zde musí být provoz přísně dokumentován a zajištěna správná radiační ochrana fyzické osoby, která se zde nachází. Kontrolované pásmo musí být vymezeno jako ucelená část pracoviště, stavebně odděleno a zajištěno proti vstupu nepovolených osob. Před vstupem musí být na vchodových dveřích řádné označení (znak radiačního nebezpečí). (Zákon č. 263/2016 Sb. §73; Vyhláška č. 422/2016 §46)

Vstup do kontrolovaného pásma je povolen pouze osobám, které byly poučeny o chování ve vymezeném pásmu. Je prováděno zpravidla jednou za rok. Na tomto pracovišti mohou být zaměstnání pouze zaměstnanci kategorie A, kteří jsou vybaveni osobními dozimetry a ochrannými pomůckami. Ostatní pracovníci zde mohou pracovat, ale nesmí být překročeny obecné limity. Je-li těhotná žena radiologický pracovník, platí pro ni zprísňené podmínky, a to takové, že dávka na plod nesmí za dobu těhotenství překročit 1 mSv. Do kontrolovaného pásma nesmí vstupovat těhotné ženy a osoby mladší 18 let. (Hušák, 2009; Zákon č. 263/2016 Sb. §73; Vyhláška č. 422/2016 §46)

4.7.2 Sledované pásmo

Sledované pásmo je vymezeno tam, kde lze předpokládat, že efektivní dávka bude na pracovišti vyšší než 1 mSv ročně nebo že ekvivalentní dávka bude vyšší než jedna desatina limitu ozáření pro radiačního pracovníka pro oční čočku, končetiny a kůži. Provoz musí být opět správně dokumentován a musí být zajištěna dostatečná radiační ochrana fyzické osoby, která do pásma vstupuje. Vstupní dveře by měly být opět označeny příslušným znakem a nápisem. Sledované pásmo je jednoznačně určená a ucelená část pracoviště. Pracují zde pouze pracovníci kategorie A a B, nachází-li se tam fyzická osoba, nesmí překročit dávkovou optimalizační mez pro obyvatelstvo. (Hušák, 2009; Zákon 263/2016 Sb. §74; Vyhláška č. 422/2016 §49)

5 RADIČNÍ OCHRANA PŘI LÉKAŘSKÉM OZÁŘENÍ

5.1 Lékařské ozáření

Termínem lékařské ozáření se rozumí vystavení pacientů ionizujícímu záření, které se děje v rámci diagnostiky nebo léčby. Lékařské ozáření dále zahrnuje dobrovolné ozáření osob, které se účastní ověřování nových poznatků při nových metodách, které nebyly dosud v klinické praxi zavedeny. Dále to je ozáření v rámci screeningových programů nebo pro pojišťovací účely. Řadí se sem také ozáření v rámci pracovně lékařských služeb, preventivní péče a poskytování pomoci fyzické osobě, která toto ozáření podstupuje. (Hušák, 2009; Zákon č. 263/2016 Sb. §3; Zákon č. 373/2011 Sb. §72)

Lékařské ozáření je stanoveno zvláštním právním předpisem v trestním řádu. Toto ozáření se podřizuje principu optimalizace a zdůvodnění. Indikovat ozáření může ošetřující lékař, který doporučí svým písemným odůvodněním pacienta k lékařskému ozáření. Vyšetření provádí aplikující odborník, lékař. Ten má za úkol vzít v úvahu účinky, přínosy a rizika dostupných alternativních metod, jež by mohly vést ke stejnému cíli, avšak bez ozáření pacienta. (Hušák, 2009; Zákon č. 263/2016 Sb. §3; Zákon č. 373/2011 Sb. §72)

Dříve než použijeme zdroj ionizujícího záření, musíme u pacienta zjistit předchozí významné aplikace radionuklidů a ionizujícího záření, které by mohlo mít význam u vyšetření nebo léčby. U žen ve fertilním věku se především ptáme na možnost gravidity nebo kojení dítěte. U těhotných žen lze provádět ozáření pouze v neodkladných případech nebo z důvodu porodnické indikace. Každé vyšetření musí být vykonáno na základě lékařské indikace. Lékaři indikující vyšetření musejí vycházet z předběžné diagnózy. (Hušák, 2009; Zákon č. 263/2016 Sb. §3; Zákon č. 373/2011 Sb. §72)

5.2 Deterministické účinky záření

Deterministické účinky mají prahové účinky. To znamená, že tyto účinky nastávají při překročení určitého dávkového prahu. Při deterministických účincích se usmrcuje velká část buněčné populace, což znamená ztrátu schopností dělení buněk v určitém orgánu nebo tkáni. Tyto reakce na ozáření se někdy označují jako tkáňové reakce. (Sukupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

Deterministické účinky se neprojeví při nižších dávkách, než je prahová hodnota. V těle to funguje tak, že část buněk bude usmrcena, ale okolní buňky mají stále schopnost vyrovnávat funkci usmrcených buněk. Když se překročí určitá dávka, okolní buněčná

populace není schopna zastat funkce poškozených buněk a projeví se poškozením. Čím bude dávka vyšší, tím bude větší i poškození. Z toho vyplývá, že zavedením a dodržováním limitů, lze zabránit jejich vzniku. (Súkupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

Deterministické účinky dělíme na časné a pozdní. K časným účinkům patří akutní nemoc z ozáření, akutní poškození tkáně, fertilita. K pozdním patří katarakta (zákal oční čočky), chronická radiodermatitis a nenádorová pozdní poškození. (Súkupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

Akutní nemoc z ozáření, jinak nazývaná jako postradiační syndrom, se začíná rozvíjet už po jednorázovém ozáření celého těla nebo v jeho větší části dávkou vyšší 1 Gy. Podle stupně ozáření se může nemoc dělit na tři stádia – hematologická dřevná forma (ozáření těla od 1 do 6 Gy), střevní (gastrointestinální) forma (ozáření kolem 10 Gy), neuropsychická forma (ozáření vyšší než několik desítek Gy). (Súkupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

Akutní poškození tkáně se nejčastěji objevuje na kůži, protože právě kůže je vstupním polem svazku záření. První poškození se začíná objevovat už od 3 Gy a výše, kdy vzniká časný erytém, který se projevuje nejčastěji zarudnutím kůže. Při dávkách vyšších 10 Gy vzniká radiační dermatitis druhého stupně projevující se např. oddělováním pokožky od pojivového podkladu tekutinou, puchýři či vznikem vředů. (Súkupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

Významným poškozením může být také poškození plodnosti (fertility). Při dávkách již 0,25 Gy dochází u mužů ke snížení počtu spermií. Sterilita u mužů nastává při dávkách kolem 3-8 Gy, nemusí být vždy trvalá. U žen se trvalá sterilita pohybuje při ozáření okolo 3 Gy. Je zde závislost na věku ženy. (Súkupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

Mohou vznikat i nenádorová poškození kůže. Sem můžeme zařadit chronický zánět kůže a zákal oční čočky (katarakta). (Súkupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

Deterministické účinky se běžně v radiodiagnostice nevyskytují. Mohou se vyskytnout u pacientů např. po komplikovaných intervenčních výkonech nebo u lékařů, kteří provádějí dlouhodobě intervenční výkony. (Súkupová, 2018; Hušák, 2009; SÚJB)

5.3 Stochastické účinky záření

Poškození DNA buňky je podstatou stochastických účinků. Důležitým terčem pro interakci ionizujícího záření v buňce je DNA. Při interakci záření vznikají na DNA zlomy.

Jsou to buď jednoduché zlomy, které se nacházejí pouze na jednom řetězci DNA, nebo dvojitě zlomy vznikající na obou řetězcích. Dalšími možnými je poškození bází, lokální denaturace DNA, cross-linky na DNA. V některých případech vznikají i kombinace poškození. Při interakci dochází rovněž k poškození lipidů, proteinů atd. (Súkupová, 2018; Šinkorová, 2014)

Stochastické účinky mají stochastický (náhodný) charakter. To znamená, že nelze přesně říci, u kterého jedince z ozářené skupiny se účinek projeví, pouze můžeme určit, s jakou pravděpodobností se projeví. Pravděpodobnost výskytu stochastických účinků narůstá lineárně s rostoucí dávkou, avšak závažnost poškození nezávisí na velikosti dávky. Stochastické účinky jsou bezprahové. To znamená, že nejde přesně určit, od jaké dávky se vyskytnou. Účinkům nelze zamezit zavedením limitů, protože jsou bezprahové, ale lze snížit pravděpodobnost jejich výskytu na minimum při udržování dávek na co nejnižší možné úrovni. Klinický obraz těchto účinků není typický a nelze jej odlišit od spontánně vzniklých případů. Mezi stochastické účinky patří zhoubné nádory a genetické změny potomstva. (Súkupová, 2018; Šinkorová, 2014)

Tabulka 5 Souhrn deterministických a stochastických účinků

DETERMINISTICKÉ		STOCHASTICKÉ	
ČASNÉ	POZDNÍ		
Somatické		Genetické	
- Akutní nemoc z ozáření	- Nenádorová kožní poškození	- Zhoubné nádory	- Genetické účinky u potomstva
- Akutní lokální změny	○ Chronická radiodermatitida		
- Akutní radiodermatitida	○ Katarakta		
- Poškození fertility, sterilita			
Poškození vývoje plodu			

Zdroj: SÚJB, dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>

6 RADIAČNÍ OCHRANA PACIENTŮ

Při radiační ochraně pacienta se musejí dodržovat diagnostické referenční úrovně (podrobněji zmíněné v kapitole 4.1.2.), které slouží k posouzení optimalizace lékařského ozáření při zdravotních výkonech oboru radiodiagnostiky, intervence a nukleární medicíny. Místní DRÚ si stanovuje pověřená osoba na radiologickém pracovišti sama pro každý zdravotní výkon v již zmíněných oborech. V odůvodněných případech může být místní DRÚ vyšší než národní DRÚ. Dojde-li k výraznému překročení místní DRÚ, musí se zvážit okolnosti, jestliže nedošlo k radiologické události. (*Zákon č. 263/2016 Sb. §84*)

Registrant nebo držitel povolení musí provádět lékařské ozáření tak, aby snížil pravděpodobnost vzniku již zmíněné radiologické události. Dojde-li k radiologické události, je pověřená osoba povinna postupovat s ohledem na její závažnost tak, aby následek byl co nejmenší. Vzniklá radiologická událost musí být řádně prošetřena, příčiny včas zajištěny a co nejdříve odstraněny. Když dojde k závažné radiologické události, je pověřená osoba povinna informovat jak pacienta tak i Úřad a indikujícího lékaře. (*Zákon č. 263/2016 Sb. §87*)

6.1 Chybné ozáření pacienta – radiologická událost

Při práci se zdroji IZ může dojít i k chybnému ozáření pacienta. Nejčastějším důvodem bývá chybný lidský faktor, selhání přístroje či jiné události, jejíž důsledky mohou být opomenuty z hlediska radiační ochrany v radioterapii, nukleární medicíně, radiodiagnostice, intervenční radiologii. Nejčastěji k tomu dochází při záměně pacienta nebo při násobně vyšším ozáření, než je potřebné, případně při ozáření jiné části těla, než bylo plánováno. Chybné ozáření může nastat také u těhotných žen, u kterých těhotenství nebylo indikováno a přímý svazek zasáhl plod. U intervenčních výkonů může docházet ke tkáňové reakci z důvodu nesprávného provedení výkonu. (*Vyhláška č. 422/2016 Sb. §80*)

7 RADIAČNÍ OCHRANA PRACOVNÍKŮ NA OPERAČNÍM SÁLE

Největší osobní dávky, které naměříme mezi všemi radiačními pracovníky mají lékaři, kteří provádějí intervenční výkony. Z toho důvodu je radiační ochrana velice důležitá právě na intervenčních sálech. *(Súkupová, 2018)*

Pro pracovníky pracující na skiaskopickém, či katetrizačním sále platí základní způsoby radiační ochrany. To znamená, že doba, po kterou se používá skiaskopie, musí být co nejkratší. Toto je podobné i u akvizičních scén. Při jejich používání by měl být jejich počet co nejnižší a jejich délka co nejkratší. V dnešní době je samozřejmost využívat pulzního skiaskopického režimu. Skiaskopický i akviziční kód by měl ideálně pracovat při co nejnižším počtu pulzů/obrazů za sekundu. Lékař provádějící vyšetření je každých 5 minut skiaskopického času upozorňován zvukovým znamením. *(Súkupová, 2018)*

Personálu přítomnému na sále je doporučeno držet se od pacienta v průběhu expozice co nejdále. Pokud je to za dané situace možné, platí to i pro lékaře provádějící výkon. U akvizic je možné využívat angiografické injektory. Ty umožňují lékařům podstoupit při výkonu od pacienta. *(Súkupová, 2018)*

Ochranné stínění – zejména vesty, límce – by mělo být použito vždy. *(Súkupová, 2018)*

Významného snížení dávky docílíme správným umístěním rentgenky. Dříve byla rentgenka umístěna nad pacientem a receptor obrazu pod pacientem. Dnešní studie prokázaly, že když umístíme detektor obrazu nad pacienta a rentgenku pod, docílíme u operátora snížení dávkových příkonů na oblast hlavy až o 99 %, na oblast hrudníku o 90 % a na oblast břicha až o 40 %. *(Súkupová, 2018)*

Je důležité se také chránit před množstvím rozptýleného záření. To ovlivníme tak, že použijeme závěsné stínění. Stínění může být stropní nebo stolní a pomáhá chránit horní a dolní polovinu těla lékařů. Závěsné stropní stínění bývá ve tvaru obdélníku s vykrojeným jedním rohem. Vykrojený roh přibližujeme co nejvíce k pacientovi. Lepší přiblížení k pacientovi a efektivnější odstínění rozptýleného záření nám umožní závěsné zástěrky, které většinou doplňují ono závěsné stínění. Aby toto stínění fungovalo a snížila se dávka u lékařů, musí být správně umístěno na pacienta. *(Súkupová, 2018)*

Dalším způsobem, jak dosáhnout správné radiační ochrany na sále, je přiblížit pacienta co nejvíce k receptoru obrazu. Jestliže přiblížíme pacienta k receptoru ze vzdálenosti 20 cm na 5 cm, jsme schopni snížit dávku na vstupu pacienta až o 60 % a tím také snížíme sekundární záření, které dopadá na lékaře. (Súkupová, 2018)

Některé projekce dovolují lékařům, aby se postavili za přístroj. Z hlediska dávky u C-ramena je nejvýhodnější pozice u receptoru obrazu. Nejméně výhodná pozice je u rentgenky. V tu dobu při dopadu primárního svazku na pacienta dojde ke zpětnému rozptýlení záření od pacienta k lékaři. (Súkupová, 2018)

Jedna z dalších možností, jak snížit dávku, je zmenšení velikosti pole. V praxi to znamená, že když redukuje pole, zmenší se i sekundární záření a dávka pro lékaře bude o to nižší. (Súkupová, 2018)

