



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

bakalářská práce

Radiační ochrana na radiodiagnostickém oddělení

Vypracoval: Jan Kostka
Vedoucí práce: Miloš Plhoň Mgr.

České Budějovice 2015

ABSTRAKT

Ve své práci jsem se zabýval úkolem radiační ochrany při lékařském ozáření na radiodiagnostických pracovištích. Vzhledem k tomu, že se jedná o pracoviště s významným zdrojem ionizujícího záření, považoval jsem za nezbytné shrnout problematiku do dvou částí, se zpracováním obecných pohledů a konkrétních poznatků z jednotlivých pracovišť a se zaměřením na vývoj z pohledu radiační ochrany a současného stavu.

V obecně-teoretické části byly shrnuty legislativní požadavky související s daným tématem, poznatky o biologických účincích ionizujícího záření, hlavní cíle (optimalizace pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků ionizujícího záření a vyloučení účinků deterministických) a základní principy radiační ochrany: zdůvodnění, optimalizace limitování, a princip bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření. Dále jsem se zmínil o obecně technických a organizačních opatřeních na rtg pracovištích, jejichž úkolem je omezovat ozáření fyzických osob: zajišťování úrovně radiační ochrany, monitorování, dokumentace, záznamy a havarijní připravenost. Studie byla také zaměřena na radiační ochranu pacientů: národní radiologické standardy, diagnostické referenční úrovně, rizikové skupiny pacientů, technické parametry. Z hlediska odbornosti a kvalifikace zdravotnických radiačních pracovníků byl v mé práci uveden z. č. 123/2000 sb. U zdravotnického personálu byl pozorován pohyb radiologických asistentů v radiačním prostředí, řídicí se dle stanovených vyhlášek, zejména vyhláška č. 55/2011 sb., a zákonem č. 18/1997 sb. Sledoval jsem minimalizaci doby expozice, maximálně přípustné dávky záření, osobní monitorování a ochranné pomůcky.

Vlastní výzkum jsem rozložil do tří částí.

První část se týkala sledování zajištění RO na vytypovaných pracovištích (zubní, mamografické, konvenční, skiaskopické, CT a intervenční radiologie), nejprve zpracováním charakteristiky pracovišť z hlediska RO, s použitím teoretických poznatků z první části práce. Poté vlastním vizuálním pozorováním, dotazy k personálu a nahlédnutím do dokumentace pracovišť.

Další studii jsem prováděl na centrálním pracovišti Radiodiagnostického oddělení s.r.o. PK II. v Hradci Králové se zaměřením na porovnání počtu opakovaných expozic při klasickém zpracování rtg filmů a po zavedení počítačové stanice modalit NX, (zpracování rok před a po zavedení digitalizace) s cílem zda a jakým přínosem je digitalizace obrazu. Získané informace o počtu opakovaných expozic byly zpracovány graficky a tabelárně. Z údajů jsem vyvodil závěry, že nová zobrazovací metoda nepřímé digitalizace je z hlediska RO (snížením počtu opakovaných expozic) přínosem.

Dále jsem vypracoval dotazníky pro radiodiagnostické asistenty ve znění 20 otázek. Deset se zaměřením na oblast radiační ochrany pacientů a deset na oblast radiační ochrany personálu. Otázky jsem vypracoval pro všechny typy radiodiagnostických pracovišť. Bylo osloveno 40 respondentů z klinických rtg pracovišť FNHK a 7 respondentů z ambulantních soukromých pracovišť. Získané informace jsem zpracoval graficky. Počet kladných a záporných odpovědí bylo zaznamenáno ve výsledcích testu.

V příloze byl nafocen jednotlivý postup zkoušek dlouhodobé stability na rtg pracovišti PK II. U zkoušek jsem byl osobně přítomen. Prováděla se zde pravidelná jednorocní údržba rtg zařízení přístroje Chirana Modřany pracovníkem odborné firmy IMEDA HK.

Legislativní požadavky k tématu radiační ochrany se v mé práci především vztahují k atomovému zákonu (vyhláška č. 307/2002 sb.), přímo o radiační ochraně ve znění vyhlášky č.499/2005 sb. a souvisejícími právními předpisy.

ABSTRACT

In my thesis I focused on the task to protect medical staff during medical radiation at the radio diagnostic centres. Since in such workplaces the ionize radiation is quite significant I found necessary to summarize the topic into two parts. Both parts compose of the general view and specific findings from workplaces and are focused on the development and the current situation of the protection from radiation.

The generally-theoretical part summarizes legislative rights concerning the topic, findings about biological effects of radiation, main goals (optimization of probability of stochastic impacts of the ionize radiation and excluding of deterministic effects) and basic principles of the protection from radiation: reasons, optimization of limits and principle of the ionize radiation equipment resources. The technical and organizational measurements at the medical radiation workplaces, which are oriented on reduction of the radiation affects on persons: ensuring the radiation protection, monitoring, documentation, data and emergency schemes were also mentioned in my thesis.

Further I focused on the protection from radiation of patients: national radiation standards, diagnostics reference standards, high-risk groups of patients and technical parameters. In terms of specialization and qualification of the medical staff, I have included the act no. 123/200 Coll. referring to the safety equipment and changes in some relating laws as amended regulations.

Regarding the medical staff the movement of the assistants of radiology in the radiological environment was monitored with reference to the stated laws and regulations, particularly the regulation no 55/2011 Coll. and law no 18/1997 Coll. I focused on the minimum time of exposure for the medical staff, maximal allowed doses of radiation, monitoring of persons and safety equipment.

I have divided the actual research into three parts.

The first part includes monitoring of RO at representative workplaces (dental, mammography, conventional, CT scanner), firstly by elaborating a characteristic of the workplaces from the RO point of view with usage of the theoretical findings from the first part. Then followed my visual observation, questions to the staff and taking a look to the

documentation of the workplace.

The next survey was carried on at the Radiodiagnostical ward of the II. Clinic in Hradec Kralove. The survey was focused on comparison of number of repetitive exposures during the classical method of developing films and during the new method using the computer station NX, (made one year before and one year after the actual introduction of the digitalization) with the aim to find out if and how can be the digitalization a benefit. The gained information regarding the number of repeated exposures were incorporated into graphs and charts. From the facts I have concluded that the new method of the digitalization screening is from the RO point of view a benefit.

Furthermore I drew up a questionnaire for medical staff working at the radio diagnostic centres in total of 20 questions. 10 questions are focusing on the area of the staff protection and 10 on protection of the patients. I have prepared the questions for all the relevant working places. About 40 respondents from the Radiodiagnostical ward of the II. Clinic in Hradec Kralove and 7 respondents from private work places. Each question is made into a graph. Number of positive and negative answers is recorded in the questionnaire evaluation.

The text part (see the questionnaire evaluation) and the graph (the attachment no.2) include evaluation of all 20 graphs and answers of all 22 respondents from each ward of the II. Clinic in Hradec Kralove, Radiodiagnostical ward of the II. Clinic, mammography ward, hospital in Mestec Kralove and the private sanatorium Sanus.

The attachment no.3 shows photos of a process of the long-term stability test at the Radiodiagnostical ward of the II. Clinic. I personally took part of the test, which included regular annual maintainance of a Radiodiagnostical equipment Chirana Modrany provided by an operative of the IMEDA HK company.

Legal requirements relating to the topic of protection from radiation mentioned in my thesis are part of the atomic law (regulation no.307/2002 Coll.), specially protection from radiation as amended by regulation no499/2005 and related legislation.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Jan Kostka

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Miloši Plhoňovi za připomínky, cenné rady a metodické vedení práce, MUDr. Darje Tůmové a celému kolektivu Rdg centra s.r.o. na PK II a panu Mgr. Jaroslavu Stormovi za cennou konzultaci.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	10
ÚVOD.....	11
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1.1 Legislativa v radiační ochraně v radiodiagnostice:	13
1.2 Zdravotní účinky záření.....	14
1.3 Cíle a základní principy radiační ochrany	15
1.3.1 Princip zdůvodnění	16
1.3.2 Princip optimalizace.....	16
1.3.3 Princip limitování.....	17
1.3.4 Princip bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření	18
1.4 Obecně technické a organizační podmínky na rtg pracovištích	18
1.4.1 Zajišťování úrovně radiační ochrany	19
1.4.2 Monitorování.....	20
1.4.3 Dokumentace a záznamy vedené na rtg pracovištích	20
1.4.4 Havarijní připravenost na rtg pracovištích.....	21
1.5 Technické prostředky zabezpečení ochrany na rtg pracovištích	22
1.5.1 Ochrana vzdáleností.....	22
1.5.2 Ochrana časem	22
1.5.3 Ochrana stíněním	22
1.6 Radiační ochrana pacientů.....	23
1.6.1 Národní radiologické standardy.....	25
1.6.2 Diagnostické referenční úrovně	26
1.6.3 Rizikové skupiny pacientů.....	26
1.6.4 Technické parametry.....	27
1.7 Radiační ochrana zdravotnického personálu	29
1.7.1 Ochrana minimalizace doby expozice	29
1.7.2 Veličiny a jednotky, které jsou důležité v oblasti lékařských aplikací IZ ...	30

1.7.3	Osobní monitorování pracovníků	33
1.7.4	Ochrana personálu na pracovišti a ochranné pomůcky.....	34
2	VÝZKUMNÁ OTÁZKA	35
3	METODIKA VÝZKUMU	36
4	VÝSLEDKY.....	37
4.1	Úvod do výsledků.....	37
4.2	Radiační ochrana při jednotlivých typech rentgenových vyšetření na pracovištích.....	37
4.2.1	Zubní rentgenové pracoviště.....	37
4.2.2	Mamografické pracoviště.....	38
4.2.3	Radiační ochrana na konvenčním rtg pracovišti	40
4.2.4	Radiační ochrana při skiaskopických vyšetřeních, intervenčních metodách a na operačních sálech	42
4.2.5	Radiační ochrana na CT	44
4.3	Studie na Radiodiagnostickém oddělení s.r.o.	45
4.3.1	Zpracování tabulky opakovaných expozic.....	46
4.4	Dotazník.....	48
5	DISKUZE	52
6	ZÁVĚR.....	56
7	SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	57
	SEZNAM TABULEK	60
	SEZNAM GRAFŮ	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	60
8	PŘÍLOHY.....	61

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Rdg.....	Radiodiagnostika
Rtg.....	Rentgen (ový)
RO.....	Radiační ochrana
ICRP.....	Mezinárodní komise pro radiační ochranu
SÚJB.....	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO.....	Státní úřad pro radiační ochranu
ZDS.....	Zkoušky dlouhodobé stability
ZPS.....	Zkoušky provozní stálosti
UZIS.....	Uvedení pracoviště do provozu
IZ.....	Ionizující záření
NRS.....	Národní radiologické standardy
MRS.....	Místní radiologické standardy
IVU.....	Intravenózní vylučovací urografie
OK.....	Ohnisková vzdálenost
OOPP.....	Osobní ochranné pracovní prostředky
DOM.....	Dávkové optimalizační meze
CRPO.....	Centrální registr profesního ozáření
TL.....	Termoluminiscenční dozimetr
IAEE.....	Mezinárodní atomová agentura
ALARA.....	Tak nízké jak je rozumně dosažitelné
UNSCEAR.....	Vědecký výbor Spojených národů o účincích atomového záření

ÚVOD

Výzkum působení ionizujícího záření na lidský organismus prochází vývojem již od počátků objevů záření x a radioaktivity německým fyzikem Wilhemem Conradem Roentgenem (r. 1895). Jako umělý zdroj se ionizující záření vytváří ve speciální lampě rentgence. Princip je založen na schopnosti přeměny atomových jader (atom je nejmenší jednotkou chemického prvku) a jiné atomy vysláním radioaktivního záření. V lékařství se používá od roku 1896.

Kromě využívaných kladných účinků ionizujícího záření docházelo k poškození zdraví jak u rentgenologů, tak u pacientů. Uvádím citát Ing. Drábové Ph.D., předsedkyně SÚJB, „Bohužel velmi rychle došlo k prvním poškozením, jak u rentgenologů, tak u pacientů. Do roku 1937 položilo na oltář poznání a služby pacientům život přes dvě stovky rentgenologů, připomínají je jména vytesaná na památníku v Nemocnici svatého Jiří v Hamburku.“ (21). Bylo tedy nezbytné vytvořit takový systém opatření technických i organizačních, aby dostatečně chránil před riziky a škodlivými účinky ionizujícího záření a zároveň přinesl žádané diagnostické informace.

Rychlým vývojem jaderné energie byla v roce 1928 na druhém Mezinárodním radiologickém kongresu ustanovena nezávislá instituce. Mezinárodní komise radiologické ochrany ICRP. Vydává doporučení a odborné podklady členským zemím tak, aby se přizpůsobily v praxi tomu, co je pro potřeby příslušných zemí nejlepší. Tyto produkty tvoří základ pro právní předpisy a zákonné normy v ochraně před ionizujícím zářením i v České republice. Protože se rozšířily poznatky o biologických účincích záření, od kterých jsou uvozeny principy a kritéria ochrany, byl ustanoven v roce 1955 Vědecký výbor OSN o účincích atomového záření UNSCEAR.

V Evropě bylo založeno společenství pro atomovou energii EURATOM rok 1958 (Belgie, Francie, Itálie, Lucembursko, Německo a Nizozemí) s cílem vytvořit podmínky pro rozvoj jaderného průmyslu a mechanismů proti zneužití. Co se týče radiodiagnostiky, musí zajistit ochranu pacientů a pracovníků se zdroji před nežádoucími účinky ionizujícího záření, tzn. stanovit bezpečnostní standardy pro radiační ochranu a zavést mechanismy pro kontrolu jejich dodržování.

Česká republika přistoupila k evropskému společenství 1. 5. 2004 (den vstupu České republiky do členství Evropské unie). Gestorem na oblasti radiační ochrany je v České republice SÚJB, spadá do jeho působnosti. Dále se současná koncepce RO opírá o standardy vydané Mezinárodní atomovou agenturou (IAEE) ve Vídni a legislativou Evropské Unie (Directive No. 96/29/Euratom).

Radiodiagnostická oddělení jsou součástí oboru radiologie. Celostátní dozor nad tímto medicínským oborem vykonává SÚJB Státní ústav pro jadernou bezpečnost založený v roce 1993. Jeho působnost je dána tzv. Atomovým zákonem (o mírovém využití jaderné energie a ionizujícího záření, z. č. 18/1997 Sb.). Stanoví normy radiační hygieny. (15)

SÚJB je ústředním orgánem státní správy, přímo podřízeným vládě České republiky. Kromě jiných oblastí (jaderné, chemické a biologické ochrany), stanoví základní podmínky bezpečnosti provozu radiodiagnostických oddělení, bezpečné ochrany osob při činnostech vedoucích k ozáření a havarijní připravenost pro případ nehody. Jeho kontrolní činnost zajišťují inspektoři.

Kromě právně závazných předpisů vydává SÚJB publikace (metodické pokyny, doporučení, bezpečnostní návody), vše je novelizováno v čase ve složce dokumenty na internetu (stránky SÚJB). (15)

Pro účely výzkumu ochrany před ionizujícím zářením a podpory státního dozoru byl zřízen v roce 2010 Státní ústav radiační ochrany SÚRO. Zřizovatelem je SÚJB. Kromě výzkumu (monitorovací síť, bezpečnost jaderných zařízení, radiační havárie) zkoumá pro oblast medicíny lékařské expozice, což se bezprostředně týká radiodiagnostických pracovišť. Pro účely dozorové činnosti provádí na vyžádání zřizovatele preventivní měření dávek. Důležitou činností je informování veřejnosti o problematice radiační ochrany. (29)

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Legislativa v radiační ochraně v radiodiagnostice:

Oblast radiační ochrany při rdg vyšetřeních pokrývá legislativa Atomového zákona, zákon č. 18/1997 Sb. Ve znění pozdějších právních předpisů, prováděcích právních předpisů a také zákon č. 22/1997 Sb. O technických požadavcích na výrobky. SÚJB vydává prováděcí předpisy formou vyhlášek, nařízení, sladěných se směrnicemi EU. (15)

Důležité vyhlášky pro dané téma:

Vyhláška SÚJB 307/2002 Sb. Ve znění čísla 499/2005 Sb., nejdůležitější pro rdg oddělení z hlediska RO při lékařském ozáření, určuje podmínky pro osoby pohybující se v radiačním prostředí. (16)

Vyhláška SÚJB 142/1997 Sb. O typovém schválení zdrojů IZ.

Vyhláška SÚJB 146/1997 Sb. Ve znění vyhlášky č. 315/2002 Sb. O zvláštní odborné způsobilosti.

Vyhláška SÚJB 214/97 Sb. O zabezpečování jakosti při činnostech souvisejících s využíváním jaderné energie a činnostech vedoucích k ozáření.

Vyhláška SÚJB č. 184/1997 Sb. O požadavcích na zajištění RO (limity lékařského ozáření, kontrolované pásmo, ZPS, ZDS, monitorování, evidence osobních dávek u držitele povolení atd.).

Vyhláška SÚJB 318/2002 Sb. Ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb. O požadavcích na oblast vnitřního havarijního plánu a provozního řádu.

Vyhláška 55/2011 Sb. O činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků.

Vyhláška 389/2012 Sb., kterou se mění vyhláška SÚJB 307/2002 Sb. o RO (jde o diagnostické referenční úrovně § 62), část věcí se přesunulo na vyhlášku 410/2012 Sb., ta navazuje na zákon 373/2011 Sb. O stanovení pravidel a postupů při lékařském ozáření.

Věstník MZ ČR 9/2011 Národní radiologické standardy (oblast radiologické fyziky a radiodiagnostiky).

ICRP 103 doporučení nezávislé komise pro RO.

1.2 Zdravotní účinky záření

Principy a kritéria ochrany před nežádoucími účinky ionizujícího záření při radiologických vyšetřeních jsou odvozeny od poznatků jejich biologických účinků.

Studie o účincích záření na člověka zpracovává, zhodnocuje a zobecňuje „Vědecký výbor Spojených národů o účincích atomového záření“ UNSCEAR.