Studie zjistily, že lékaři provádějící intervenční výkony, dostávají z důvodu častého umístění rukou do primárního svazku nejen vyšší dávky na ruce, ale obdrží vyšší dávku také na holeně. Proto je důležité využívat závěsné stolní stínění, dlouhé olověné zástěry, eventuálně ochranné stínění na holeně. Použijeme-li ochranné stínění na pacienta, olověnou zástěru, jsme schopni odstínit rozptýlené záření u pacienta z oblasti břicha a pánve – s rizikem, že lékaři sice snížíme dávku na jednu třetinu, ale pacientovi zdvojnásobíme dávku. Zvýšení dávky u pacienta je v tomto případě myšleno pouze u sekundárního záření. To se od stínění odrazí a místo úniku z pacienta do okolí se absorbuje v něm. (Súkupová, 2018)

Používání stínících rukavic jako účinný stínící prostředek je také doporučováno zvláště u obézních pacientů, kdy je množství rozptýleného záření větší. Rukavice nejefektivněji využijeme tehdy, kdy ruce zůstávají mimo primární rentgenový svazek. Nevýhodu mají při použití v primárním svazku. Tím dochází k zvýšení dávky pacienta i lékaře. (Súkupová, 2018)

8 OSOBNÍ OCHRANNÉ POMŮCKY

Osobní ochranné pomůcky jsou převážně z olova a jejich tloušťka bývá 0,25 mm, 0,35 mm, 0,55 mm. U diagnostického rentgenového svazku je už tloušťka olova 0,25 mm schopna oslabit záření na 97 % při záření 70 kV. (*Martin, 2015*)

8.1 Olovněná zástěra

Olovněná zástěra je určitým standardem na pracovištích, kde se využívá ionizujícího záření. Zástěry mohou vážit od 5-10 kg. (*medical; Martin, 2015*)

K dostání je několik druhů zástěr. Nejčastěji najdeme na pracovištích rychloupínací operační zástěru. Ta se upíná překřížením pásů na zádech – zapínání se nachází vpředu (*viz obrázek v příloze č. 6*). Dále se používají tunikové zástěry, které poskytují celkovou radiační ochranu z přední i zadní strany. Dalšími typy zástěr jsou kabátové, dvoudílné nebo speciálně uzpůsobené urologické operační zástěry k provádění urologických výkonů vsedě. Většina těchto zástěr může být doplněna bederním pásem, který slouží k rozložení váhy. (*medical; Martin, 2015*)

Olovené zástěry musejí být opatrně skladovány, a to ve vertikální poloze nebo zavěšeny na kovovém držáku zástěr. Nesmí dojít k opakovanému překládání z důvodu vytváření trhlin, které by mohly způsobit snížení účinnosti (*viz obrázek v příloze č. 5*). (*medical; Martin, 2015*)

8.2 Ochranné límce štítné žlázy

Olovněná zástěra chrání pouze trup člověka, proto se ochrana krku, kde se nachází štítná žláza, zajišťuje límcem. Límec je vyroben také z olova a jeho tloušťka by měla být 0,55 mm. (*medical; Martin, 2015*)

Dávka, kterou dostane zaměstnanec, který je chráněn zástěrou i límcem, je poloviční, než kterou dostane zaměstnanec, který nosí jenom ochranou zástěru (*viz obrázek v příloze č. 6*). (*medical; Martin, 2015*)

8.3 Ochranné rukavice

Rukavice jsou navrženy tak, aby chránily ruce, zápěstí a spodní paže kteréhokoliv zaměstnance, který bude mít tyto části v primárním svazku. Moderní rukavice mají ekvivalent olova 0,55-1 mm a jsou vybaveny větší flexibilitou a citlivostí (*viz obrázek v příloze č. 7*). (*medical; Martin, 2015*)

8.4 Ochranné brýle

Ochranné brýle jsou navrženy tak, aby snížily ozáření vstupující do očí v situacích, kdy personál musí zůstat v blízkosti zdroje záření. Rozsah použitého olova ve skle je od 0,25-1 mm. Do čoček lze vložit i libovolné dioptrie nebo mohou být uzpůsobeny k vložení vlastních dioptrických brýlí (*viz obrázek v příloze č. 8*). (*medical; Martin, 2015*)

9 MONITOROVÁNÍ RADIAČNÍ SITUACE NA PRACOVIŠTI

Monitorování v radiační ochraně se zabývá měřením všech veličin, zaznamenáváním zjištěných hodnot a vyhodnocováním naměřených dat. Účelem monitorování je zjistit, jak jsou dodržovány požadavky systému limitování dávek v daných podmínkách ozáření, zda je radiační ochrana optimalizována a je-li provoz pracoviště i zdrojů bezpečný. Dále má za úkol bezprostředně varovat při případném vzniku radiační mimořádné události. (Hušák, 2009; Zákon č. 263/2016 Sb.; Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Podle zákona č. 263/2016 Sb. a vyhlášky 422/2016 Sb. spadá do dokumentace pro povolenou činnost mimo jiné program monitorování. Ten se zabývá monitorováním pracovišť, osobním monitorováním, monitorováním výpustí a monitorováním okolí. Obsahuje základní pravidla monitorování, která se využívají v běžném provozu, a předvídá odchylky od běžného provozu, jako jsou radiační nehody a havárie. Obsah monitorování musí být definován tak, aby nám poskytl zprávu o dodržování limitů ozáření, průkaz o optimalizaci radiační ochrany a časně zjištění odchylek od běžného provozu pracoviště. (Hušák, 2009; Zákon č. 263/2016 Sb.; Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

9.1 Monitorování pracoviště

Monitorování pracoviště se provádí na pracovištích II. až IV. kategorie. Zde musí být pokaždé prováděno sledování, měření, hodnocení a zaznamenávání veličin a parametrů, které jsou charakteristické pro pole IZ a pro výskyt radionuklidů na pracovišti. (Vyhláška 422/2016 Sb. §69)

Podle druhů zdrojů IZ provádíme na pracovišti monitorování příkonu dávkového ekvivalentu, monitorování objemových a plošných aktivit v ovzduší nebo měření neúčinného záření. Vždy je u zaměstnanců ověřována účinnost ochrany před zevním a vnitřním ozářením při zahájení provozu na pracovišti, změně v pracovních postupech, změně zajištění radiační ochrany nebo radiační situace. Na každém pracovišti musí být prováděna kontrola radioaktivní kontaminace. Na pracovištích III. a IV. kategorie by se měl soustavně monitorovat objem aktivity radionuklidů v ovzduší. (Vyhláška 422/2016 Sb. §69)

9.2 Monitorování výpustí

V rámci plánované expoziční situace je každé pracoviště, kde se pracuje se zdroji IZ a s radioaktivními látkami, povinno zajistit radiační ochranu obyvatel před ozářením.

Monitorování výpustí musí zahrnovat pravidelné monitorování radionuklidů a jiných poten-
cionálních cest uvolňování radioaktivních látek z pracovišť. Stanovuje se bilanční mez vý-
pusti radionuklidu a případná zásahová úroveň opatření při překročení limitů. (*Zákon č.
263/2016 Sb. §81; Vyhláška 422/2016 Sb. §73*)

9.3 Monitorování okolí pracoviště

Monitorování okolí pracoviště, kde se vyskytují radioaktivní látky, musí být pravi-
delně sledováno, měřeno, hodnoceno, zejména příkon prostorového dávkového ekvivalentu,
objemových a hmotnostních aktivit radionuklidů. Záznamová úroveň zde musí být stano-
vena na co nejmenší detekovanou hodnotu monitorované veličiny – dle vyhlášky o monito-
rování radiační situace. Vyšetřovací úroveň musí být stanovena na horní mezi a zásahová
úroveň musí být stanovena v souladu s požadavky optimalizace. (*Vyhláška č. 422/2016 Sb.
§74*)

9.4 Osobní monitorování radiačního pracovníka

Osobní monitorování slouží k monitorování osob, které mohly být vystaveny ze-
vnímu i vnitřnímu ozáření, a napomáhá přesnému stanovení dávek absorbovaného ionizují-
cího záření. Podle vyhlášky č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně se při činnostech vedoucí
k ozáření musejí využívat osobní dozimetry. (*Hušák, 2009; Šinkorová, 2014*)

Pracovník kategorie A je povinně vybaven dozimetrem. Sledovací období je zpravi-
dla jeden měsíc. Na dozimetru vyhodnocujeme z vnějšího ozáření osobní dávkový ekviva-
lent, který se dále v laboratořích Celostátní služby přepočítává na efektivní dávku. Osobní
dozimetr se nosí na tzv. referenčním místě. Toto místo se nachází na levé přední straně pra-
covního oděvu v oblasti hrudníku (*viz obrázek v příloze č. 9*). Je-li použita olovněná zástěra,
musí být dozimetr umístěn vně zástěry. Pracovníci, kteří mají ruce vstaveny zvýšené expo-
zici, nosí navíc prstenové dozimetry. Tyto dozimetry se nejčastěji nosí na vnitřní straně prs-
teníku té ruky, která je záření nejbliže. V případě, že pracovník přichází do kontaktu s dalším
druhem záření, musí být vybaven dalšími osobními dozimetry. (*Hušák, 2009; Šinkorová,
2014*)

Dojde-li k neplánovanému jednorázovému ozáření pracovníka v důsledku nehody,
musí se provést okamžité vyhodnocení osobních dozimetrů a dozimetrické hodnocení dané
události. (*Hušák, 2009; Šinkorová, 2014*)

Pracovníci kategorie B musejí být také vybaveni osobním dozimetrem. Z něho se vypočítávají osobní dávky pracovníka a údaje o místě, kde vykonával pracovní činnost, a také se sleduje doba pobytu na daném pracovišti. Je-li na stejném pracovišti se zdrojem IZ více pracovníků kategorie B, kteří vykonávají stejnou pracovní činnost, mohou mít u sebe pouze jeden osobní dozimetr. (Hušák, 2009; Šinkorová, 2014)

9.4.1 Druhy dozimetrů

9.4.1.1 Filmové dozimetry

Filmové dozimetry pracují na fotochemických účincích ionizujícího záření. Políčko fotografického filmu, světlotěsně zabaleno do černého papíru je základem filmového dozimetru. Záření, které ionizuje, prochází obalem filmu, ve fotoemulzi se vytváří latentní obraz, který se po vyvolání stává viditelným. Míru integrálního množství záření, které filmem prošlo během záření, nám ukazuje optická hustota zešednutí či zčernání filmu, kterou vyhodnocujeme fotometricky. Lze tím také indikovat dávku záření, která byla absorbována v tkáni vystavené expozici. Políčko filmu je vkládáno do plastového pouzdra, ve kterém se také nachází několik malých měděných obdélníčků a olověných plíšků. Ty slouží jako filtry pohlcující záření gama v závislosti na jeho energii. Tento dozimetr se nosí na referenčním místě a je jednou za měsíc vyměňován, fotometricky vyhodnocován. (Ullmann, *astronuklfyzika; Radiobiologie*)

9.4.1.2 Termoluminiscenční dozimetr (TLS)

Termoluminiscenční dozimetry obsahují látky, ve kterých vyvolá ionizující záření excitaci elektronů, které přechází z valenčního do vodivého pásu a kde následně dochází k záchytu v záchytných centrech. K výrobě těchto dozimetrů používáme různé druhy termoluminiscenčních materiálů např.: LiF, CaF₂, CaSO₄, aj. Každý tento materiál má rozdílnou energetickou citlivost a závislost na různých druzích záření. (Ullmann, *astronuklfyzika; Radiobiologie*)

Vyhodnocení dozimetru se provádí vyjmutím záchytné látky a jejím zahřátím na určitou teplotu je dodána energie, která uvolní zde vázané elektrony. Uvolněná energie vyzařuje ve formě fotonů viditelného světla. Zde dochází k luminiscenci materiálu. Čím větší radiační dávkou byl materiál ozářen, tím více fotonů je při vyhodnocení luminiscencí nebo termoluminiscencí vyzářeno a je úměrná radiační dávce ozářeného materiálu. (Ullmann, *astronuklfyzika; Radiobiologie*)

Výhodami tohoto dozimetru jsou vysoká citlivost, možnost přesného měření odezvy, možnost opakovaného použití dozimetru, široká lineární oblast v závislosti mezi dávkou a odezvou dozimetru a možnost použití látek, které jsou svými vlastnostmi blízké k lidské tkáni. Značnou nevýhodou je jejich citlivost na světlo. (*Ullmann, astronuklfyzika; Radiobiologie*)

Prstencový dozimetr, ve tvaru náramku nebo prstýnku, se používá u zaměstnanců, kteří manipulují s radioaktivními zářiči, a slouží k hodnocení efektivní dávky na končetinách. (*Ullmann, astronuklfyzika; Radiobiologie*)

9.4.1.3 Fotoluminiscenční dozimetry (OLS)

U těchto dozimetrů se využívá opticky stimulovaná luminiscence. Dozimetr obsahuje Al_2O_3 – kysličník hlinitý, který je vystaven záření v místě radiačního měření. Pro vyhodnocení se používá ozáření světlem LED diody, při kterém vzniká luminiscence, která je detekována fotonásobičem. Luminiscence je přímo úměrná ozáření dozimetru. (*Ullmann, astronuklfyzika; Radiobiologie*)

Vyhodnocení dozimetru je jednodušší a rychlejší než u TLD metody. (*Ullmann, astronuklfyzika; Radiobiologie*)

10 RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST

Vyhláška Atomového zákona č. 359/2016 Sb. se zabývá radiační mimořádnou událostí. Radiační mimořádnou událostí (RMU) se rozumí událost, která vede nebo může vést k překročení limitů ozáření. Při takové události jsou nutná taková opatření, která z hlediska radiační ochrany vedou k zabránění překročení limitů ozáření nebo zhoršování situace. RMU se stupňuje do tří kategorií: radiační mimořádná událost prvního stupně, radiační nehoda (RN), radiační havárie (RH). Vše musí být analyzováno a hodnoceno. Na tuto událost musejí být zaměstnanci pracovišť připraveni, a to formou vzdělání a odbornou přípravou k odezvě. Co se týče pravidel zajištění odezvy, musíme v první řadě co nejdříve vyhlásit RMU (do 24 hodin). Dále musíme informovat příslušné osoby, omezit havarijní ozáření, provést zdravotnické zajištění a zpracovat průběh události včetně časové posloupnosti. V případě RN informujeme nejpozději do 4 hodin po vzniku, u RH musíme informovat obyvatelstvo ihned. *(Vyhláška č. 359/2016 Sb.)*

10.1 Program zajištění radiační ochrany

Tento program funguje na pracovištích, která využívají zdroj IZ nebo otevřené radionuklidové zdroje – obecně na pracovištích, kde se pracuje s lékařským ozářením. *(SÚJB)*

U pracovišť I. a II. kategorie musejí být zajištěny pracovní právní služby zaměstnancům, jako jsou vstupní a výstupní prohlídky, mimořádné prohlídky, a u pracovníků kategorie A pravidelné roční preventivní prohlídky. U zaměstnanců musejí být stanoveny pracovní a stanovená měřidla. Správné zabezpečení těchto měřidel nám určuje kalibrace a ověřování. Všechny kroky musejí být dokumentovány a nakonec musí být provedena zkouška stability. *(SÚJB)*

Na pracovišti s otevřenými radionuklidovými zdroji se musí dodržovat zásady nakládání s radioaktivním odpadem a jeho uvolňování. Tudíž musíme správně uvádět, jaké odpady vznikají a kde se skladují. Zaměstnanci musejí být poučeni o řádném nošení ochranných pomůcek. *(SÚJB)*