Radiačním rizikem jsou označovány škodlivé zdravotní účinky vzniklé jen působením ionizujícího záření (lokálně na kůži, vznik zhoubného nádoru nebo genetické účinky). Kvanta ionizujícího záření mají natolik vysokou energii, že jsou schopny vyřádit elektrony z atomů a tím způsobovat ionizaci a excitaci v látkovém prostředí (živá i neživá hmota), přičemž dochází k absorpci energie. Na buněčné úrovni jsou účinky dvojího druhu, buď smrt buňky při vyšších dávkách, nebo změna v genetické informaci buňky (poškození jádra s chromozomy, nositeli dědičných genů) již při velmi nízkých dávkách. Vyvolané změny se nazývají mutace.

Rozlišují se mutace genetické (poškození buněk zárodečných žláz), jejichž důsledky se projeví v další generaci a somatické (poškození jiných buněk než zárodečných), projeví se u ozářeného jedince.

Biologické účinky se rozdělují do dvou skupin z hlediska vztahu dávky ionizujícího záření a účinku na deterministické a stochastické. (24),(12)

K deterministickým účinkům dochází v důsledku smrti ozářených buněk v určité tkáni, nebo orgánu, zpravidla lokálně. Mohou být tedy jenom somatické (ozářená osoba). Např. Zákal oční čočky (pozdní změny), v intervenční radiologii při překročení dávky 2 Gy mohou vzniknout lokální změny na kůži (epilace, popálení), snížení plodnosti u pohlavních žláz, akutní nemoc z ozáření (časté změny s útlumem krvetvorby v buňkách kostní dřeně), jiné se projeví v cévách nebo v pojivových tkáních v celém těle.

Závažnost účinku roste s dávkou, až do určitého prahu jsou prahové (pod touto dávkou se neprojeví). Proto je třeba, aby jako prevence byl limit dávkového ekvivalentu

aplikován na všechny části těla. Jen tak se zajistí, že se v žádné tkáni deterministické účinky nevyskytnou. (6)

Stochastické (pravděpodobné) účinky ionizujícího záření mají náhodný charakter, předpokládá se bezprahový vztah mezi dávkou záření a účinkem. S velikostí dávky se nemění závažnost účinku u jednotlivce, zvyšuje se ale pravděpodobnost toho, že se u něj účinek projeví. Dále se předpokládá, že s narůstající dávkou lineárně vzrůstá pravděpodobnost výskytu těchto změn.

Jde o účinky s rizikem kancerogeneze, mohou se projevit již při velmi nízkých dávkách blízkých k nule.

K odhadu stochastických biologických účinků se zavádějí nominální koeficienty rizika. Tvoří základy pro předpověď výskytu různých forem rakoviny u ozářených osob.

Také klinický obraz není charakteristický a projeví se za měsíce, roky po ozáření. Proto jsou tyto účinky hlavním problémem ochrany před ionizujícím zářením. Vyznačují se náhodností, nemusí se objevit zhoubný nádor u ozářeného pacienta, ale až u potomstva, tzn., že tyto účinky jsou jak somatické, tak dědičné.

Podle klinického projevu mohou být účinky ionizujícího záření časné, nebo pozdní. Za časné projevy (řádově hodiny až dny) se označuje akutní nemoc z ozáření a akutní lokální změny. Pozdní mohou být, nebo jsou nenádorové poškození, poškození plodu v těle matky, zhoubné nádory a genetické změny.

V době expozice závisí radiační riziko na věku a pohlaví. Radiosenzitivita je nejvyšší u dětí, klesá s rostoucím věkem, u žen je radiační riziko desetkrát vyšší než u mužů. (18),(9)

1.3 Cíle a základní principy radiační ochrany

Hlavním cílem radiační ochrany při činnostech vedoucích k ozáření v medicínské praxi je uplatnit čtyři základní principy. Jedná se o obecné podmínky výkonu činnosti (praktické uplatnění bude rozvedeno na konkrétních pracovištích, personálu a pacientech).

Radiační ochrana hodnotí radiační rizika s cílem vyloučit deterministické účinky a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků ionizujícího záření na přijatelnou úroveň (optimalizovat).

Jsou uváděny čtyři základní principy: zdůvodnění, optimalizace, limitace a bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření. (25)

1.3.1 Princip zdůvodnění

Je nepřijatelné, aby byla zaváděna a provozována činnost, která vede k ozáření osob a neplyne z ní dostatečný prospěch, tzn., že základní zásadou při všech lékařských aplikacích je zdůvodnit vyšetření očekávaným přínosem. (17),(12)

1.3.2 Princip optimalizace

Zákon č. 18/97 sb. stanoví: Každý, kdo provádí činnost vedoucí k ozáření, je povinen dodržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumově dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek. V angličtině je tento optimalizační princip označován slovem ALARA (ozáření má být tak nízké, jak je rozumově dosažitelné).

Pro lékařské ozáření neplatí limity, proto jsou v příloze číslo 9 vyhlášky 307/2002 sb. Pro radiodiagnostické výkony uvedeny referenční diagnostické úrovně a pravidla pro ozáření fyzických osob.

Diagnostické referenční úrovně jsou vodítkem, zda jsou aplikované DIZ při lékařském ozáření optimalizované. Jedná se o směrné hodnoty při ozáření, které nesmí být překračovány. (Roční efektivní dávka u radiačních pracovníků nesmí překročit hodnotu 50 mSv a u žádné jiné osoby 1 mSv). (16)

Optimalizován musí být také celý zobrazovací proces. Obecně má technika práce a použité vybavení (technické a ekonomické možnosti) dovolit snížení dávek při rentgenových vyšetřeních na minimum tak, aby byly získány nezbytné informace ke stanovení diagnózy.

Správně zvolené metody a postupy kvalitní práce radiologických pracovníků přispívají k optimalizaci radiační ochrany. (12)

1.3.3 Princip limitování

Princip limitování je dán zákonem č.18/97 sb. Každý kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření je povinen omezovat ozáření osob tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací nepřesáhlo v součtu stanovené limity.

Základní limity jsou stanoveny pro obyvatelstvo (obecné limity, dospělá populace, děti, těhotné ženy), pro radiační pracovníky, pro učně a studenty. Jsou vyjádřeny efektivní dávkou za příslušné časové období (1 rok, 5 let). (15),(1)

Tab. č. 1: Obecné limity

Obecné limity (obyvatelstvo):	hodnota limitu [mSv]
Efektivní dávka za kalendářní rok	1
Efektivní dávka v oční čočce za kalendářní rok	15
Ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže za kalendářní rok	20

Tab. č. 2: Limity pro radiační pracovníky

Limity pro radiační pracovníky:	hodnota limitu [mSv]
Efektivní dávka za dobu 5 po sobě jdoucích kalendářních měsíců	100/5let
Efektivní dávka za kalendářní rok	50
Ekvivalentní dávka v oční čočce za kalendářní rok	150
Ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže za kalendářní rok	500
Ekvivalentní dávka na končetiny za kalendářní rok	500

Tab. č. 3: Pro učně a studenty

Limity pro učně a studenty:	hodnota limitu [mSv]
Efektivní dávka za kalendářní rok	6
Ekvivalentní dávka v oční čočce za kalendářní rok	50
Ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže za kalendářní rok	150
Ekvivalentní dávka na končetiny za kalendářní rok	150

V radiodiagnostice se limity nevztahují na lékařské ozáření (nelze omezovat např. z důvodů neprovedení dalších nutných rtg vyšetření). Dále jsou stanoveny odvozené limity pro radiační pracovníky, slouží k prokazování, že nepřekračováním těchto limitů se nepřekračují základní limity. (15),(19)

Také jsou uvedeny limity ve zvláštních případech: Ozáření plodu u těhotných žen (1 mSv/rok), výjimečné ozáření radiačních pracovníků kategorie A z mimořádných prací (500 mSv/5 let), výjimečné ozáření jednotlivce z obyvatelstva z mimořádných prací jako člena kritické skupiny (5 mSv/5let), ozáření osob kategorie A podílejících se na zásazích v případě radiační nehody (500 mSv/5 let) a ozáření osob mimo rámec povolání nebo pracovního poměru (5 mSv/rok). (16)

1.3.4 Princip bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření

Jde o požadavky zabránění odcizení a přístupu nepovolaných osob a trvalé sledování zdrojů a hlášení ztrát. Provozovatel zdroje musí mít platné povolení, vše vést a inventarizovat v řádné evidenci. Na typově technickou bezpečnost dohlíží SÚJB, který kontroluje zkoušky dlouhodobé a krátkodobé stability a stabilitu technického stavu zdroje ionizujícího záření.

Základním cílem radiační ochrany je dosáhnout a udržovat přijatelně bezpečné podmínky pro činnost zahrnující expozici člověka. (16),(17)

1.4 Obecně technické a organizační podmínky na rtg pracovištích

Obor radiodiagnostika využívá zobrazovací metody a podle fyzikálního principu dělí pracoviště na rentgenové (zubní rentgen, rentgen, skiaskopie, mamografie, angiografie, CT. Dále ultrazvukové (sonografické) a vyšetřovny pro magnetickou rezonanci (NMR, MR.). Pro radiační ochranu jsou významná pouze rentgenová pracoviště.