Na pracovišti, kde se provádí lékařská ozáření, se zaznamenává popis radiologické události, její prošetření a případné opatření, které předchází jejímu vzniku a případným následkům. Opět je zapotřebí správné používání ochranných pomůcek u zaměstnanců, pacientů a osob pomáhajících. *(SÚJB)*

11 OPERAČNÍ SÁLY

Operační trakt nemocnic je soubor místností, které dohromady tvoří uzavřený komplex. Jejich provoz se musí řídit přísnými pravidly, včetně správného stavebního i technického rozmístění celého komplexu. Pomocí klimatizace se dosahuje na operačních sálech kvality a čistoty vnitřního prostředí. Vzduch je tedy zvlhčován, vyměňován, filtrován, ale může být i ohříván či chlazen, dle potřeby a norem. Operační sály můžeme dělit na pavilónový nebo centrální typ nemocnice. (*Schneiderová, 2014*)

Pavilónový typ nemocnice je uspořádán tak, že každé oddělení je umístěno do samostatné budovy, nebo se umístí několik oddělení podobného zaměření do jednoho pavilonu. Operační sály zde bývají umístěny samostatně od běžného provozu a mají svoji organizační, personální i provozní strukturu. Operační trakt by měl být členěn na jednotlivé zóny. Jedna ze zón operačních sálů jsou vlastní operační sály. Ty se rozdělují na septický, superseptický a aseptický. Další důležitou zónou je sterilizační jednotka. (*Schneiderová, 2014*)

Centrální typ nemocnice je situován tak, že je vše umístěno v jedné budově. Operační sály jsou v tomto zařízení soustředovány do jednoho operačního traktu, většinou do jednoho podlaží, které je odděleno od ostatního provozu monobloku. Sály mají jednu organizační strukturu a ta se většinou skládá z většího počtu operačních sálů. Sterilizace je samostatnou jednotkou zajišťující centrálně sterilizaci pro všechny operační sály i celou nemocnici. (*Schneiderová, 2014*)

11.1 Zóny operačních sálů

Operační sály mají tři zóny operačního traktu. Ochrannou, aseptickou a sterilní. Ochranná zóna nastává hned po vstupu na pracoviště v tzv. vstupním filtru. Zde se vstupuje v nemocničním oděvu a převléká se do operačního oděvu, ke kterému patří i nasazení ochranných pomůcek – čepice, ústenka. Najdeme zde i botníky se speciální obuví na operační sál. Pacient je překládán přes vstupní filtr určený pro překlad. Zde se také nachází prostory pro skladování zdravotnického materiálu, léků, knihovny, pracovny, denní místnosti a přístroje používané na operačním sále. (*Schneiderová, 2014*)

Aseptická zóna navazuje na ochrannou a je umístěna před operačním sálem. Zde se nachází umývárna vybavená dezinfekčními přípravky. V aseptické zóně se nachází přípravná pro pacienta, kde se provádějí nezbytné úkony před operací. (*Schneiderová, 2014*)

Na aseptickou zónu navazuje sterilní zóna či samotný operační sál, oddělený posuvnými dveřmi, které jsou vybaveny ochrannou vrstvou nepropouštějící radiační záření. Podlahy a zdi musejí být zcela omyvatelné, beze spár, antistatické. (Schneiderová, 2014)

11.2 Přístroje na operačním sále

Na operačním sále se používají rentgenové přístroje především u ortopedických nebo traumatologických výkonů. Dále se využívají při výkonech za pomoci kontrastní látky, a to u operací žlučových cest, cévních operací. Další možností využití rentgenu je u zobrazení nebo odstranění cizích těles. Obsluhu tohoto přístroje zajišťuje rentgenový laborant. Personál přítomný na sále, který je v kontaktu s rentgenovým zářením, musí dodržovat předepsané předpisy a nosit ochranné pomůcky. (Schneiderová, 2014)

11.2.1 Skiagrafické přístroje

Skiagrafické komplety se skládají z rentgenky, Bukyho stolu – vyšetřovacího stolu a vertigrafu. Stůl je buď fixován nebo má tzv. plovoucí desku, která je pohyblivá do všech stran. Úložná deska vyšetřovacího stolu musí být z radiotransparentního materiálu. Pod touto deskou je pojízdný vozík, kde se nachází kazeta, Buckyho clona a ionizační komůrky. Na stropním závěsu nebo na pojízdném sloupu je umístěna rentgenka, která má možnost otáčení do 360°. (Vomáčka, 2015)

Pro snímkování ve stoje nebo u pacientů sedících se využívá vertigraf. V něm se nachází úložná deska se sekundární clonou a kazetovým vozíkem. (Vomáčka, 2015)

11.2.2 Skiaskopické přístroje

Skiaskopické přístroje dělíme na kombinované přístroje pro skiaskopii a skiagrafii, stacionární a na pojízdná C – ramena. Základním využitím skiaskopie je sledování dynamiky, proto je velkou součástí mnoha druhů vyšetření. Tato metoda najde využití při vyšetření trávicí trubice, intervenčních výkonů, ale i při skiaskopicko-skiagrafických kontrolách na operačních sálech. (Vomáčka, 2015)

11.2.3 Pojízdná skiaskopicko-skiagrafická C-ramena

Tyto přístroje se využívají pro mobilní skiagrafii a skiaskopii v analogovém nebo digitálním zobrazení. Přístroj má rentgenku pevně spojenou s ramenem ve tvaru C. Osa rentgenového svazku rentgenky musí procházet osou zesilovače. Pohyb konstrukce komplexu o 360° zajišťuje snadný přístup, například k operačnímu stolu, kde lze snadno vyšetřovat ve všech rovinách. Další součástí pojízdného rentgenu je monitor s digitálním připojením

s CCD kamerou, dostatečná paměť pro sériografii a laserový zaměřovač pro přesnou operační navigaci. (viz obrázek v příloze č. 4) (Vomáčka, 2015)

PRAKTICKÁ ČÁST

Použití rentgenu patří v dnešní době k nejběžnějším způsobům vyšetření pacienta. Tato zobrazovací metoda se značně uplatňuje mimo jiné i na vybraných operačních sálech. Zde je využíván například při ortopedických a traumatologických operacích, při intervencích, endoskopických operacích při urologii a při vyndávání cizích předmětů. Na operačních sálech se nachází nejen pacient, ale i mnoho zdravotnického personálu, který je během operace vystaven ionizujícímu záření. Problematika radiační ochrany spočívá v poměrně vysokém počtu výkonů, kdy je zapotřebí použití rentgenového přístroje. Tehdy je personál vystaven větší dávce než samotný pacient. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli o výzkum, který je zaměřen na dodržování radiační hygieny personálem. Dalším problémem by mohlo být nesprávné nošení ochranných pomůcek, a to z důvodu nepohodlí při vykonávané práci. Na operačním sále se můžeme setkávat i s ne úplně správným monitorováním zaměstnanců.

12 CÍL A ÚKOLY PRÁCE

K výzkumnému problému jsme si stanovili následující cíle:

- C1:** Zjistit, zda je na vybraných operačních sálech dostatečně zajištěna radiační ochrana.
- C2:** Zjistit, zda pracovníci na vybraných operačních sálech nosí při operacích, kdy se využívá zdroj ionizujícího záření, osobní dozimetry.
- C3:** Zjistit, jakou škálu ochranných pomůcek zaměstnanci na vybraných operačních sálech nosí.

12.1 Předpoklady

Ke stanoveným cílům jsme si vytvořili tyto předpoklady:

- P1:** Předpokládáme, že na vybraných operačních sálech je dostatečně zajištěna radiační ochrana.
- P2:** Předpokládáme, že většina zaměstnanců na vybraných operačních sálech nosí osobní dozimetry.
- P3:** Předpokládáme, že nejčastější ochrannou pomůckou nošenou na vybraných operačních sálech je ochranná vesta.

13 VÝZKUMNÉ OTÁZKY, VÝZKUMNÉ PROBLÉMY

S častějším využíváním rentgenu na sálech souvisí také správná radiační ochrana. Správnou radiační ochranou myslíme dodržování nošení osobních dozimetrů, ochranných pomůcek a dodržování základních principů radiační ochrany.

Dotazníkovým šetřením budeme klást zdravotnickému personálu operačních sálů ve třech nejmenovaných nemocnicích otázky. Otázky jsme pokládali jasně a srozumitelně, abychom získali korektní informace o zajištění úrovně radiační ochrany na operačních sálech, správném využívání osobních dozimetrů a užití jednotlivých ochranných pomůcek.

14 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU

Dotazníky jsme rozdávali ve třech nejmenovaných nemocnicích. Jména nemocnic jsme nechtěli uvádět, vzhledem k objektivnosti vzniklého výzkumu. Dotazníky byly anonymní.

Pro větší reliabilitu dat jsme se snažili dotazníky rozdat u všech struktur zaměstnanců, kteří se pohybují na operačním sále a přicházejí do kontaktu s ionizujícím zářením.

15 METODIKA PRÁCE

Ke zjištění potřebných informací jsme zvolili kvantitativní metodu šetření za pomoci dotazníků. Šetření je zaměřeno na ty zaměstnance nemocnic, kteří na operačních sálech přicházejí do kontaktu s ionizujícím zářením – tedy lékaře operátory a anesteziology, perioperační sestry, anesteziologické sestry, radiologické asistenty a sanitáře. Otázky v dotazníku byly především uzavřené. U jedné otázky jsme se rozhodli ponechat možnost i jiné odpovědi. U otázek č. 11, 13, 15 bylo možno uvést i více možných odpovědí.

Výzkumné šetření probíhalo v období od 25. 11. – 13. 12. 2019 ve třech anonymních nemocnicích. Pro tento výzkum jsme rozdali 150 dotazníků. Návratnost dotazníků byla vysoká. Zpět se nám navrátilo 121 dotazníků, tzn. úspěšnost návratnosti byla okolo 80 %.

15.1 Interpretace výsledků

Získané dotazníky jsme vyhodnotili na základě vyplněných odpovědí. Odpovědi typu „Ano“ a „Spíše ano“, bereme jako odpovědi kladné, zodpovězené odpovědi „Ne“ a „Spíše ne“ bereme jako záporné. Abychom dosáhli ještě zajímavějších výsledků, u některých otázek jsme zodpovězené odpovědi porovnali dle pohlaví zaměstnance nebo struktury zaměstnání na operačním sále.

Pro lepší orientaci jsme zpracovali výsledky výzkumu do přehledných tabulek a grafů, které jsou doplněny popisy a dále rozváděny v diskuzi.

16 ANALÝZA A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

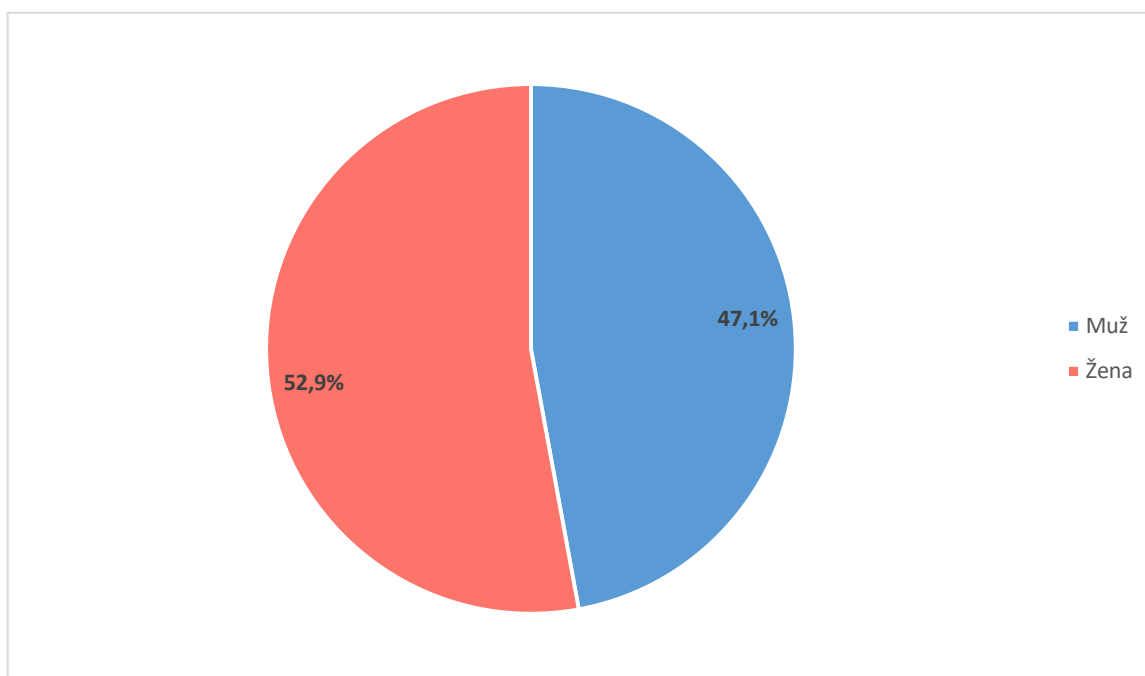
Otázka č. 1: Jaké je Vaše pohlaví?

Tabulka 6 Pohlaví respondentů

Pohlaví	Počet respondentů
Muž	57
Žena	64
Celkem	121

Zdroj: vlastní

Graf 1 Pohlaví respondentů



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme zjišťovali pohlaví respondentů. Ze 121 respondentů bylo 52,9 % žen a 47,1 % mužů. Zastoupení pohlaví je tedy velice vyrovnané.

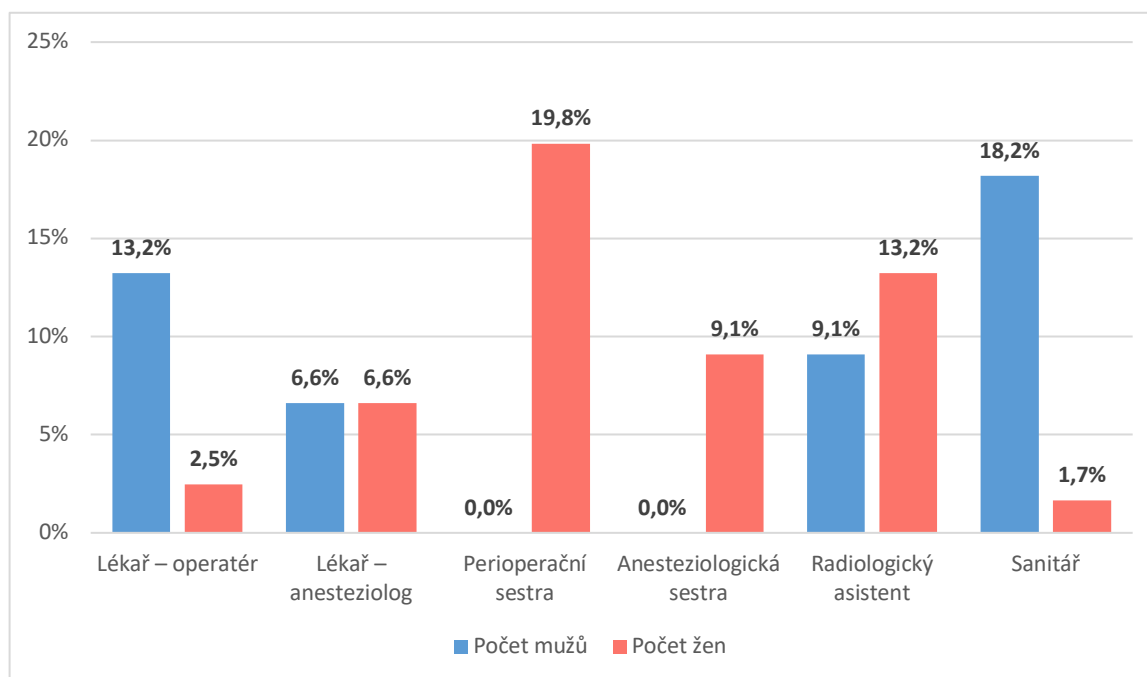
Otázka č. 2: Jaké je Vaše pracovní zařazení? (Na operačním sále)

Tabulka 7 Pracovní zařazení respondentů na vybraných operačních sálech

Pracovní zařazení na OS	Počet mužů	Počet žen
Lékař – operatér	16	3
Lékař – anesteziolog	8	8
Perioperační sestra	0	24
Anesteziologická sestra	0	11
Radiologický asistent	11	16
Sanitář	22	2

Zdroj: vlastní

Graf 2 Pracovní zařazení respondentů na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme zkoumali, jaké je pracovní zařazení respondentů na vybraných operačních sálech. V grafu jsme respondenty rozdělili také dle pohlaví. U žen nejvíce zastoupenou skupinou je perioperační sestra a to 19,8 %, dále pak radiologická asistentka (13,2 %), anesteziologická sestra (9,1 %) a anesteziologická lékařka (6,6 %). Nejméně je lékařek operátorek (2,5 %) a sanitářek a to 1,7 %. U mužských respondentů je nejvíce zastoupení u sanitářů a to 18,2 %, poté lékařů operátorů (13,2 %), radiologických asistentů (9,1 %) a anesteziologických lékařů (6,6 %).

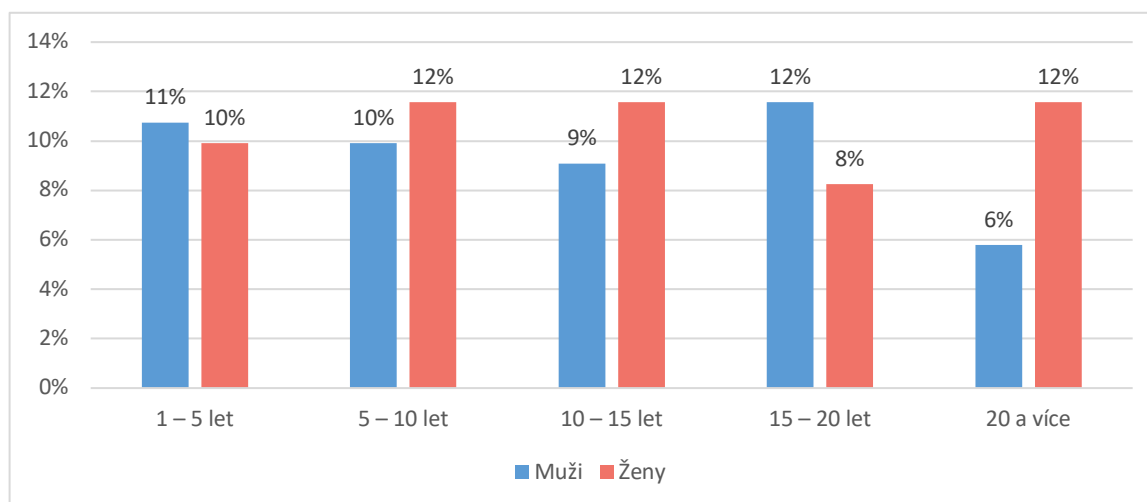
Otázka č. 3: Jak dlouho pracujete na operačním sále?

Tabulka 8 Struktura doby zaměstnání na vybraných operačních sálech

Struktura doby zaměstnání na OS	Muži	Ženy	Celkem
1-5 let	13	12	25
5-10 let	12	14	26
10-15 let	11	14	25
15-20 let	14	10	24
20- více let	7	14	21

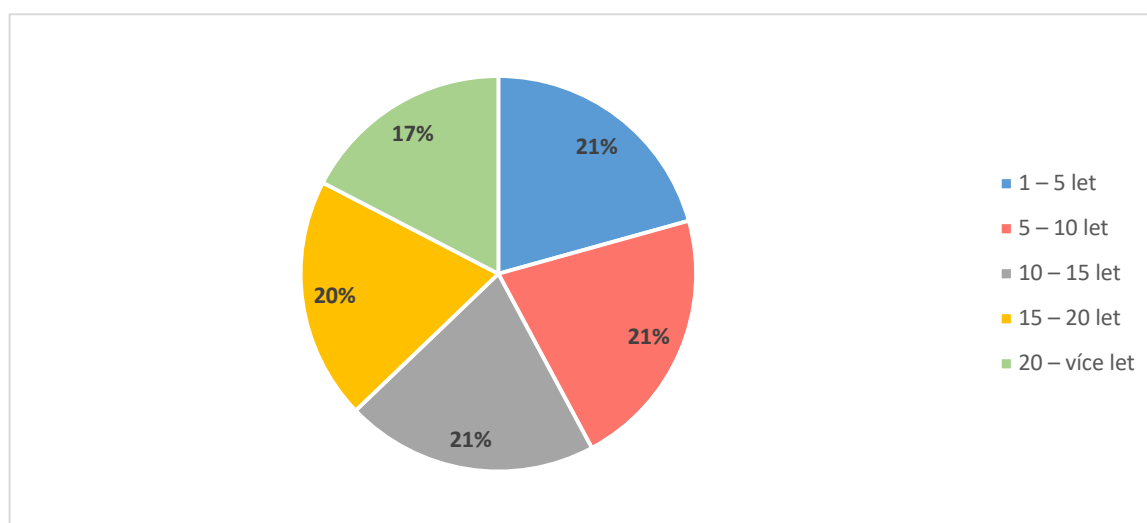
Zdroj: vlastní

Graf 3 Struktura doby zaměstnání na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

Graf 4 Procentuální vyjádření doby zaměstnání na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

V těchto grafech jsme porovnávali pracovní strukturu doby zaměstnání respondentů na vybraných operačních sálech. Výsledek byl téměř vyrovnaný. V celkovém porovnání největší zastoupení, a to 21 %, měly délky odpracovanosti na operačním sále 1-5 let, 5-10 let, 10-15 let. Dále 20 % měla délku 15-20 let a nejméně 20 a více let (17 %).

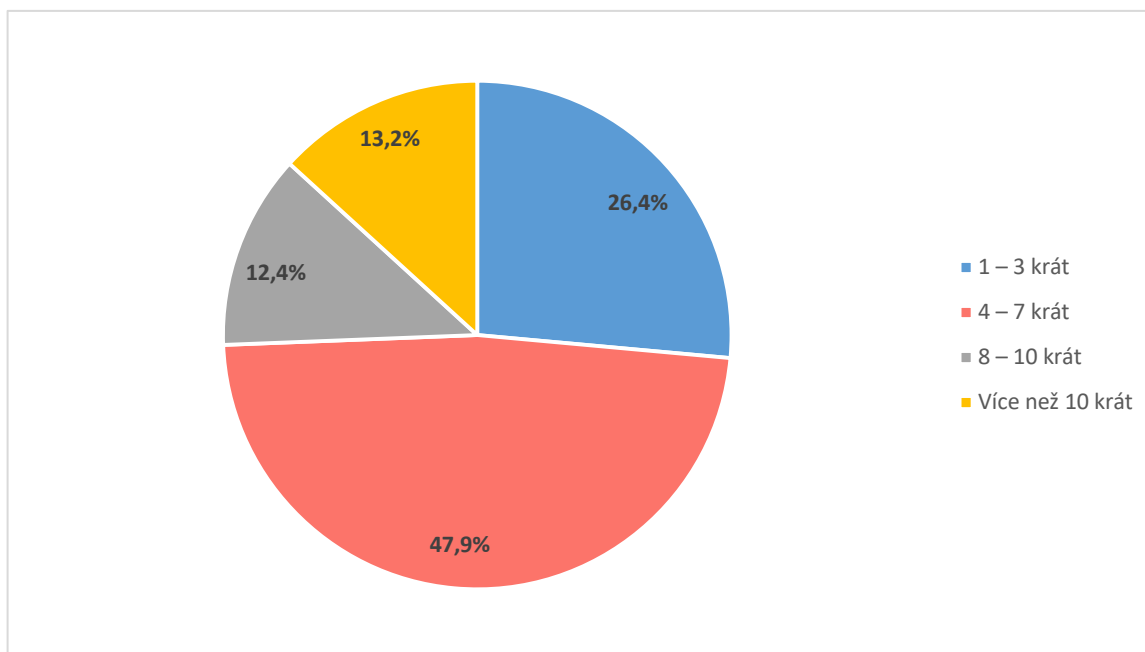
Otázka č. 4: Kolikrát za měsíc přijdete do kontaktu s rentgenovým zářením na operačním sále?

Tabulka 9 Kontakt respondentů s rentgenovým zářením na vybraných operačních sálech za měsíc

Kontakt s rtg zářením na OS	Počet respondentů
1-3x	32
4-7x	58
8-10x	15
Více jak 10x	16

Zdroj: vlastní

Graf 5 Kontakt respondentů s rentgenovým zářením na vybraných operačních sálech za měsíc



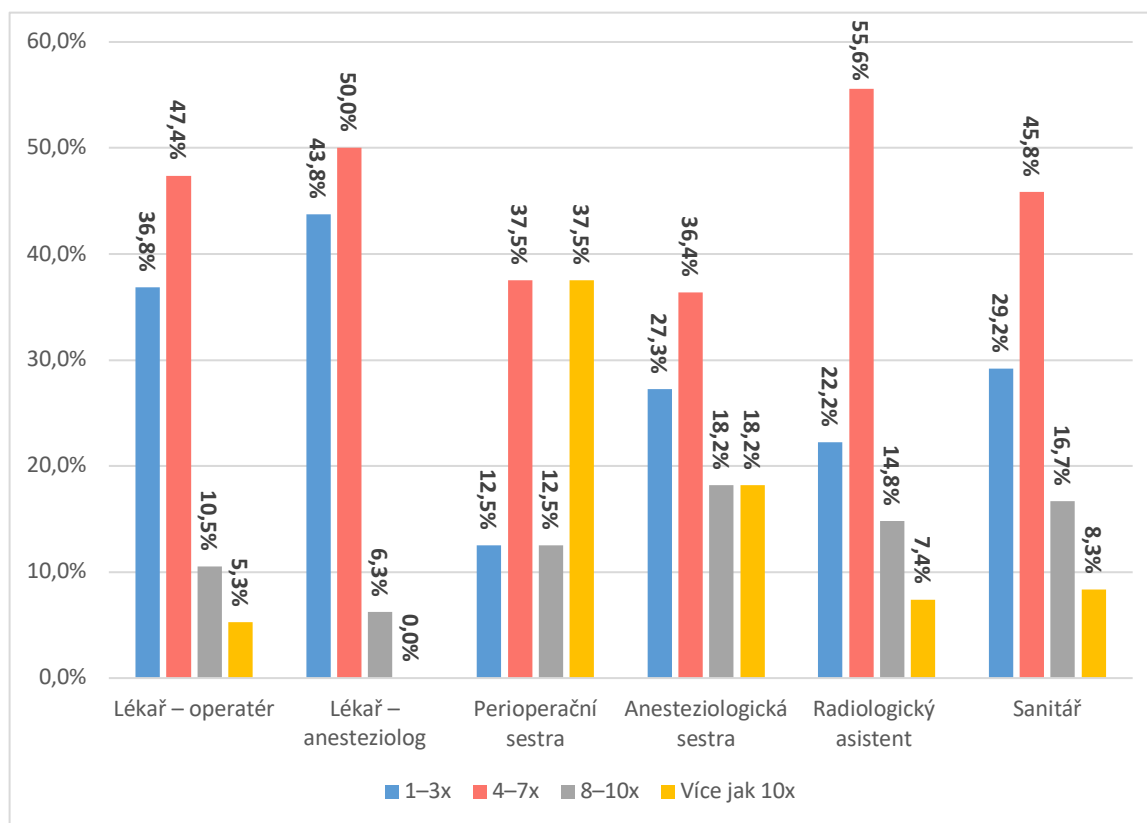
Zdroj: vlastní

Tabulka 10 Kontakt s rentgenovým zářením dle kategorie zaměstnanců na vybraných operačních sálech

	1-3x	4-7x	8-10x	Více než 10x
Lékař – operatér	7	9	2	1
Lékař – anesteziolog	7	8	1	0
Perioperační sestra	3	9	3	9
Anesteziologická sestra	3	4	2	2
Radiologický asistent	6	15	4	2
Sanitář	7	11	4	2

Zdroj: vlastní

Graf 6 Kontakt s rentgenovým zářením dle kategorie zaměstnanců na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

Zde jsme porovnávali, jak často jsou zaměstnanci v kontaktu s rentgenem na operačním sále.

V prvním grafu jsme hodnotili celkový výsledek. Nejvíce zaměstnanců, a to 47,9 %, přijde do styku s ionizujícím zářením 4-7x za měsíc. Druhá nejčastější odpověď byla 26,4 %, kdy jsou na sále s IZ v kontaktu 1-3x do měsíce. Více než 10x za měsíc, je v kontaktu se zářením 13,2 % dotázaných a nejméně respondentů je v kontaktu 8-10x za měsíc (12,4 %).

Ve druhém grafu jsme se zaměřili na odpovědi respondentů, které jsme dále rozdělili dle pracovního zaměření. Lékaři, kteří operují, jsou na sále nejčastěji 4-7x za měsíc (47,4 %). Anesteziologičtí lékaři a to 50 %, jsou na sále 4-7x do měsíce. Perioperační sestry jsou nejčastěji na sále 4-7 x (37,5 %) do měsíce. Co se týče anesteziologických sester, ty na sále pracují 4-7x za měsíc (36,4 %). Radiologičtí asistenti jsou na sále nejběžněji 4-7x do měsíce (55,6 %) a sanitáři také 4-7 x (45,8 %).

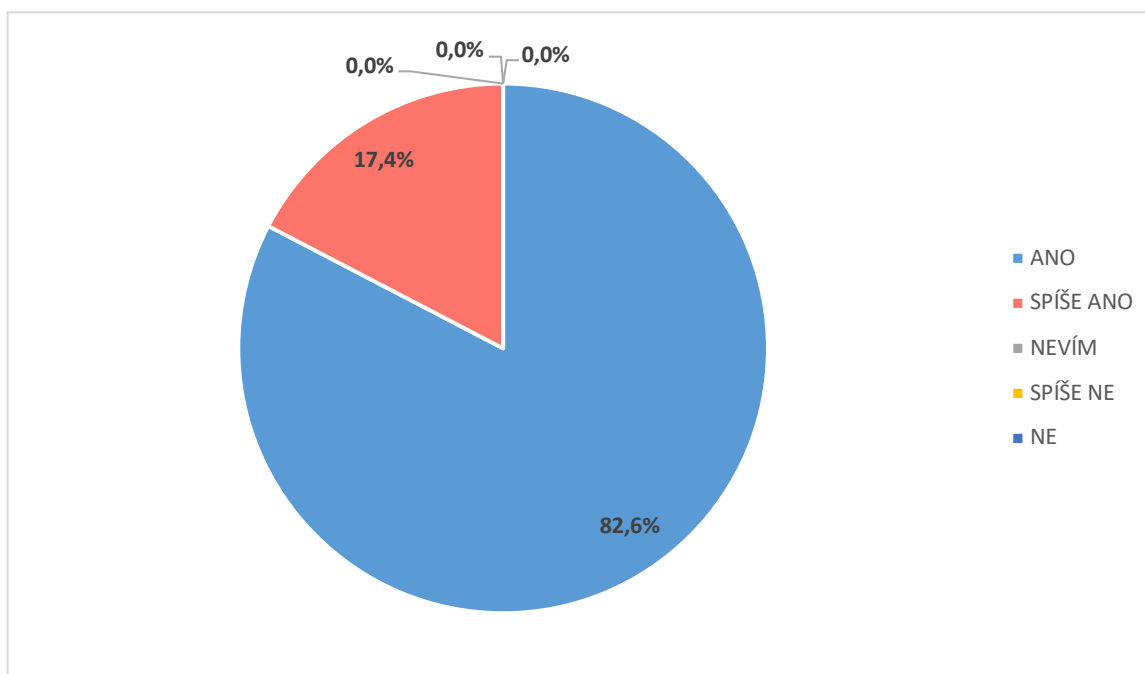
Otázka č. 5: Víte, jak se máte chránit před radiační zátěží na operačních sálech?