Aby byl zajištěn bezpečný provoz, je třeba dodržovat podmínky lékařského ozáření, stanovené atomovým zákonem, § 60 vyhlášky č. 307/2002 sb. o radiační ochraně ve znění § 499/2005 sb. Nesmí docházet ke zvýšení ozáření osob. (15)

Provoz pracovišť (tzn. používání zdroje ionizujícího záření) je povolován SÚJB jen za těchto podmínek:

Používají se zdroje pouze s patřičným povolením. (15),(16) Pracoviště se kategorizují podle ohrožení na zdraví a vymezují se kontrolovaná a sledovaná pásma, radiační pracovníci se zařazují do kategorií. Dodržování interní dokumentace. Záznam a měření jednotlivých veličin a parametrů z hlediska radiační ochrany, ochrany osob a jaderné bezpečnosti. (16)

Pracoviště s radiodiagnostickým rentgenovým zařízením (bude předmětem sledování) je zařazeno do II. kategorie a radiační pracovníci do kategorie A i B. (16)

U kategorie A by pracovníci mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně, nebo ekvivalentní dávku vyšší než 0,3 limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny. Pro pracovníky v kontrolovaném pásmu je povinné nošení dozimetrů a pravidelné roční preventivní prohlídky. (Studenti pouze pod dohledem pracovníků A).

Do kategorie B patří všechny osoby, které nejsou zahrnuty v A.

Povinností je vymezit a označit kontrolované pásmo (zde by záření mohlo překročit 6 mSv efektivní dávky a 3/10 limitů ekvivalentní dávky H_1 pro radiační pracovníky z pětiletého limitu). (16)

Sledovaná pásma se aplikují všude, kde není vymezeno kontrolované pásmo, jde o nepřekročení obecných limitů. Zajišťuje se zde pouze monitorování pracoviště.

Vchody do pásem musí být značeny varovnými znaky (znaky radiačního nebezpečí nebo písemné upozornění). (16)

1.4.1 Zajišťování úrovně radiační ochrany

Úroveň radiační ochrany je v praxi zajišťována systémem jakosti (SJ). Jde o průběh řízení důležitých procesů a vedení administrativy záznamů. Povinnost zavést systém jakosti u provozovatele radiační činnosti je dána atomovým zákonem, program zajištění je povinnou přílohou žádosti o povolení.

Celý proces funguje zejména na zajištění provozní bezpečnosti zdroje ionizujícího záření (zkoušky, servis), bezpečnosti zdravotníků, personalistice (vzdělávání, ověřování znalostí, zdravotní prohlídky) monitorování procesu a dokumentaci.

V radiodiagnostice je procesem provádění rentgenového vyšetření. Vstupem do procesu je pacient, výstupem je snímek, nebo vyšetření a jeho vyhodnocení. Dále osoby vykonávající činnost, technický proces (zkoušky, servis, monitorování pracovišť), metody činnosti (pracovní postupy, metodiky, standardy).

Jsou stanoveny odpovědnosti a pravomoci osob.

Pro správné provedení stanovených činností musí být zdokumentován systém jakosti, jde o objektivní důkaz o prováděných činnostech. (15),(16)

1.4.2 Monitorování

Hlavním kritériem kvalitního průběhu procesu je z hlediska radiační ochrany dozimetrické monitorování pracoviště (jde o cílené měření dozimetrických veličin a veličin charakterizujících radiační pole) a osobní monitorování (jde o hodnocení ozáření pracovníků a dalších osob).

Výsledky monitorování jsou hodnoceny podle tzv. referenční úrovně. Je posouzena úroveň zajištění radiační ochrany. Překročení kritérií je podnětem pro zahájení opatření pro jejich odstranění.

Na monitorovaných pracovištích mohou pracovat pouze osoby oprávněné k práci se zářením. Vstup ostatních osob je zakázán. Dveře do radiodiagnostických vyšetřoven musí být značeny varovným světlem a výstražným nápisem.

Technický stav rentgenových přístrojů bezprostředně ovlivňuje radiační zátěž pacienta a výrazně ovlivňuje kvalitu vyšetření. Povinností provozovatele zdroje ionizujícího záření je vytvoření programu zabezpečení jakosti v rentgenové diagnostice (zkoušky provozní stálosti ZPS a dlouhodobé stability ZDS). Dále musí zdroje ionizujícího záření splňovat elektrotechnické normy. (16),(14)

(Praktické provádění ZPS bude zpracováno obrázkově v příloze).

1.4.3 Dokumentace a záznamy vedené na rtg pracovištích

Mezi důležité dokumentace a záznamy patří: UZIS (uvedení pracoviště do provozu), povolení pro rekonstrukci pracoviště s UZIS, vyřazování z provozu pracoviště s UZIS,

nakládání se zdroji ionizujícího záření (vyhláška č. 499/2005 sb.), provádění další odborné přípravy vybraných pracovníků, provádění osobní dozimetrie.

Dále SÚJB schvaluje dokumenty o vymezení kontrolovaného pásma, vnitřní havarijný plán, program monitorování a program zajištění jakosti. Na pracovištích musí být záznamy o zdrojích ionizujícího záření, pracovnících (archivace osobních dat, u pracovníků kategorie A do 75 let, lékařské prohlídky, záznamy o poučení pracovníků a ověření znalostí pracovníků zkouškou).

Provozní deníky rentgenového zařízení s obsahem: rodné číslo, jméno pacienta, typ vyšetření, expoziční údaje (umožňují provést odhad dávky pacienta), u skiaskopie jméno lékaře a skiaskopický čas a pohyb cizích osob.

Záznam a protokol o mimořádné události. (15),(16)

1.4.4 Havarijní připravenost na rtg pracovištích

Zákon ukládá, aby na všech rentgenových pracovištích byla zajištěna pro případ radiační nehody havarijní připravenost. Vypracováním vnitřních havarijních plánů vyvěšených na viditelných místech. Jen tak je možné plnit stanovená opatření. (Vyhláška č. 318/2002 sb.).

Šlo by o událost, kde se nepřipustně uvolňuje ionizující záření nebo dojde k nepřipustnému ozáření osob (překročení limitů).

Tato mimořádná událost má tři stupně:

1. MU 1. stupně: omezený lokální charakter, obsluha zvládá, hlásí se na SÚJB do 24 hodin.

2. MU 2. stupně: vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců a dalších osob (hlášení do 4 hodin).

3. MU 3. stupně: havárie (únik radiace do prostředí jaderného a uranového průmyslu), ochrana obyvatel, havárii bezodkladně nahlásíme.

Havarijní řád je havarijný plán pro přepravu zdrojů ionizujícího záření i jiných jaderných materiálů. (15),(19)

1.5 Technické prostředky zabezpečení ochrany na rtg pracovištích

V radiační ochraně se uplatňují tři základní principy, které mají za úkol zmenšovat velikost záření ze zevního zdroje. Patří mezi ně ochrana časem, vzdáleností a stíněním.

1.5.1 Ochrana vzdáleností

Dávkový příkon klesá se čtvercem vzdálenosti. U pacienta jde o dodržení ohniskové vzdálenosti, aby nedošlo ke geometrickému zvětšení snímku, a byla dodržena dávka v místě receptoru (film, fluorescenční deska). Na pracovišti by se měl personál zdržovat co nejdále od zdroje ionizujícího záření.

1.5.2 Ochrana časem

Ochrana časem se uplatňuje zejména při skiaskopii a vede k výraznému snížení dávek. U pacientů jde o zbytečné opakování snímků, řádně indikované vyšetření, správnou expozici i kvalitní vyvolání rentgenového snímku. U přítomného personálu to znamená: pravidelné střídání se na pracovištích s vysokými dávkami ionizujícího záření, dále minimální vstupy do přítomného svazku a zapínání a vypínání přístrojů na co nejkratší dobu.

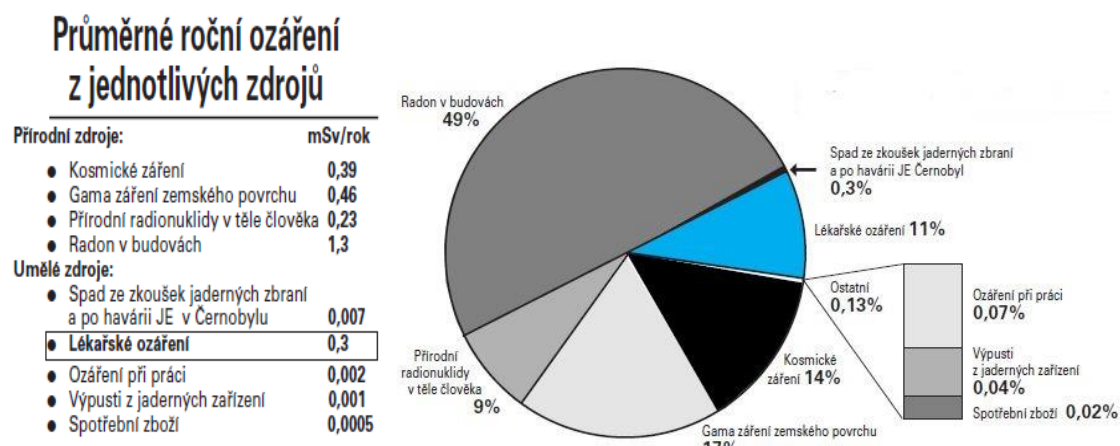
1.5.3 Ochrana stíněním

Ochrana stíněním je dána jednak stavebně technickým opatřením (BaSO_4 se přidává do stínících omítek), dále u rentgenového zařízení přídavné štíty, mobilní zástěny a stoličky. Používají se osobní ochranné pomůcky (zástěry, límce, rukavice, brýle) s ekvivalentem: 0,25, 0,35 a 0,5 mm Pb. U pacientů např. ochrana gonád a jiných nevyšetřovaných částí těla. Veškeré neužitečné záření pohlcuje filtrace ve výstupním okénku rentgenky. V praxi se obvykle kombinují všechny tři způsoby ochrany. (18),(23)

1.6 Radiační ochrana pacientů

Lékařské ozáření představuje 93 % veškerého ozáření populace z umělých zdrojů, na radiodiagnostiku připadá 90 %.