Tabulka 11 Znalosti respondentů týkající se ochrany na vybraných operačních sálech

Odpověď	Počet respondentů
ANO	100
SPÍŠE ANO	21
NEVÍM	0
SPÍŠE NE	0
NE	0

Zdroj: vlastní

Graf 7 Znalosti respondentů týkající se ochrany na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme zjišťovali, zda respondenti mají povědomí o tom, jak se mají chránit před radiační zátěží na operačních sálech. Většina (82,6 %) dotázaných uvedla, že vědí, jak se mají chránit a 17,4 % uvedlo, že spíše ví. Ostatní odpovědi neuvedl žádný z respondentů.

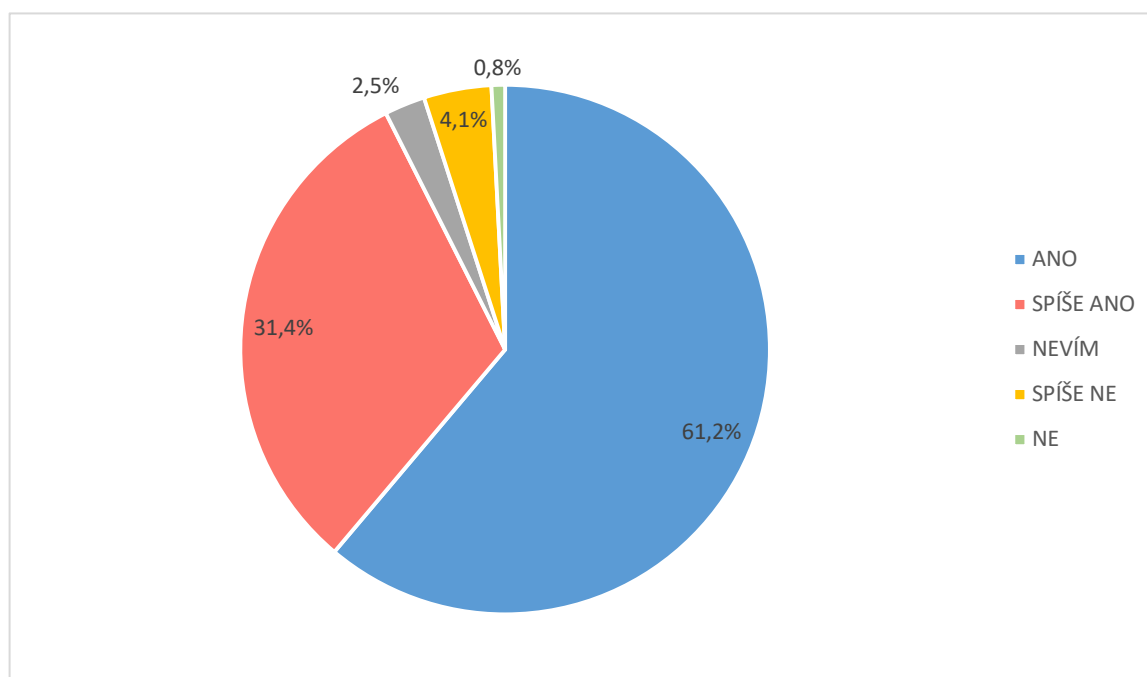
Otázka č. 6: Jste řádně proškoleni o radiační zátěži a případné ochraně na operačním sále?

Tabulka 12 Proškolení o radiační zátěži a radiační ochraně na vybraných operačních sálech

Odpověď	Počet respondentů
ANO	74
SPÍŠE ANO	38
NEVÍM	3
SPÍŠE NE	5
NE	1

Zdroj: vlastní

Graf 8 Proškolení o radiační zátěži a radiační ochraně na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

Na otázku, zda jsou respondenti řádně proškolení, co se týče radiační ochrany, odpovědělo 61,2 % že „ano“ a 31,4 % „spíše ano“. Respondentů, kteří proškolení nejsou je 4,9 % a 2,5 % nevědí, zda jsou proškoleni.

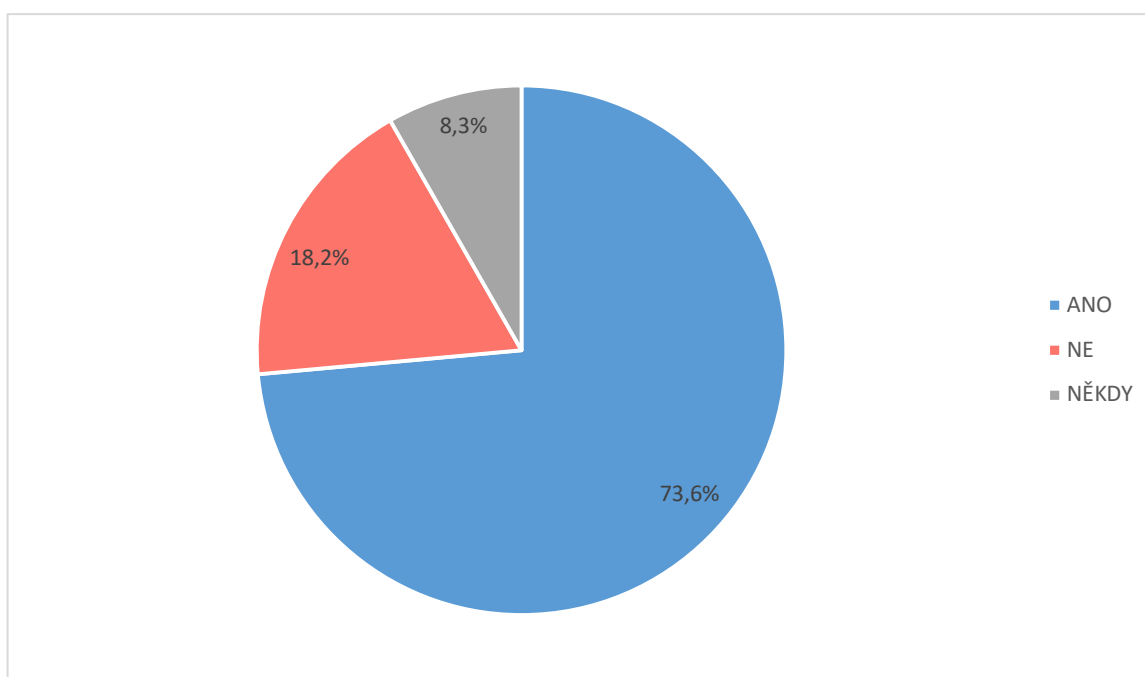
Otázka č. 7: Máte vždy při operaci, kdy se musí využít rentgen, osobní dozimetr?

Tabulka 13 Nošení osobních dozimetrů respondenty při operacích

Odpověď	Počet respondentů
ANO	89
NE	22
NĚKDY	10

Zdroj: vlastní

Graf 9 Nošení osobních dozimetrů respondenty při operacích



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme se dotazovali respondentů na nošení osobních dozimetrů při operacích, kde je využit rentgen. Většina, a to 73,6 %, nosí osobní dozimetr na operační sál. Někteří respondenti, a to 18,2 %, osobní dozimetr nenosí a 8,3 % ho nosí u sebe jen někdy.

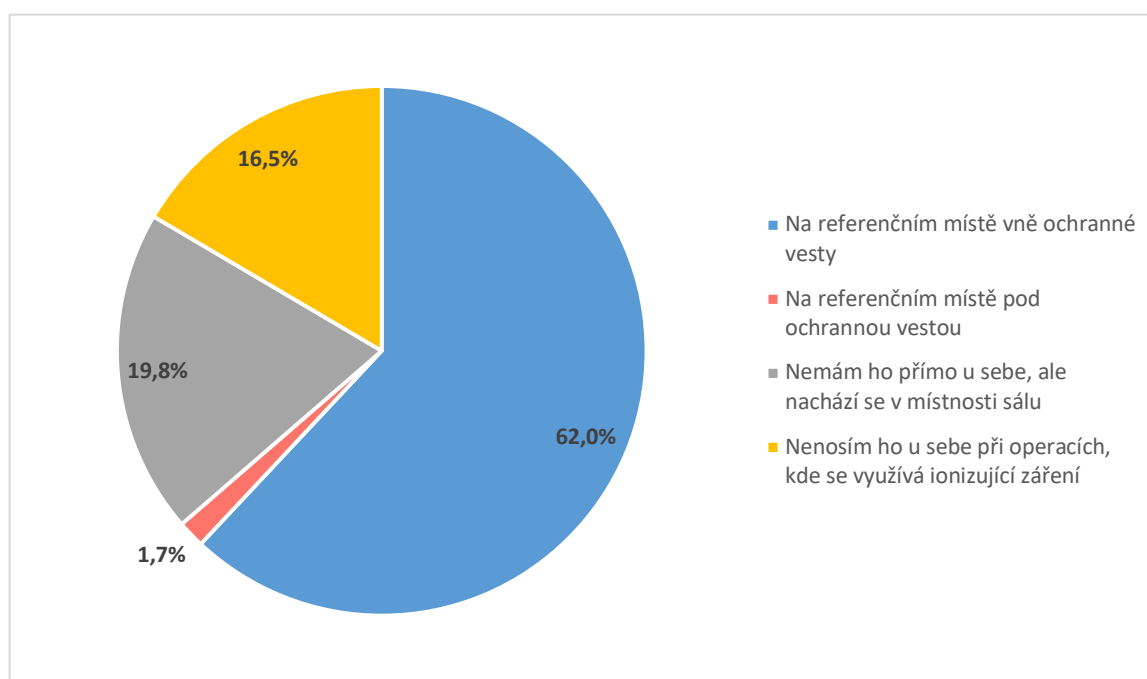
Otázka č. 8: Kde osobní dozimetr nosíte?

Tabulka 14 Místo pro nošení osobních dozimetrů

Místo pro nošení osobního dozimetru	Počet respondentů
Na referenčním místě vně ochranné vesty	75
Na referenčním místě pod ochrannou vestou	2
Nemám ho přímo u sebe, ale nachází se v místnosti sálu	24
Nenosím ho u sebe při operacích, kde se využívá ionizující záření	20

Zdroj: vlastní

Graf 10 Místo pro nošení osobních dozimetrů



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme se dotazovali na místo nošení osobního dozimetru. Většina a to 62 % respondentů, nosí svůj dozimetr na referenčním místě vně ochranné vesty, což je také správný způsob nošení.

Nesprávně, a to 1,7 % dotázaných, nosí svůj osobní dozimetr pod ochrannou vestou. Další a nesprávnou odpovědí, kterou uvedlo 19,8 % respondentů je, že nemají svůj dozimetr přímo u sebe, ale nachází se v místě operačního sálu. Značná část, 16,5 % respondentů, nenosí svůj osobní dozimetr vůbec.

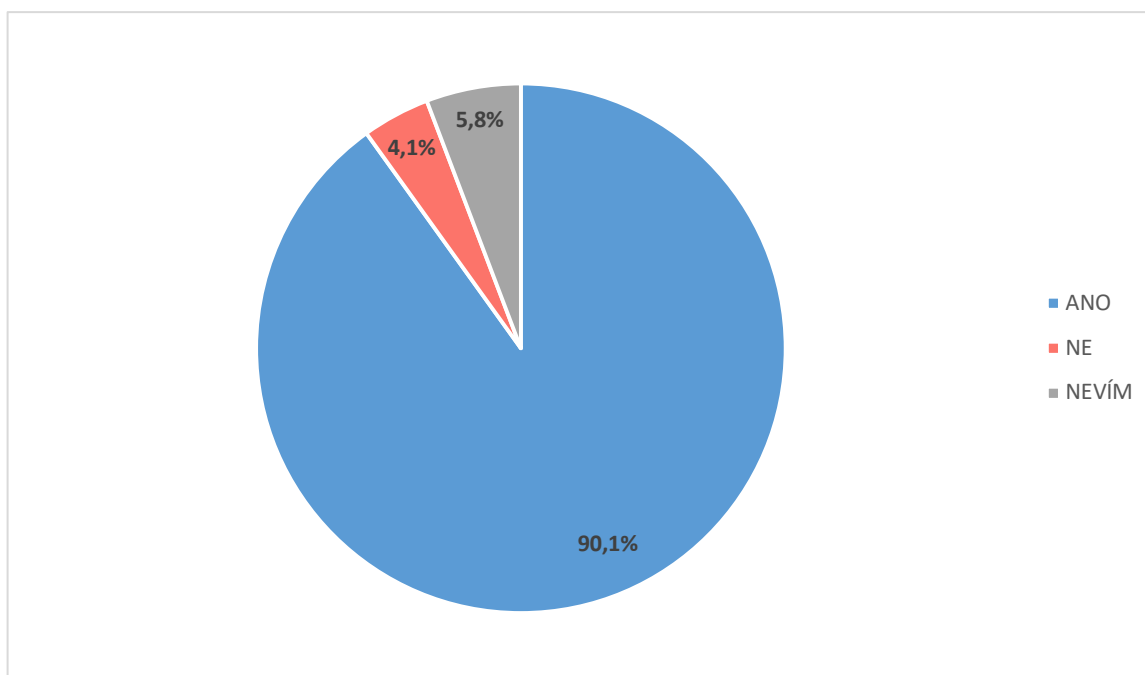
Otázka č. 9: Probíhá u Vás na pracovišti kontrola dozimetrů?

Tabulka 15 Kontrola osobních dozimetrů na pracovišti

Odpověď	Počet respondentů
ANO	109
NE	5
NEVÍM	7

Zdroj: vlastní

Graf 11 Kontrola osobních dozimetrů na pracovišti



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme získávali informace o kontrole dozimetrů na vybraných pracovištích. Respondenti uvedli, že na většině pracovišť (90,1 %) probíhá kontrola osobních dozimetrů. Někteří dotazovaní si nebyli jisti (5,8 %) a 4,1 % respondentů uvedlo, že kontrola dozimetrů na pracovišti neprobíhá.