Obr. č. 1: Průměrné roční ozáření z jednotlivých zdrojů



Hodnoty ozáření jsou převzaty zprávy UNSCEAR (1993). (14)

Lékařská expozice se v radiodiagnostice týká použití rtg záření pro účely vyšetření přímo spojených s nemocí, stanovením diagnózy. Dále vyšetření pro účely hromadného screeningu (periodická vyšetření zdravotního stavu), nebo vyšetření prováděná pro lékařsko-právní účely (určení způsobilosti k práci).

Základní legislativní požadavky z hlediska radiační ochrany při lékařském ozáření v radiodiagnostice jsou:

Vyšetřovat pacienty pouze ve zdravotnických zařízeních s povolením k používání zdrojů IZ, vykonavatel musí být držitelem povolení. Zdroje IZ musí splňovat požadavky zákona č. 123/2000 sb. o zdravotnických prostředcích a o změně některých souvisejících zákonů ve znění pozdějších předpisů. Zdravotnický personál musí splňovat odbornost a kvalifikaci dle platných zákonů. (15),(31)

S radiologickým výkonem je spojen jak přínos pro pacienta (stanovení diagnózy), tak i eventuálně zdravotní újma. Proto se u lékařského vyšetření (ozáření pacientů) žádný

dávkový limit nezavádí, omezoval by zdravotní přínos pro konkrétního pacienta. Je třeba však proto dodržovat optimalizační meze (diagnostické referenční úrovně).

Významnou činností k ozáření pacienta je správná indikace ke konkrétnímu lékařskému ozáření. Odpovědnost za jednotlivá vyšetření (dle legislativy) má indikující a aplikující odborník u rtg vyšetření je aplikujícím odborníkem radiolog popřípadě kardiolog, stomatolog. U běžné skiagrafické praxe je aplikujícím odborníkem radiologický asistent.

Indikující lékař odůvodňuje ozáření, uvede příznaky, je povinen označit na rtg žádance zda je pacientka gravidní či ne, v případě gravidity poznamenat, že i tak je nutné rtg vyšetření provést (vitální indikace). Dále i radiolog odpovídá za rozhodnutí o tom, zda rtg vyšetření je zdůvodněno (zda požadované vyšetření ovlivní diagnózu). (17)

V rámci správné klasické praxe je třeba, aby se radiologický asistent pacientky zeptal, zda je gravidní, eventuálně má podezření. Na základě svého posouzení buď provede (použije všechny dostupné prostředky ochrany, nebo neprovede rtg vyšetření). Ve všech případech nejasností je třeba dobré spolupráce mezi radiologem, indikujícím lékařem a radiologickým asistentem.

Při rtg vyšetřeních pacientů je velmi důležitý princip optimalizace. Jde o to, aby ke správnému stanovení diagnózy byly dávky ve tkáních co nejnižší, což je cílem optimalizace. (17)

Uplatňuje se zde celý diagnostický systém, tzn. kvalitní rtg technika, vyvolávací proces, filmy, chemikálie, kvalitní rtg kabely a zesilovací fólie, čtecí zařízení a vyhodnocování rtg snímků a bezporuchový systém digitalizace. Dále také kvalitní práce radiologických pracovníků.

Aby celý systém fungoval, je zaveden tzv. program zajištění kvality rtg vyšetření. Jsou zavedeny zkoušky dlouhodobé stability (ZDS), zkoušky provozní stálosti (ZPS), ověřování znalostí personálu přezkušováním, je kladen důraz na rozbor opakovaných snímků. Zejména radiologický asistent má klíčovou úlohu, pokud jde o množství aplikovaného záření a optimálního využití zobrazovacího zařízení, musí volit takové postupy vyšetření, aby výsledná dávka záření byla u pacienta co nejmenší (princip

ALARA). Účast radiologických asistentů na vzdělávacích programech také přispívá při ochraně pacientů před nežádoucími účinky IZ.

Technické podmínky jsou nastaveny také tak, aby dávka pacientovi byla co nejmenší. Předmětem kontrol je stav a parametry IZ (dáno zákonem). Špatná funkce zdroje vede k nežádoucímu opakování snímků. Vše musí být zdokumentováno. (18),(26)

V souvislosti s lékařským ozářením byly vypracovány Směrnice rady 97/43/ EURATOM, EURATOMNOVELA 2013 (o ochraně zdraví osob, před riziky vyplývajícími z IZ). Doporučují příslušná kritéria pro lékařské ozáření, včetně radiačních dávek.

1.6.1 Národní radiologické standardy

MZ podává věstníkem MZ (1/2007, 9/2011) návrh na obsah Národních radiologických standardů (NRS), kde jsou rozpracovány postupy pro stanovení a hodnocení dávek pacientů při lékařském ozáření. Na základě těchto doporučení jsou vypracovány místní radiologické standardy (MRS). (16),(32)

Držitel povolení je povinen vypracovat písemný standardní postup lékařského ozáření na všech rtg pracovištích. Je třeba stanovit dávky pacientů podle vyhláška SÚJB č. 307/2002 sb. o radiační ochraně §63 odst. 1 a §105 požaduje splnění požadavku § 63 odst. 1 z roku 2005. Standardy se vztahují jak na rtg výkony, tak rtg přístroje, tak konkrétní skupinu pacientů. (16)

Standardy vypracovává radiologický fyzik na základě údajů z prováděného měření u zkoušek dlouhodobé stability.

Radiační zátěž u pacientů v jednotlivých orgánech a tkáních je dána absorpcí dávek D_T , v jednotlivých orgánech a tkáních (jednotkou v radiodiagnostice je mGy). Dále efektivní dávkou E (jednotkou je Sv), běžně se užívá i mSv.

Důležitý je také tkáňový faktor W_T , vyjadřuje radiosenzitivitu jednotlivých orgánů a tkání z hlediska stochastických účinků IZ.

Citlivost orgánů je různá. Radiosenzitivní jsou především krvetvorné tkáně, pohlavní orgány, lymfatický systém, sliznice, kůže, ženský prs, oko (mezi radiosenzitivní se řadí periferní nervstvo, kosti, vazivo). (17)

1.6.2 Diagnostické referenční úrovně

V současné době jsou za optimalizační kritéria dávek při lékařském ozáření pacientů považovány tzv. diagnostické referenční úrovně (dříve směrné hodnoty). Jsou definovány jako úrovně dávek (ozáření), jejichž překročení se při vyšetření dospělého pacienta o hmotnosti 70 kg při použití standardních postupů a správné praxe neočekává. (16),(25)

1.6.3 Rizikové skupiny pacientů

Nejrizikovější skupinou pacientů, jsou těhotné ženy a děti. (16)

Plod v těle matky vykazuje v první třetině těhotenství největší radiosenzitivitu, do druhého týdne buď zárodek přežije bez poškození, nebo zanikne. V 3. a 8. týdnu je nebezpečí malformací, v 8. a 15. týdnu mentálních retardací, v dalším období je plod relativně odolný, ale mohou nastat stochastické účinky u narozených dětí.

U těhotných žen, se rtg vyšetření smí provádět pouze v neodkladných případech (rozhoduje lékař), nebo z porodnické indikace.

Pokud před rtg vyšetřením (zejména v oblasti pánve) žena po dotazu vylučuje těhotenství, lze vyšetření provést, jinak při podezření odložit a poslat zpět k indikujícímu lékaři. Pokud dojde k nechtěné expozici plodu (žena neví), rizika hodnotí radiologický fyzik.

U dětí se musí zvážit, zda byly využity všechny méně invazivní metody (UZ), aby radiační zátěž byla co nejmenší. Zejména u častých kontrastních vyšetřeních ledvin a močových cest. V radiodiagnostice je to mikční cystourografie (MCU za skiaskopické kontroly, intravenózní urografie (IVU), CT ledvin a angiografické výkony. Také je důležité volit správné množství kontrastní látky, aby nemusel být výkon opakován.