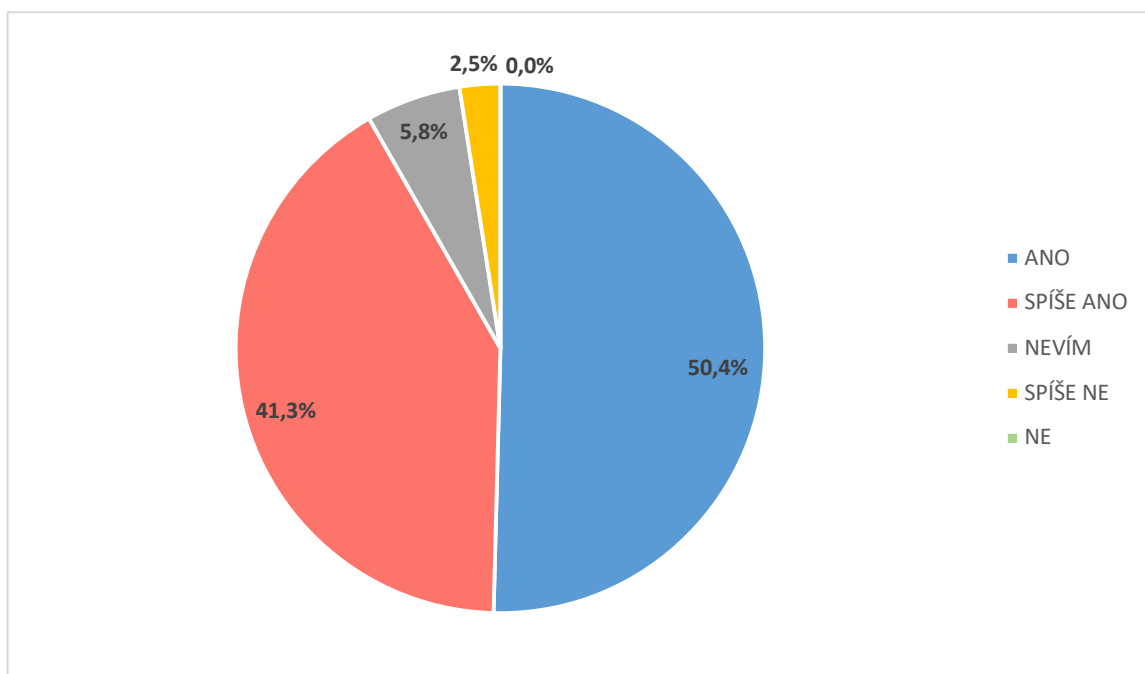
Otázka č. 10: Myslíte si, že radiační ochrana na operačních sálech je dostatečná?

Tabulka 16 Názor respondentů na radiační ochranu na vybraných operačních sálech

Odpověď	Počet respondentů
ANO	61
SPÍŠE ANO	50
NEVÍM	7
SPÍŠE NE	3
NE	0

Zdroj: vlastní

Graf 12 Názor respondentů na radiační ochranu na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

V této otázce nás zajímal názor respondentů na radiační ochranu na vybraných operačních sálech. Zde většina odpověděla, že ochrana na operačních sálech je dostatečná. (Ano – odpovědělo 50,4 % a Spíše ano 41,3 %). Na tuto otázku nedokázalo odpovědět 5,8 % dotázaných a 2,5 % uvedlo, že radiační ochrana na sálech není dostatečná.

Otázka č. 11: Jaké ochranné pomůcky nosíte? – může být uvedeno i více odpovědí

Tabulka 17 Nejčastější kombinace pomůcek radiační ochrany využívané na vybraných operačních sálech

Nejčastější kombinace pomůcek RO	Muži	Ženy	Celkem
Ochranná vesta (zástěra)	18	16	34
Ochranná vesta + ochranný límec štítné žlázy	31	46	77
Ochranná vesta + límec + brýle	1	0	1
Ochranné vesta + límec + rukavice	4	1	5
Ochranné vesta + límec + rukavice + brýle	3	1	4

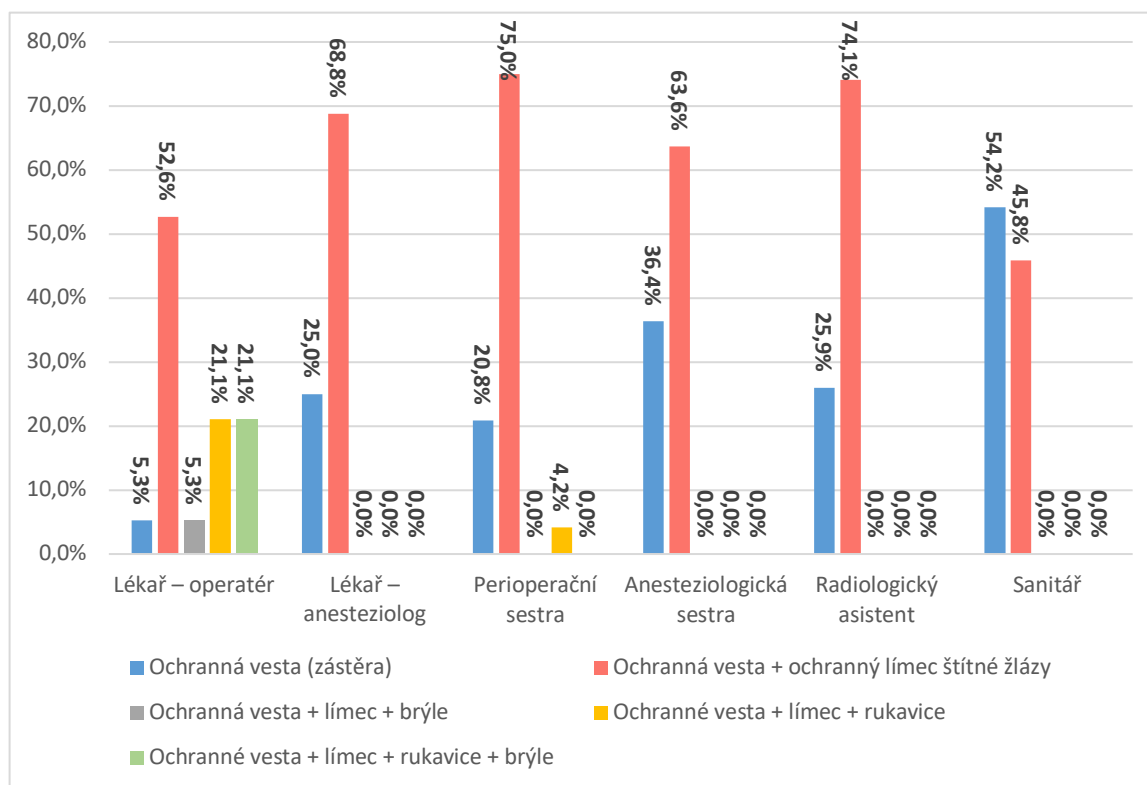
Zdroj: vlastní

Tabulka 18 Ochranné pomůcky dle užití zaměstnance na vybraných operačních sálech

	Ochranná vesta (zástěra)	Ochranná vesta + ochranný límec štítné žlázy	Ochranná vesta + límec + brýle	Ochranné vesta + límec + rukavice	Ochranné vesta + límec + rukavice + brýle
Lékař – operatér	1	10	1	4	4
Lékař – anesteziolog	4	11	0	0	0
Perioperační sestra	5	18	0	1	0
Anesteziologická sestra	4	7	0	0	0
Radiologický asistent	7	20	0	0	0
Sanitář	13	11	0	0	0

Zdroj: vlastní

Graf 13 Ochranné pomůcky dle užití zaměstnance na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme se dotazovali respondentů, jaké ochranné pomůcky na sále nosí. Abychom dosáhli zajímavějšího vyhodnocení, rozdělili jsem respondenty dle struktury zaměstnání a zkompletovali nejčastěji vybrané kombinace nošení ochranných pomůcek.

Lékaři, kteří provádějí operační výkony, nosí nejčastěji ochrannou vestu s ochranným límcem štítné žlázy (52,6 %). Dále využívají kombinace ochranné vesty, límce a rukavic (21,1 %), ochranné vesty, límce, rukavic a brýlí (21,1 %). Malé procento lékařů operatérů (5,3 %) používá kombinaci ochranné vesty, límce a brýlí. Pouze ochrannou vestu si na sebe bere 5,3 % lékařů, kteří operují. Anesteziologičtí lékaři nejvíce využívají možnost ochranné vesty a límce (68,8 %). Dalších (25 %) lékařů nosí pouze ochrannou vestu. U perioperačních sester nosí také většina (75 %) kombinaci ochranné vesty a límce štítné žlázy. Ostatních 20,8 % sester nosí jen vestu. Anesteziologické sestry nosí také nejčastěji vestu s límcem (63,6 %) a pouze vestu (36,4 %). Radiologičtí asistenti nosí také nejvíce ochrannou vestu a límec (74,1 %), výhradně vestu nosí 25,9 % asistentů. Co se týče sanitářů, tam je nejběžnější odpovědí nošení pouze ochranné vesty (54,2 %). Ochrannou vestu s límcem nosí 45,8 % sanitářů.

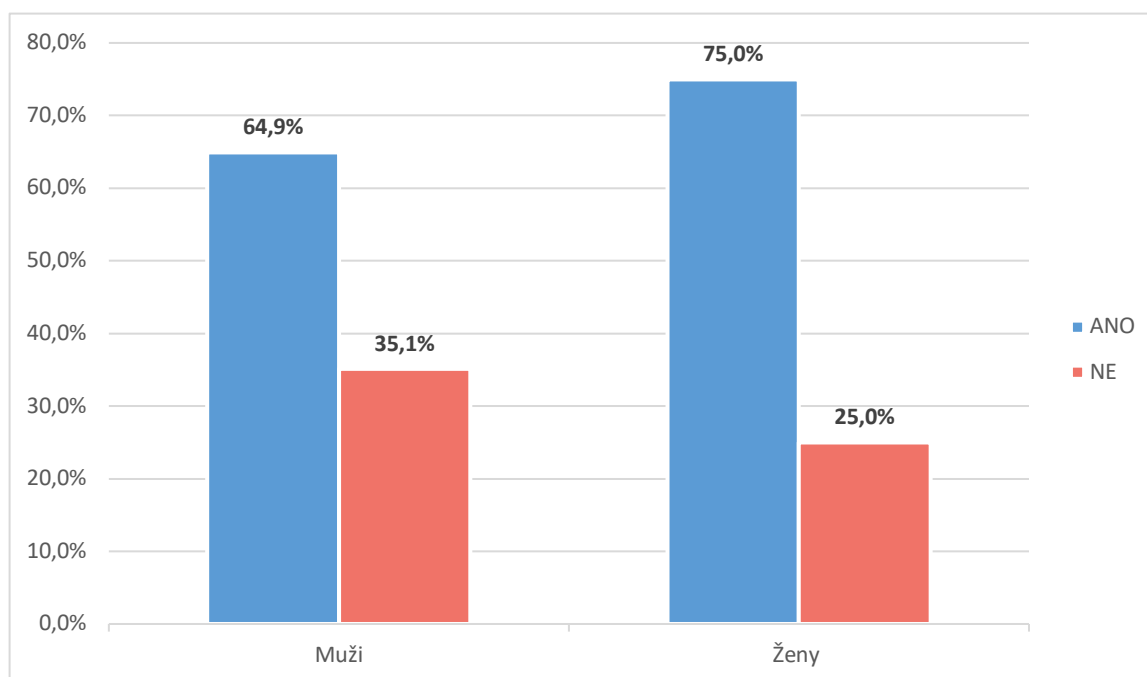
Otázka č. 12: Shledáváte nějaké nevýhody při nošení ochranných pomůcek?

Tabulka 19 Názor respondentů na ochranné pomůcky

Odpověď	Muži	Ženy	Celkem
ANO	37	48	85
NE	20	16	36

Zdroj: vlastní

Graf 14 Názor respondentů na ochranné pomůcky



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme se dotazovali na nevýhody při nošení ochranných pomůcek. Z výsledků je patrné, že 75 % žen shledává nevýhody a 25 % žádné nevýhody nepocítuje. U mužů, také většina, a to 64,9 %, pocítuje nevýhody a 35,1 % mužů žádné nevýhody nepocítuje.

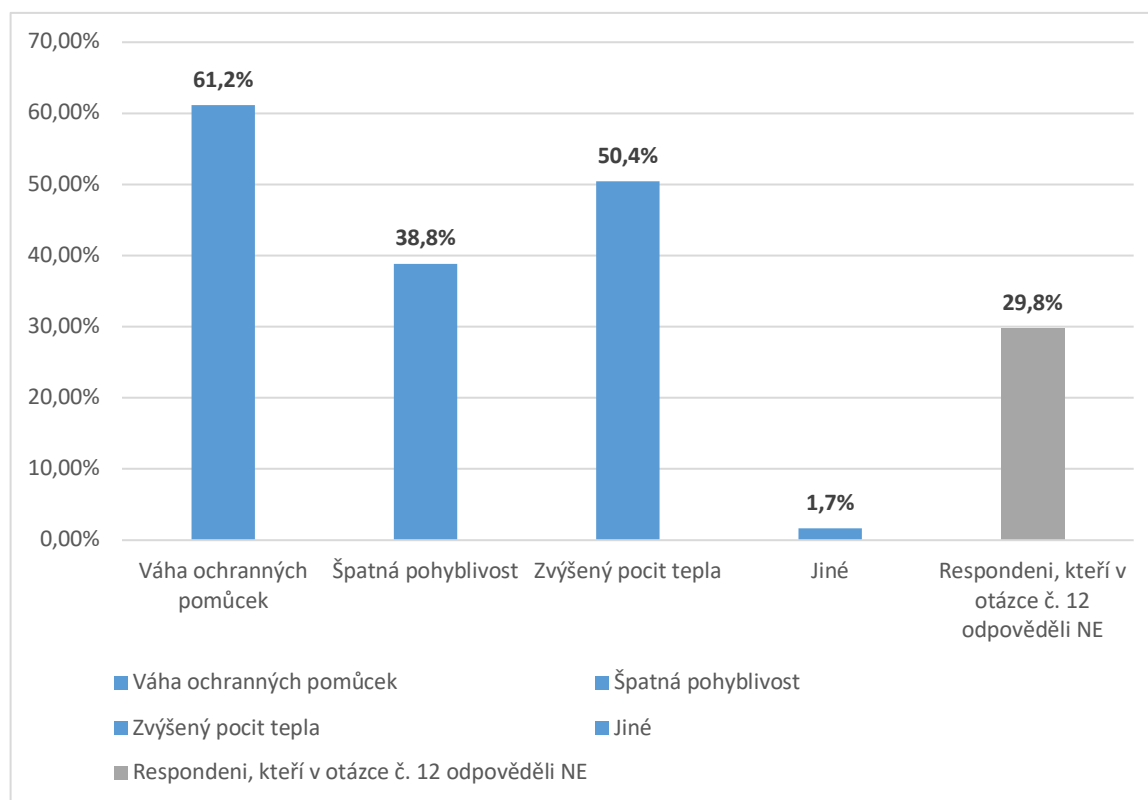
Otázka č. 13: Pokud jste v otázce č. 12 uvedli, že ANO, tak jaké? – mohlo být uvedeno i více odpovědí

Tabulka 20 Nevýhody ochranných pomůcek

Možné nevýhody	Počet respondentů
Váha ochranných pomůcek	61,2 %
Špatná pohyblivost	38,8 %
Zvýšený pocit tepla	50,4 %
Jiné	1,7 %

Zdroj: vlastní

Graf 15 Nevýhody ochranných pomůcek



Zdroj: vlastní

Respondenti, kteří na otázku č. 12 odpověděli ANO, dále uvedli, jaké přesné nevýhody jsou při nošení ochranných pomůcek. Nejčastější odpovědí byla váha ochranných pomůcek (61,2 %), dále zvýšený pocit tepla (50,4 %) a špatná pohyblivost při jejich nošení (38,8 %).