U CT vyšetření se intravenózní aplikace dávákuje kontrastní látkou podle hmotnosti (1 ml na 1 kg). 30-60 % Verografinu. U novorozenců, kojenců a dětí do 5 let je nutná celková anestezie při výkonech, nad 5 let se děti tlumí sedativy.

Pro správnou praxi vyšetření plic u novorozenců vydal SÚRO „Návrh metodického listu“, dostupný v časopise Praktická radiologie č. 1/2008.

Také u časté traumatologie skeletu u dětí a mladistvých je velmi důležitá redukce a minimalizace zátěže jen na nejnútnejší míru, ale ne na úkor konkrétního nahrazení oblasti.

Zklidnění dítěte a možná fixace by měly být samozřejmostí. (4),(22)

Závěrem této kapitoly by bylo třeba se zmínit o tom, že sám pacient by se měl o svou ochranu zajímat. U odborných lékařů by měl upozornit eventuálně na již provedené vyšetření a použít tyto výsledky. Také by měl chránit své radiosenzitivní orgány pokud nejsou předmětem vyšetření požadavkem ochranného krytí. K tomu je velice důležitá a nutná osvěta pacientů. Informace má podávat odborný zdravotnický personál z pracovišť, kde se vyšetření provádí. Povinnosti radiologických pracovníků jsou dány vyhláška 55/2011 (např. pacientovi poskytovat informace v souladu se svou odbornou způsobilostí). Pacienta také chrání zákon č. 412/2005 sb. o ochraně utajovaných informací a o bezpečnostní způsobilosti ve znění pozdějších předpisů.

1.6.4 Technické parametry

Ovlivňují kvalitu snímku a velikost dávky pacientovi. Pro radiační ochranu jsou velice důležité nastavené parametry přístroje, kazety, fólie, rtg filmy, vyvolávací proces a digitalizace obrazu. (1),(18)

Parametry přístroje jsou:

Ohnisko rentgenky - s velikostí ohniska rentgenky se zhoršuje geometrická rozlišovací schopnost, ale větší ohnisko snese vyšší zátěž, tedy kratší expoziční čas, tím se snižuje pohybové rozostření způsobené pacientem.

Napětí na rentgence - s vyšším napětím se snižuje dopadová dávka na kůži. Optimální napětí u snímků skeletu se má pohybovat od 45-70 KV, u kontrastu vyššího přes 100 KV, u mamografie 24-35 KV.

Filtrace rtg svazku - musí odpovídat napětí (do 100 KV min. 2,5 mm Al), nad 100 KV + 0,1 mm Cu, nad 120 KV min. + 0,2 mm Cu (mamografie a stomatologie má specifické požadavky). Je samonastavitelná u moderních rtg zařízeních.

Čas expozice - čím větší, tím větší pohybová neostrost. Je třeba optimalizovat podle typu vyšetření, protože u krátkého času stoupá zatížení rentgenky a musí se zvolit velké ohnisko (zvětšená geometrická neostrost).

U expozičních automatů je nutné nastavit správnou funkci pro zajištění minimální dávky k získání diagnostické informace. Expoziční parametry se dobře přizpůsobují velikosti pole, proto při klasických rtg vyšetřeních klesá efektivní dávka a i radiační zátěž se snižujícím se věkem. (33)

Vzdálenost OK - je součástí standardů, čím je větší, tím je nižší dávka na kůži pacienta.

Clonění primárního svazku IZ - je třeba k omezení ozáření okolních tkání a orgánů. Střední dávka v těle pacienta roste s velikostí ozářeného pole. Clona musí být vidět na receptoru obrazu.

Sekundární clona - mezi pacientem a receptorem obrazu pohlcuje rozptýlené záření a tím vylepšuje rtg obraz.

U skiaskopických stěn je nejdůležitějším parametrem citlivost a rozlišovací schopnost zesilovače rtg obrazu. Protože z hlediska dávek záření je důležitá hlavně dostatečná kvalita obrazu.

Moderní skiaskopická zařízení kromě prosté skiaskopie umožňují pulzní skia. Lze navolit délku impulsů a počet impulsů (úspora D pacientovi). Dále zde musí fungovat automatické nastavení napětí a proudu podle tloušťky vyšetřované části těla, dále automatické vymezování rtg svazku záření.

Úložná deska pacienta musí splňovat technické normy, aby co nejméně zeslabovala rtg záření za pacientem.

Parametry rtg kazet fólií a filmů nesmí překračovat expirační dobu.

Je nutná správná kombinace film-fólie. Film je senzibilizován buď na luminiscenční zesilovací fólii modře, nebo zeleně emitující. U fólií lze volit optimální zesilovací faktor 400, 800. Důležité je kontrolovat kontakt film-fólie v kazetách a světlotěsnost kazet, také pozor na nečistoty.

Vyvolávací proces je optimalizován vyvolávajícími automaty (je možno měnit teplotu lázní i čas vyvolání). Je třeba denně kontrolovat stálost vyvolávajícího procesu.

Digitalizace obrazu nahrazuje filmy fluorescenční deskou, receptor obrazu umožňuje obraz digitalizovat a potom libovolně v počítači upravovat. U zesilovače na skiaskopickém zařízení CCD čipem (umožňuje použít nižší dávky). Závěrem této podkapitoly cituji z dokumentu EUROPEAN COMMISSION EUR 16260 EN, Brussels-Luxemburg „Za žádných okolností by neměl být snímek, který vyhovuje všem klinickým požadavkům, ale nespĺňuje kritéria kvality zobrazení, nikdy opakován.“ (14)

1.7 Radiační ochrana zdravotnického personálu

Zdravotnický personál na rtg pracovištích se pohybuje v radiačním prostředí.

Ministerstvem zdravotnictví ČR jsou stanoveny podmínky poskytování a uznávání způsobilosti k výkonům povolání.

Jsou dány vyhláškou „O činnostech zdravotních pracovníků a jiných odborných pracovníků“ (vyhláška č. 55/2011 sb.). Pokud zdravotnický pracovník vykonává činnost zvláště důležitou z hlediska radiační ochrany, musí splňovat zvláštní požadavky splněné zvláštním právním předpisem (15),(31)

Vzhledem k radiační zátěži při rtg vyšetřeních je hlavním úkolem radiační ochrany zhodnotit a usměrňovat ozáření radiačních pracovníků.

Způsob radiační ochrany a personálu spočívá jednak ochranou minimalizace, dobou expozice, udržování co možná největší vzdálenosti od zdroje IZ a používáním účinného stínění (OOPP).

1.7.1 Ochrana minimalizace doby expozice

Radiační pracovníci se v radiodiagnostice řídí systémem limitování dávek. To znamená, že dávky jsou udržovány na tak nízké úrovni, že náklady na další jejich snižování by nebyly vyváženy přínosem, který z tohoto snížení pro zdraví pracovníků plyne.

Legislativou dané limity velikosti ozáření nesmí být překračovány, na jejich dodržování je zaměřena pozornost. (16),(17)

Pro radiační pracovníky jsou stanoveny specifické limity. Aby byla zachována rovnost v limitování ozáření pracovníků, jsou zavedeny dávkové optimalizační meze (DOM „dose constraints“), vztahují se k danému zdroji IZ, jsou nižší než příslušné limity a mají zabránit, aby určitá skupina pracovníku nebyla ozařována neúměrně víc než ostatní pracovníci. (16)

1.7.2 Veličiny a jednotky, které jsou důležité v oblasti lékařských aplikací IZ

Tab. č. 4: Přehled veličin a jednotek používaných v radiologii radiobiologii a radiační ochraně

Veličina	Název jednotky (symbol)	Symbol veličiny	Vztah pro stanovení veličiny	Charakter veličiny vstupující do vztahu
Absorbovaná dávka	Gray (Gy)	D	-	-
Ekvivalentní dávka	sievert (Sv)	H_T	$H_T = W_R \cdot D_{TR}$	střední dávka D_{TR} v orgánu T
Efektivní dávka	sievert (Sv)	E	$E = \sum W_T \cdot H_T$	Ekvivalentní dávka H_T v orgánu T
Dávkový ekvivalent	sievert (Sv)	H_T	$H = Q \cdot D$	Dávka D v bodě

Tab. č. 5: Veličiny používané ve stanovených ročních limitech ozáření

Veličina	Použití v limitech ozáření	Veličina použitá v odvozených limitech a roční hodnota limitu pro radiační pracovníky
Efektivní dávka	obecných pro radiační pracovníky pro učně a studenty	osobní dávkový ekvivalent $H_P(10)$ 20 mSv
Ekvivalentní dávka	obecných pro radiační pracovníky pro učně a studenty	osobní dávkový ekvivalent $H_P(0,07)$ 500 mSv

Absorbovaná dávka je základní fyzikální veličinou charakterizující účinky IZ v radiační ochraně. Je definována jako poměr střední energie IZ ($d\varepsilon$) sdělené (absorbované) objemovému elementu látky a jeho hmotnosti (dm), tj. $D=d\varepsilon/dm$. Jednotkou je $J.kg^{-1}Gy$. Na základě této dávky se posuzuje biologický účinek IZ a je základní veličinou dozimetrie. (10)

Biologický účinek však kromě absorbované dávky závisí na dávkovém příkonu a druhu záření.

Dávkový příkon D je přírůstek dávky za jednotku času. ($Gy.s^{-1}$). (18), (9)

Z důvodu závislosti biologického účinku IZ na absorbované dávce a druhu IZ byly pro účely radiační ochrany zavedeny tyto jednotky: ekvivalentní dávka, efektivní dávka a dávkový ekvivalent. Tyto veličiny nejsou přímo měřitelné, protože se skládají z čistě fyzikální veličiny vynásobené nějakým bezrozměrným faktorem.

Ekvivalentní dávka H_T představuje součin radiačního váhového faktoru W_R a střední absorbované dávky D_{TR} . V orgánu nebo tkáni T pro rentgenové R IZ nebo součet takových součinů pokud se pole IZ skládá z více druhů nebo energií záření (jednotkou je SV).

Radiační váhový faktor W_R (bezrozměrný) - je odvozen od relativní biologické účinnosti ($RBÚ$ pojem používaný jen v radiobiologii). $RBÚ$ se mění s délkou, dávkovým příkonem, frakcionací, fyziologickými podmínkami (přítomnost kyslíku). Pro účely radiační ochrany je W_R dohodnutou (pevnou) hodnotou $RBÚ$.

Platí, že při použití různých typů záření (α , γ , β) a při stejné ekvivalentní dávce dojde v poškozené tkáni ke stejnému biologickému účinku. (Pro záření α , γ , β je $W_R=1$), ale například u částic α bude biologický účinek dvacetkrát větší.

Ekvivalentní dávka je zavedena pro konkrétní orgán nebo tkáň, ve vztahu k deterministickým účinkům IZ (při vzniku katarakty, erytému, při překročení prahové dávky). V této dávce jsou vyjádřeny roční limity záření pro radiační pracovníky (dále obecné limity, limity pro učně a studenty).

Tab. č. 6: Roční limity ozáření pro radiační pracovníky a jejich vztah k cílům radiační ochrany

Veličina	Limit pro radiační pracovníky	Poloha limitu na charakteristice biologických účinků	Cíl radiační ochrany
Efektivní dávka	50(20)	stochastických v oblasti nízkých dávek	omezení rizika stochastických účinků na přijatelnou úroveň
Ekvivalentní dávka v oční čočce	150	pod dávkovým prahem deterministických účinků	zabránění vzniku účinků determinujících
Ekvivalentní dávka na ruce až po předloktí	500	pod dávkovým prahem deterministických účinků	zabránění vzniku účinků determinujících
Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže	500	pod dávkovým prahem deterministických účinků	zabránění vzniku účinků determinujících

Efektivní dávka E - umožňuje hodnotit zdravotní újmu ve vztahu ke stochastickým účinkům (tzn. bezprahovým), jejichž pravděpodobnost stoupá s rostoucí dávkou př. je karcinogeneze, leukemogeneze). Je tedy mírou pravděpodobnosti těchto účinků.

Tato veličina E je součtem součinů tkáňových váhových faktorů W_T a ekvivalentních dávek H_T v ozářených tkáních a orgánech ($E = \sum W_T \cdot H_T$). Při rovnoměrném ozáření celého těla představují tkáňové váhové faktory W_T relativní příspěvek tkání nebo orgánů k celkové újmě ze stochastických účinků (tedy vyjadřují rozdílnou radiosenzitivitu jednotlivých orgánů a tkání ve vztahu k těmto účinkům).

Výhodou efektivní dávky je, že umožňuje odhad rizika stochastických účinků i při velmi nerovnoměrném ozáření člověka (jako by se jednalo o rovnoměrné ozáření celého těla). Další výhodou je, že umožňuje vyjádřit radiační zátěž jedním číslem a tím je možné pozorovat riziko stochastických změn u rozdílných radiologických postupů (radiodiagnostické vyšetření, nukleárně medicínské vyšetření).

Efektivní dávka je základem nejen limitů pro radiační pracovníky, ale i obecných limitů a limitů pro učně a studenty. Limit pro radiační pracovníky je součet efektivních

dávek ze zevního (ale i vnitřního) ozáření 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních roků. Přitom v 1 roce se nesmí překročit 50 mSv a v průměru za rok 20 mSv.

Dávkový ekvivalent H je součinem absorbované dávky D v uvažovaném bodě tkáně (nebo vzduchu) a jakostního činitele Q vyjadřujícího rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření. ($H=D \cdot Q$). Jakostní činitel Q pro daný druh záření je stejně jako radiační váhový faktor dohodnutou hodnotou RBÚ pro účely radiační ochrany. Jakostní činitel Q se aplikuje na absorbovanou dávku v bodě určitého prostředí (tkáň, vzduch).

V případě ekvivalentní dávky se uvažuje průměrná absorbovaná dávka ve tkáni nebo orgánu, proto se musí použít namísto jakostního faktoru radiační váhový faktor W_R .

Dávkový ekvivalent se používá jen v osobní dozimetrii, jímž jsou vyjádřeny „odvozené limity“ a dozimetrii pracovního prostředí (dávka a dávkový příkon v místnosti, kde je zdroj záření).

Odvozené limity pro zevní ozáření se dělí na osobní dávkový ekvivalent $H_p(0,07)$ v hloubce tkáně 0,07mm a osobní dávkový ekvivalent $H_p(10)$ v hloubce tkáně 10 mm pod povrchem těla. Obě veličiny jsou měřeny filmovým dozimetrem CSOD. (16)

Jednotkou dávkového biologického ekvivalentu je Sv (Sievert). (18),(9) Tato jednotka je nutná, protože různá záření, která vyvolávají stejný fyzikální efekt, nemusí vyvolat stejný biologický efekt, protože faktor kvality u záření x a β a $\gamma=1$ je $1 \text{ Gy}=1 \text{ Sv}$.

1.7.3 Osobní monitorování pracovníků

Jak bylo již výše zmíněno, radiologičtí pracovníci jsou chráněni osobním monitorováním. Zařazují se do kategorie A, B podle odlišného monitorování pracoviště a lékařského dohledu.

Nejrizikovější skupinou radiačních pracovníků, u kterých by mohlo docházet k překračování limitů, jsou pracovníci v intervenční radiologii (př. kardiologové), u skiaskopie a CT.

Jejich povinností je nosit dozimetry po celou pracovní dobu na referenčním místě na zástěře. Dozimetry jsou zasílány k vyhodnocování do Centrálního registru profesního ozáření (CRPO). V ČR jsou nejvíce používány dozimetry filmové. Celosvětově nejpoužívanější jsou termoluminiscenční dozimetry (TL). Na radiologických

pracovištích je povinností dozimetrické záznamy uchovávat alespoň po dobu 30 let od ukončení práce se zářením. Škodlivé účinky IZ se sumují. I po letech se může objevit patologická změna, proto i dozimetrie přispívá k ochraně před IZ. (16),(14),(29)

1.7.4 Ochrana personálu na pracovišti a ochranné pomůcky

Personál se má zdržovat co nejdále od zdroje. Předepsanou vzdálenost musí dodržovat zejména při expozici u pojízdných přístrojů.

Personál používá jako OOPP rentgenové zástěry, kostýmy a ostatní pomůcky. Zejména na skiaskopických vyšetřovnách, intervenčních radiologiích, operačních sálech a dalších. Je třeba věnovat pozornost neporušenosti těchto ochranných stínících prostředků.

V legislativě není zakotvena povinnost pravidelné kontroly, ale přesto některá pracoviště provádějí testování, zda požadovaná kritéria vyhovují (tzn., že celková plocha poškození musí být menší než 10 cm², v oblasti reprodukčních orgánů, menší než 0,2 cm²). Nesmí být poškozen upínací systém.

Závěrem této kapitoly je třeba zdůraznit, že radiologické vyšetření jsou náročná z hlediska zvýšeného rizika pro personál. Také i z hlediska technologické náročnosti. Je proto nutné celoživotní vzdělávání. (16), (23)

2 VÝZKUMNÁ OTÁZKA

Výzkumnou otázku jsem formuloval takto: „Jsou zajištěny zásady RO na všech sledovaných rdg pracovištích?“

Problém sledovaných rdg pracovišť je v pohybu osob v radiačním prostředí, a to v přímém nebo nepřímém kontaktu s rtg zářením.

Podotázky:

Splňují pracoviště zákonné normy?

Jsou dostatečně chráněny osoby (pacienti, personál) pohybující se v ionizačním prostředí na rdg pracovištích?

3 METODIKA VÝZKUMU

Zadané téma „Radiální ochrana na rdg oddělení“ je rozsáhlé, pro snazší orientaci jsem uvedl v první části práce obecnou stat' o RO před nežádoucími účinky IZ. Vzhledem k problematice pohybu osob v prostředí radiace IZ jsem si položil výzkumnou otázku „Jsou zajištěny zásady RO na všech sledovaných rdg pracovištích?“ Odpověď jsem zkoumal v praktickém úseku práce. Použita byla metoda vlastního pozorování pracovišť. Další oblast výzkumu se týkala získání informací nežádoucího počtu opakovaných expozič při rtg vyšetřeních, dále jsem vypracoval dotazník pro radiologické asistenty.