Dva respondenti uvedli i jiné nevýhody: nedostatečné krytí a zhoršené dýchání při nošení ochranného krčního límce štítné žlázy.

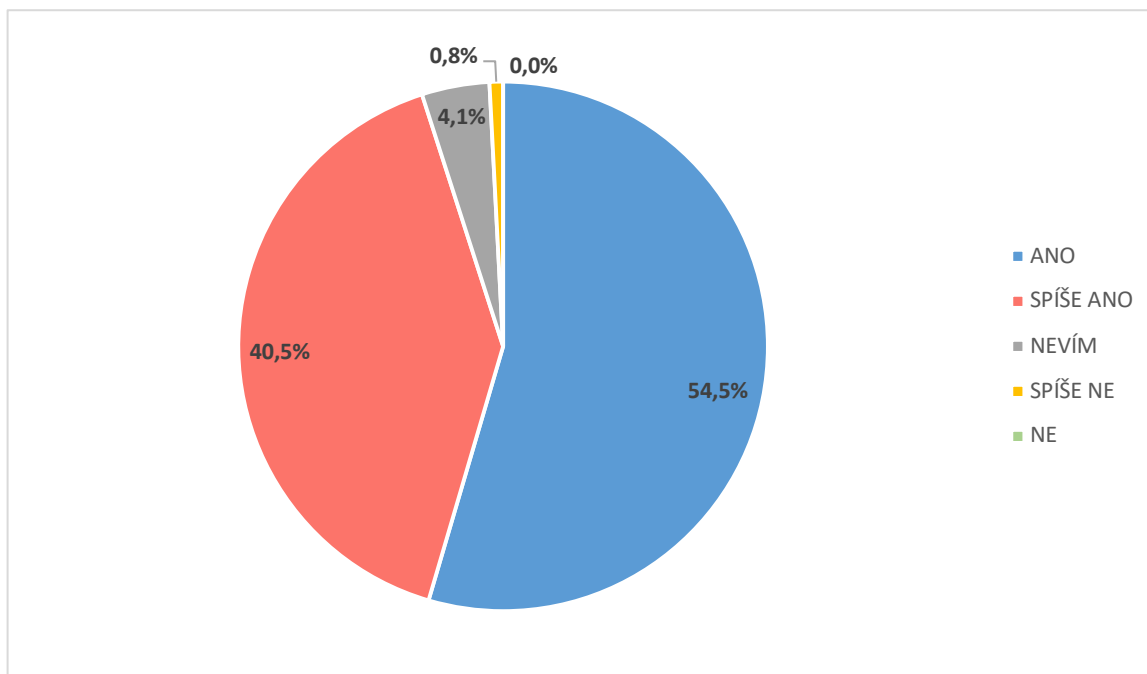
Otázka č. 14: Jste spokojeni s vybaveností ochranných pomůcek na operačním sále?

Tabulka 21 Spokojenost respondentů s vybaveností ochranných pomůcek na vybraných operačních sálech

Odpověď	Počet respondentů
ANO	66
SPÍŠE ANO	49
NEVÍM	5
SPÍŠE NE	1
NE	0

Zdroj: vlastní

Graf 16 Spokojenost respondentů s vybaveností ochranných pomůcek na vybraných operačních sálech



Zdroj: vlastní

V této otázce jsme se dotazovali na spokojenost respondentů s vybaveností operačních sálů ochrannými pomůckami. Většina uvedla, že je spokojena (Ano – 54,5 %, spíše ano 40,5 %). Mezi respondenty bylo i 4,1 %, kteří nedokázali odpovědět na tuto otázku a 0,8 %, kteří nebyli spokojeni.

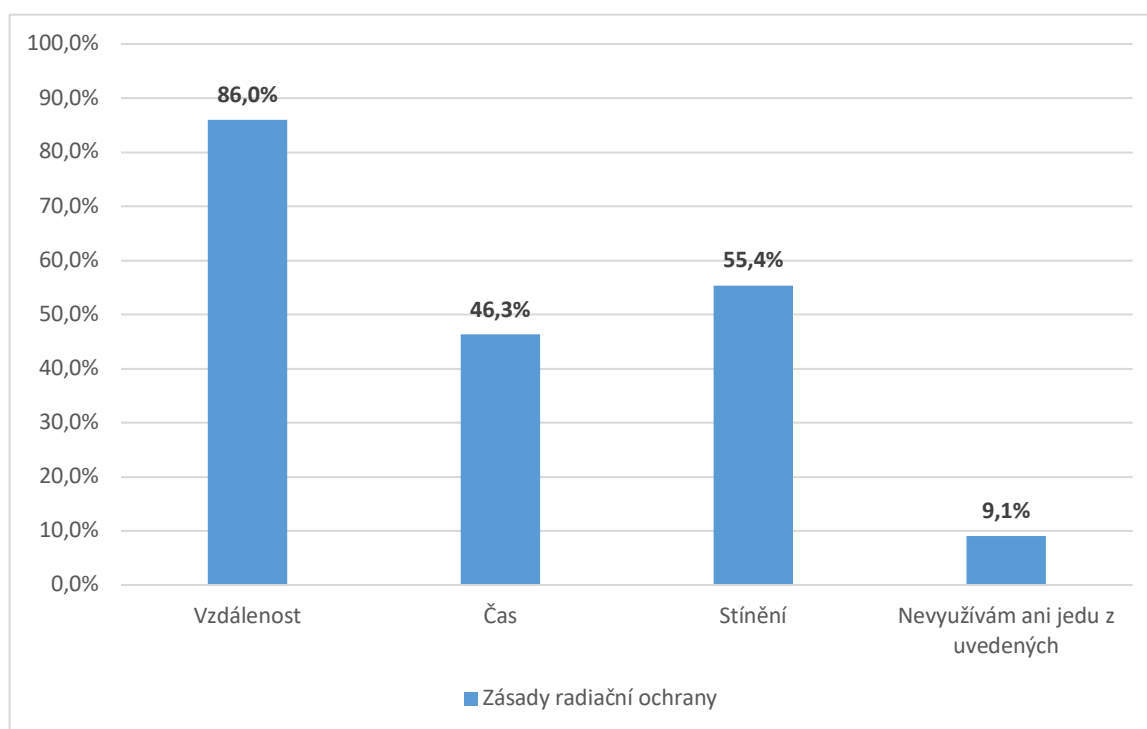
Otázka č. 15: Jaké jiné zásady radiační ochrany před IZ využíváte na operačním sále?

Tabulka 22 Využívání zásad radiační ochrany

Zásady RO	Počet respondentů
Vzdálenost	86 %
Čas	46,3 %
Stínění	55,4 %
Nevyužívám ani jedu z uvedených	9,1 %

Zdroj: vlastní

Graf 17 Využívání zásad radiační ochrany



Zdroj: vlastní

Na otázku, zda využívají respondenti některé ze způsobů radiační ochrany, byla nejčastější odpověď vzdálenost od zdroje IZ (86 %). Druhá nejčastější odpověď bylo stínění před IZ (55,4 %) a poté ochrana časem (46,3 %). U získaných odpovědí se vyskytli i respondenti (9,1 %), kteří nevyužívají ani jeden z uvedených způsobů ochrany.

DISKUZE

V teoretické části jsme se nejdříve věnovali historii radiační ochrany, dále jsme shrnuli nejdůležitější právní předpisy, a to Atomový zákon doplněný o vyhlášky týkající se radiační ochrany a vysvětlili jsme, co je zdroj ionizujícího záření. Poté se naše práce podrobněji zabírala radiační ochranou, jak v obecné míře, tak i ochranou pacientů a samotných pracovníků, kteří jsou vystaveni ionizujícímu záření. Dále jsme probrali monitorování na pracovištích a v poslední řadě jsme shrnuli chod operačních sálů a ochranné pomůcky před IZ, které se zde využívají. Všechny tyto informace nám byly nápomocné k pochopení problému radiační ochrany na operačním sále a posléze i k vypracování praktické části této bakalářské práce.

V praktické části jsme se zajímali o radiační ochranu na operačním sále zaměřenou na pracovníky, kteří zde přijdou nejvíce do kontaktu s ionizačním zářením. K našemu výzkumu jsme využili formu dotazníku. Dotazník směřoval v otázkách k problematice školení radiační ochrany, monitorování pracovišť a informacím týkajícím se ochranných pomůcek na operačním sále. Dotazníky jsme rozdávali ve třech různých nemocnicích. Výzkum byl anonymní jak ze strany respondenta, tak ze strany organizace, abychom výsledným šetřením nikoho nepoškodili. Dohromady jsme rozdali 150 dotazníků a navrátilo se nám 121. Pro každý výzkum je dobré, když je rozdáno a vybráno co nejvíce plnohodnotného materiálu, který lze poté vyhodnotit. Jsme si vědomi, že tento výsledek lze brát jako pouze malý vzorek, ale díky tomu můžeme lépe nahlédnout do problematiky, kterou skrývá.

První část našeho výzkumu byla informativní. Zde jsme zjistili, že se našeho výzkumu zúčastnilo 64 žen a 57 mužů. V další otázce jsme se dotazovali, na jaké pracovní pozici pracují respondenti na operačních sálech. Podařilo se nám obsadit všechny pozice od lékařů po sanitáře, tudíž jsme mohli objektivněji nahlédnout do problému u všech pozic. Podobně těsný výsledek nastal ve třetí otázce, kdy nás zajímalo, jak dlouho pracují na operačních sálech. U otázky č. 4 jsme se dotazovali, kolikrát za měsíc přijdou do kontaktu s rentgenovým zářením. Zde jsme zjistili, že nejčastěji jsou na sále vystaveni ionizujícímu záření perioperační sestry, a to více jak 10x do měsíce. Poté jsou na sále nejčastěji radiologičtí asistenti spolu se sanitáři. Možnost výběru 1-3x do měsíce zaškrtno nejvíce lékařů, jak operaterů, tak i anesteziologů. Tento výsledek lze zhodnotit tak, že lékaři se častěji střídají u operací, kde je využit rentgen, což bereme jako správné opatření v radiační ochraně, jelikož jsou primárnímu svazku nejbližší.

Naším prvním cílem, který jsme si stanovili, bylo zjistit, zda je na vybraných operačních sálech dostatečně zajištěna radiační ochrana. Tohoto tématu se týkají otázky č. 5, 6, 10. V otázce č. 5 jsme se respondentů dotazovali, zda vědí, jak se mají chránit před radiační zátěží na operačních sálech. Všichni respondenti odpověděli, že vědí. S touto otázkou mírně souvisí otázka č. 6, kde jsme se ptali na proškolenost respondentů. Na těchto školeních se zaměstnanci sálů učí, jak nejefektivněji a správně minimalizovat radiační zátěž. Většina našich respondentů, a to 92,6 % byla řádně proškolená. Tento výsledek lze brát jako velmi uspokojivý. Musíme podotknout, že se v našem výzkumu našlo také 4,9 % respondentů, kteří uvedli, že v problematice radiační ochrany nebyli proškoleni vůbec. Zaměstnavatel je povinen proškolit všechny personál, který vykonává práci v prostorách, kde je využito ionizujícího záření, aby co nejvíce snížil jejich případné riziko. Náš předpoklad P1 se nám potvrdil v otázce č. 10, kde jsme se respondentů dotazovali, zda si myslí, že je radiační ochrana v prostorách operačních sálů dostatečně zajištěna. V této otázce většina odpověděla, že radiační ochrana je zajištěna dostatečně. Pouze 2,5 % našich respondentů odpovědělo, že pro ně radiační ochrana není dostatečně zajištěna a 5,8 % dotázaných nedokázalo na tuto otázku zcela odpovědět. Tento předpoklad se dal očekávat. Operační sály musejí splňovat řadu standardů a jedním z nich je také například poskytnutí ochranných pomůcek před IZ. Otázkou je, proč zaškrtl zbytek respondentů opačnou odpověď. Napadají nás důvody, že vybavení ochrannými pomůckami možná nesplňuje správnou tloušťku olova, pomůcky jsou staré či poškozené nebo jich není na sále dostatek. Myslíme si, že je na straně organizace zajistit zaměstnancům, co nejlepší možnou ochranu.

Dále jsme zařadili otázky, které nám pomohly zjistit potřebné informace týkající se dozimetrů. K tomuto účelu nám sloužily otázky 7, 8, 9. U otázky č. 7 jsme se ptali, zda mají při operacích, kde je využit rentgen, osobní dozimetr. Zde většina (74 %) odpověděla, že osobní dozimetr nosí. Zbytek odpověděl, že ho nosí někdy (8 %) a 18 % respondentů uvedlo, že ho nenosí vůbec. U této otázky se nám potvrdil předpoklad P2, že většina respondentů nosí osobní dozimetr. Zaujal nás také velice vysoký výsledek toho, že 18 % dotázaných osobní dozimetr nenosí. Přesně nemůžeme stanovit, proč pracovníci dozimetry nenosí. Můžeme předpokládat, že je nemocnice neposkytla nebo že si jej zapomenou vzít s sebou na sál. V otázce č. 8 jsme se zaměřovali na to, zda pracovníci nosí dozimetr na správném místě. Většina uvedla správnou odpověď, a to, že nosí dozimetr na referenčním místě vně ochranné vesty. Poměrně velká část, a to 20 %, uvedla, že dozimetr nenosí přímo u sebe. Z vlastní zkušenosti víme, že to může být zapříčiněno tím, že si pracovníci vezmou dozimetr na

operační sál, ale nepřipnou si ho na sebe a mají ho položený například na stolku v místnosti. Zde může nastat problém při vyhodnocování, kdy by nasčítaná dávka mohla být zkreslená, tudíž neproběhne správný dozor nad pracovníky, aby nepřekračovali stanovené limity. V otázce č. 9 jsme se dotazovali na kontrolu dozimetřů. Většina respondentů uvedla, že se provádí pravidelná kontrola. Dalších 6 % uvedlo, že nevědí, zda se kontroluje a 4 % uvedlo, že se kontrola neprovádí.

Třetím cílem bylo zjistit, jakou škálu ochranných pomůcek nosí zaměstnanci na vybraných operačních sálech. K tomu nám posloužila otázka č. 11. Pro lepší přehlednost jsme udělali nejčastější kombinace ochranných pomůcek a dále pro zajímavější vyhodnocení zhotovili graf, který jsme vyčlenili také dle pracovního zařazení. Nejčastější kombinací bylo nošení ochranné vesty a límce štítné žlázy. Druhou nejčastější variantou bylo nošení pouze ochranné vesty. Ostatní varianty využívají nejvíce lékaři, kteří samotný výkon provádějí a nosí k vestě a límci také ochranné rukavice a ochranné brýle. V této otázce se nám tedy předpoklad P3 nepotvrdil, protože jsme předpokládali, že nejčastější ochrannou pomůckou, nošenou na námi vybraných operačních sálech je pouze ochranná vesta. Z výsledků ale víme, že je to kombinace ochranné vesty a ochranného límce štítné žlázy. Tento výsledek můžeme brát jako velmi uspokojivý, jelikož se respondenti patřičným způsobem chrání. Otázka č. 12, 13 se také týkala ochranných pomůcek. Tady jsme se ptali na to, zda pocítují při jejich nošení nějaké nevýhody, a pokud uvedli, ano – jaké. Výsledky jsme rozdělili nejdříve dle pohlaví. Z výsledku je patrné, že všichni shledávají při nošení ochranných pomůcek nevýhody. Více nevýhod shledávají ženy oproti mužům. Do daného problému můžeme nahlédnout podobněji v další otázce. Zde zjistíme, že nejvíce nevýhod vidí respondenti ve váze ochranných pomůcek, což může být při dlouhé operaci přítěží, protože mohou nastat bolesti ramen a zad. Druhou nejčastější odpovědí je zvýšený pocit tepla a poté špatná pohyblivost. Byla zde k vyplnění i možnost jiné odpovědi. Tu využili dva respondenti. Odpověděli nám, že problém pocítují také v nedostatečném krytí nebo při nošení krčního límce, kdy popisují zhoršené dýchání. Všechny tyto aspekty jsou rozhodně přítěží pro jakéhokoliv pracovníka vykonávajícího práci na operačním sále.

V otázce č. 14 jsme zjišťovali, zda jsou respondenti spokojeni s vybaveností ochranných pomůcek na OS. Zde jsme byli mile překvapeni, že většina respondentů byla spokojena s výbavou sálů ochrannými pomůckami. Naše poslední otázka byla zaměřena na způsoby radiační ochrany, která je její podstatnou součástí. Myslíme tím například udržování správné vzdálenosti od zdroje IZ, pobývání co nejkratší dobu v blízkosti zdroje a již zmíněnou

ochranu stíněním, tudíž ochranné pomůcky vyrobené z materiálu olova. Zde respondenti využívají nejvíce vzdálenost, poté stínění a nejméně čas. Našli se i respondenti, kteří nevyužívají ani jednu z možností.

ZÁVĚR

Problematika ohledně radiační ochrany se týká veškerých prostor, kde je využito ionizujícího záření. Tato bakalářská práce se konkrétně zabývá radiační ochranou při vyšetření na operačním sále.

Práce je rozdělena do dvou částí. V první části se zabýváme teoretickými poznatky, které se týkají především základů radiační ochrany. Dále se zde věnujeme zdrojům ionizujícího záření, vymezujeme radiační ochranu pacientů či zaměstnanců, také charakterizujeme možné varianty ochranných pomůcek. Nakonec popisujeme samotné prostory operačního traktu.

Díky naší praktické části jsme se utvrdili v mnoha faktech, které se týkají běžné praxe při výkonech na operačních sálech z hlediska radiační ochrany. Praktickou část jsme vytvořili na základě kvantitativního výzkumu, při kterém jsme zvolili formu anonymního dotazníku, který jsme rozdali zaměstnancům vybraných nemocnic. Zde jsme si zadali tři cíle a k tomu tři předpoklady. První z našich cílů, tedy zda je zajištěna radiační ochrana na vybraných operačních sálech, se nám potvrdil. Většina uvedla, že radiační ochrana je na sálech dostatečně zajištěna, což jsme i předpokládali. Druhým cílem naší práce bylo zjistit, zda pracovníci vybraných operačních sálů nosí při operacích, při nichž je využito ionizujícího záření, osobní dozimetry. Zde se nám druhý předpoklad také potvrdil. Většina respondentů, kterých jsme se dotazovali, nosí osobní dozimetr při operacích u sebe. Posledním cílem bylo zjistit, jakou škálu ochranných pomůcek zaměstnanci na vybraných operačních sálech nosí. Poslední předpoklad se nám ale nepotvrdil. Předpokládali jsme, že zaměstnanci preferují nejvíce z ochranných pomůcek vestu. Pozitivně jsme byli překvapeni, když respondenti uvedli, že kromě nošení ochranné vesty využívají také ochranný límeček štítné žlázy.

Věříme, že tato práce zaměřená na ochranu proti ionizujícímu záření na operačních sálech poslouží jako studijní opora v oboru radiologický asistent nebo také zdravotníkům, kteří vykonávají svoji práci v prostorách operačních sálů a jsou vystaveni ionizujícímu záření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **HEŘMAN, Miroslav.** Základy radiologie. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.
2. **HUŠÁK, Václav.** Radiační ochrana pro radiologické asistenty. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0.
3. **MALÍKOVÁ, Hana.** Základy radiologie a zobrazovacích metod. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.
4. **MARTIN, Colin J.** a David G. SUTTON. Practical radiation protection in healthcare. Second edition. Oxford: Oxford University Press, 2015. ISBN 9780199655212.
5. **SEIDL, Zdeněk.** Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
6. **SCHNEIDEROVÁ, Michaela.** Perioperační péče. Praha: Grada, 2014. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-4414-8.
7. **SÚKUPOVÁ, Lucie.** Radiační ochrana při rentgenových výkonech-to nejdůležitější pro praxi. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.
8. **STABIN, Michael G.** Radiation protection and dosimetry: an introduction to health physics. New York: Springer, 2008. ISBN 978-0-387-49982-6.
9. **ŠINKOROVÁ, Zuzana** a Leoš NAVRÁTIL. Biomedicínská detekce ionizujícího záření: organizace zdravotnické péče po zevní kontaminaci radionuklidy. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05626-4.
10. **VOMÁČKA, Jaroslav.** Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

Internetové zdroje:

11. **ASTRONUKLIFYZIKA**. 5.4. Radiační monitorování a osobní dozimetrie. Astro-nuklfyzika [online]. [cit. 15. 11. 2019]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>.
12. **LUCIE SÚKUPOVÁ**. Jaké existují „dávky“ v radiodiagnostice?. Lucie Súpupová [online] ©2013 [cit. 10. 11. 2019]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/jake-existuji-davky-v-radiodiagnostice/>.
13. **MEDICAL – RTG OCHRANNÉ POMŮCKY**. Medical [online]. ©2017 [cit. 5. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.medial.cz/pro-profesionaly/pc-620-rtg-ochrannepomucky>.
14. **RADIOBIOLOGIE**. 1.5.4. Veličiny dozimetrie ionizujícího záření. Radiobiologie [online]. [cit. 10. 11. 2019]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/15/154.html>.
15. **RADIOBIOLOGIE**. 1.6.4 Termoluminiscenční dozimetrie. Radiobiologie [online]. [cit. 5. 12. 2019]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/16/164.html>.
16. **RADIOBIOLOGIE**. 7.7.3 Ochrana pacientů. Radiobiologie | Obsah [online]. [cit. 5. 2. 2019] Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/7-kapitola/77/773.html>.
17. **STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, V.V.I. – RADIAČNÍ OCHRANA**. Historie [online]. [cit. 1. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/historie>.
18. **SÚJB**. Program zajištění radiační ochrany. SÚJB. [online]. [cit. 20. 2. 2020]. <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/DR-RO-4-2-Rev-0-0.pdf>.
19. **SÚJB**. Radiační ochrana, úvod. SÚJB. [online]. [cit. 1. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/uvod/>.
20. **SÚJB**. Stručný přehled biologických účinků záření – Oznámení a informace – Radiační ochrana. SÚJB. [online]. [cit. 1. 10. 2019]. <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>.

21. **SÚJB.** Úvod. SÚJB. [online]. [cit. 1. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/o-sujb/uvod/>.
22. **SÚJB.** Vznik a vývoj. SÚJB. [online]. [cit. 1. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/vznik-a-vyvoj-sujb/>.
23. **SÚJB.** Dávkové optimalizační meze pro profesionální ozáření. SÚJB. [online]. [cit. 11. 1. 2020]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/dokumenty_NAZ/Davkove_optimalizacni_meze_souhrn1.pdf.
24. **ZÁKON ATOMOVÝ ZÁKON.** 263/2016 Sb. Zákony pro lidi – sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. [cit. 1. 12. 2019] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263>.
25. **ZÁKON O SPECIFICKÝCH ZDRAVOTNÍCH SLUŽBÁCH.** 373/2011 Sb. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [cit. 1.12.2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-373>.
26. **359/2016 Sb.** Vyhláška o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [cit. 01. 12. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-359>.
27. **360/2016 Sb.** Vyhláška o monitorování radiační situace. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [cit. 01. 12. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-360>.
28. **408/2016 Sb.** Vyhláška o požadavcích na systém řízení. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [cit. 1. 12. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-408>.
29. **409/2016 Sb.** Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní.... Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [cit. 01. 12. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-409>.

30. **422/2016 Sb.** Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.
Zákon pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [1. 12. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Národní diagnostické referenční úrovně u skiagrafických vyšetření

Příloha 2 Národní diagnostické referenční úrovně u skiagraficko-skiaskopických vyšetření

Příloha 3 Národní diagnostické referenční úrovně v intervenční radiologii

Příloha 4 Umístění pojízdného rentgenu v předsáli

Příloha 5 Závěs na ochranné vesty

Příloha 6 Ochranná vesta a ochranný límec štítné žlázy na perioperační sestře

Příloha 7 Sterilně zabalené ochranné rukavice

Příloha 8 Ochranné brýle

Příloha 9 Dozimetr na referenčním místě

Příloha 10 Dotazník

PŘÍLOHY

Příloha 1 Národní diagnostické referenční úrovně u skiagrafických vyšetření

Typ vyšetření	P_{KA} (mGy x cm ²)	K_e (mGy)
Lebka, přehledné snímky PA	700	2,8
Lebka, přehledné snímky LAD	550	2,2
Hrudní PA	220	0,3
Hrudník LAT	550	1,1
Krční páteř AP	290	1,7
Krční páteř LAT	280	1,3
Hrudní páteř AP	1100	4,4
Hrudní páteř LAT	1200	5,7
Bederní páteř AP	1700	6,2
Bederní páteř LAT	3100	12
Břicho AP	2900	5,2
Pánev AP	2000	4,5

Národní diagnostické referenční úrovně pro skiagrafická vyšetření dospělých (standartní pacienti s průměrnou hmotností 70 kg ± 5 kg s hmotnosti jednotlivých pacientů v rozmezí 50-90 kg)

Zdroj: Vyhláška č. 422/2016 Sb.; příloha 22

Příloha 2 Národní diagnostické referenční úrovně u skiagraficko-skiaskopických vyšetření

Typ vyšetření	P_{KA} na celé vyšetření (Gy x cm ²)
Jícen	15
Žaludek a duodenum	16
Tlusté střevo	32
Pasáž trávicí trubici	12
Vylučovací urografie	13

Národní diagnostické referenční úrovně pro skiagraficko-skiaskopická vyšetření dospělých (standartní pacienti s průměrnou hmotností 70 kg ± 5 kg s hmotnosti jednotlivých pacientů v rozmezí 50-90 kg)

Zdroj: Vyhláška č. 422/2016 Sb.; příloha 22

Příloha 3 Národní diagnostické referenční úrovně v intervenční radiologii

Typ vyšetření	P _{KA} na celé vyšetření (Gy x cm ²)
Koronarografie	49
PCI/PTCA	91

Národní diagnostické referenční úrovně pro vyšetření dospělých v intervenční radiologii (standartní pacienti s průměrnou hmotností 80 kg ± 5 kg s hmotnosti jednotlivých pacientů v rozmezí 60-100 kg)

Vysvětlivky:

P_{KA}: součin kermy a plochy

AP: předozadní

K_e: vstupní povrchová kerma

PCI: perkutánní koronární intervence

PA: zado-přední projekce

PTCA: perkutánní transluminální koronární angioplastika

LAT: boční projekce

Zdroj: Vyhláška č. 422/2016 Sb.; příloha 22

Příloha 4 Umístění pojezdného rentgenu v předsáli



Zdroj: vlastní

Příloha 5 Závěs na ochranné vesty



Zdroj: vlastní

Příloha 6 Ochranná vesta a ochranný límec štítné žlázy na perioperační sestře



Zdroj: vlastní

Příloha 7 Sterilně zabalené ochranné rukavice



Zdroj: vlastní

Příloha 8 Ochranné brýle



Zdroj: vlastní

Příloha 9 Dozimetr na referenčním místě



Zdroj: vlastní

Příloha 10 Dotazník

Dobrý den, jmenuji se Barbora Tesková a jsem studentkou Západočeské univerzity, Fakulty zdravotnických studií, oboru Radiologický asistent.

Tento dotazník slouží pro získání informací k mé bakalářské práci na téma Radiační ochrana při vyšetření na operačních sálech.

Tímto Vás prosím o vyplnění dotazníku, který má 15 otázek a je anonymní. Zaškrtněte prosím pouze jednu odpověď, nebude-li uvedeno jinak.

1) Jaké je Vaše pohlaví?

- Muž
- Žena

2) Jaké je Vaše pracovní zařazení?

(Na operačním sále)

- Lékař – operatér
- Lékař – anesteziolog
- Perioperační sestra
- Anesteziologická sestra
- Radiologický asistent
- Sanitář

3) Jak dlouho pracujete na operačním sále?

- 1-5 let
- 5-10 let
- 10-15 let
- 15-20 let
- 20 a více let

4) Kolikrát za měsíc přijdete do kontaktu s rentgenovým zářením na operačním sále?

- 1-3 krát
- 4-7 krát
- 8-10 krát
- Více než 10 krát

5) Víte, jak se máte chránit před radiační zátěží na operačních sálech?

- ANO
- SPÍŠE ANO
- NEVÍM
- SPÍŠE NE
- NE

6) Jste řádně proškoleni o radiační zátěži a případné ochraně na operačním sále?

- ANO
- SPÍŠE ANO
- NEVÍM
- SPÍŠE NE
- NE

7) Máte vždy při operaci, kdy se musí využít rentgen, osobní dozimetr?

- ANO
- NE
- NĚKDY

8) Kde osobní dozimetr nosíte?

- Na referenčním místě vně ochranné vesty
- Na referenčním místě pod ochrannou vestou
- Nemám ho přímo u sebe, ale nachází se v místnosti sálu

- Nenosím ho u sebe při operacích, kde se využívá ionizující záření

9) Probíhá u Vás na pracovišti kontrola dozimetrů?

- ANO
 NE
 NEVÍM

10) Myslíte si, že radiační ochrana na operačních sálech je dostatečná?

- ANO
 SPÍŠE ANO
 NEVÍM
 SPÍŠE NE
 NE

11) Jaké ochranné pomůcky nosíte? - můžete uvést i více odpovědí

- Ochranná vesta (zástěra)
 Ochranný límec štítné žlázy
 Ochranné rukavice
 Ochranné brýle

12) Shledáváte nějaké nevýhody při nošení ochranných pomůcek?

- ANO
 NE

13) Pokud jste v otázce č. 12 uvedli, že ANO, tak jaké? - můžete uvést i více odpovědí

- Váha ochranných pomůcek
 Špatná pohyblivost
 Zvýšený pocit tepla
 Jiné: _____

14) Jste spokojeni s vybaveností ochranných pomůcek na operačním sále?

- ANO
 SPÍŠE ANO
 NEVÍM
 SPÍŠE NE
 NE

15) Jaké jiné zásady radiační ochrany před IZ využíváte na operačním sále? - můžete uvést i více odpovědí

- Vzdálenost
 Čas
 Stínění
 Nevyužívám ani jednu z uvedených