Co se týče zkoumání zajištění RO na jednotlivých rtg pracovištích, (zubní, mamografické, konvenční, skiaskopické s intervenční radiologií a CT pracoviště), nejprve jsem zařadil RO podle jednotlivých typů rtg vyšetření a stupně radiální zátěže, charakterizoval pracoviště (konkrétní požadavky z hlediska radiální ochrany). Vlastní sběr informací byl získán v rámci praxí (nejsem vystudovaný radiologický asistent) na rtg pracovištích FNHK, dále na mamografickém pracovišti PKII HKIII a soukromém Rdg centru s.r.o. PKII HKIII.

Další část výzkumu probíhala formou sběru údajů z provozních deníků rtg přístroje Chirana MP15 na pracovišti Rdg centra s.r.o. v časovém období rok před a po zavedení digitalizace rtg obrazu. Porovnával jsem počet opakovaných expozič při rtg vyšetřeních s cílem zjistit, zda je digitalizace obrazu přínosem ke snížení radiálních dávek u pacientů. Výsledky byly zpracovány graficky a tabelárně. Tabulka uvádí výkony, počet opakovaných expozič a důvod opakování expozič. Další studie proběhla formou dvaceti otázek pro radiologické asistenty, deset se zaměřením na vlastní ochranu, deset na ochranu pacientů. Byly osloveni respondenti ze soukromých rdg oddělení a nemocničních rdg pracovišť FNHK. Cílem studie bylo zjistit, zda radiologičtí asistenti chrání sebe i pacienty před nežádoucími účinky IZ a jaká opatření jsou využívána k ochraně bezpečného provozu. Odpovědi jsem vyjádřil pomocí grafů. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že radiologičtí asistenti jsou dobře obeznámeni se zásadami práce v prostředí IZ a vědomosti při ochraně svého zdraví i zdraví pacientů uplatňují.

4 VÝSLEDKY

4.1 Úvod do výsledků

Tato kapitola je rozdělena do podkapitol: Radiační ochrana při jednotlivých typech rtg vyšetření na pracovištích, studie na Radiodiagnostickém pracovišti s.r.o., dotazník pro radiologické asistenty.

4.2 Radiační ochrana při jednotlivých typech rentgenových vyšetření na pracovištích

4.2.1 Zubní rentgenové pracoviště

Vytypované pracoviště (Radiodiagnostické centrum PKII HKIII), bylo v době shromažďování podkladů praktického pozorování zrušeno. Zpracoval jsem tedy radiační ochranu pouze z obecného pohledu. V zubní diagnostice platí stejná nařízení, jako na jiná radiodiagnostická vyšetření. Pracoviště jsou zařazena do kategorie I. Pracovníci do kategorie B. Pro udržení absorbované dávky v kůži vstupního pole na minimum (OK nejméně 20 cm) je nutné použít vysoce citlivé filmy a filtraci (nejméně 1,5 mm Pb při anodovém napětí do 70 KV).

SÚRO, provádí nezávislé prověrky intraorálních rentgenů, tzv. TLD audit. Pravidelné kontroly ZDS je povinno pracoviště provádět 1 x ročně. Pokud požádá o audit, prověrka probíhá formou korespondenčního auditu se zaměřením na kontrolu parametrů rentgenu a vyvolávacího procesu (pokud není digitalizace). Pracoviště obdrží sadu obsahující kazetu s filmem a dozimetrem, předem ozářený dentální film, protokol k vyplnění a postup k návodu. Pokud je audit v pořádku, SÚRO stanoví další testovací termín (viz vyhláška č. 499/2005 Sb. o radiační ochraně).

Co se týče vyclonění centrálního paprsku, v současné době SÚRO podporuje a doporučuje vybavit zubní pracoviště obdélníkovými tubusy (oproti válcovým), protože

svazek rentgenového záření svou velikostí a tvarem přesně odpovídá velikosti a tvaru receptoru obrazu (filmu nebo digitálního receptoru). Cílem je omezit rozptylové záření a tím i dávku, kterou pacient obdrží.

Také pro stomatologické ortopantomografy (OPG) platí, že musí mít z hlediska radiační ochrany odpovídající parametry.

Uživatelé zařízení se musí přednostně řídit doporučením výrobce OPG rentgenového zařízení (toto platí i pro všechna rentgenová zařízení). Ochranou pacienta proti nežádoucímu svazku rentgenového záření je především zakrýt oblast krku Pb límcem a použít ochranou, nepoškozenou Pb zástěru.

4.2.2 Mamografické pracoviště

Požadavky zajištění RO jsou dány zákonem č. 18/1997 Sb. a jeho prováděcími vyhláškami, dále zákonem č. 552/1991 Sb. O státní kontrole ve znění pozdějších předpisů a zákonem č. 123/2002 Sb. (§52) O zdravotnických prostředcích, zákon č. 27/1997 Sb. O technických požadavcích na výrobky. Pracoviště patří do II. kategorie, pracovníci patří do kategorie B. Radiační ochraně při radiodiagnostických vyšetření je třeba věnovat velkou pozornost, i při malých dávkách záření může vzniknout riziko vzniku nádoru z ozáření (radiosenzitivita mléčné žlázy).

Věstník MZČR č. 11/2002 vychází z European Guidelines for Quality Assurance in Mamography screening. Vyžaduje z hlediska radiační ochrany přísná kritéria pro zabezpečení jakosti vyšetření, dále pro splnění odborných lékařských kritérií a optimalizace lékařského ozáření formuluje snahu vytvoření sítě screeningových pracovišť. Diagnostické referenční úrovně nesmí být překračovány a jsou vodítkem pro optimalizaci ozáření (příloha č. 9 vyhl. č. 307/2002 Sb.).

Radiační ochraně při mamografických vyšetřeních je třeba věnovat velkou pozornost, protože i při malých dávkách záření může vzniknout riziko vzniku nádorů z ozáření. (radiosenzitivita mléčné žlázy).

Technika mamografických vyšetření vyžaduje odlišný přístup pro snížení dávek pacientům. Vyžaduje použití speciálních typů rentgenek se speciálními detektory,

zesilovacími fóliemi ze vzácných zemin a filmů s vysokým rozlišením. Důvodem je nízký kontrast mezi zdravou a nádorovou tkání a malé rozměry zobrazovaných objektů.

Rentgenka má molybdenový anodový terč s ohniskem 0,3 (normální mamografie) a 0,1 (pro zvětšení) a z Berilia výstupní okénko. Rentgenky s terčem z Rhodia nebo Wolframu používáme při vyšších energiích rentgenového svazku. Ke snížení radiační ochrany pacienta používáme vysokého napětí se zdrojem a vysokofrekvenčním měničem, což má vliv na menší kontrast a nižší pohybovou neostrost.

Pro zobrazení měkké tkáně mléčné žlázy je nutné extrémně nízké napětí v rozpětí cca 23-34 KV, proudu 100 mA, pro velké ohnisko a 20 mA pro malé ohnisko.

Pracoviště je vybaveno kompresivním zařízením k zabezpečení polohy a zobrazení prsu. Zmenšuje rozptýlené záření, zlepšuje kontrast obrazu a umožňuje rovnoměrnější zčernání a sumaci struktur. Hustota zčernání filmu se řídí expoziční automatikou. Používá se jen jednostranně polévaný film a jedna zesilovací fólie.

Je zde požadavek na vyšší zčernání filmu 3,6 DIN. Proto jsou i vyšší požadavky na negatoskop, hlavně jas (min. 4000 Cd/m²), regulace od 2000 do 6000 Cd/m². Také dostatečně zvětšující lupa. Vyvolávací proces je 2 x delší než u klasické diagnostiky. Vyžaduje citlivý film s vysokým zčernáním. Denně se provádějí senzimetrické zkoušky.

Tab. č. 7: Diagnostické referenční úrovně pro mamografické vyšetření

Příl. č. 9 k vyhl. SÚJB č. 307/2002 Sb.

Vyšetření	Průměrná délka v mléčné žláze při kraniokaudální projekci (mGy)
Bez mřížky	1
S mřížkou	3

Stanoveno ve fantomu prsu tl. 4,5 cm při použití fólie a filmu s 50 % tukové tkáně a žlázy pro Mo anodu a filtr.

Mamografie se nesmí provádět na konvenčním rtg přístroji, ten má vysoké anodové napětí. Na mamárních centrech nebo na akreditovaných screeningových pracovištích

pracují radiologičtí asistenti se zvláštní odbornou způsobilostí. Provádějí zkoušky provozní stálosti celého zobrazovacího řetězce a odborně dohlížejí.

Prakticky jsem si ověřoval zajištění radiační ochrany na mamografickém pracovišti PK II v Hradci Králové. Pracoviště vlastní povolení SÚJB k nakládání se zdroji ionizujícího záření, má schválen monitorovací plán, vnitřní havarijní plán, program zabezpečení jakosti. Vlastní protokol o přijímací zkoušce, dále protokoly o provozní stálosti a zkouškách dlouhodobé stability. Akreditovaná firma zajišťuje optimální seřízení všech prvků zobrazovacího řetězce. Pracoviště je vybaveno nejmodernější zobrazovací technikou (léto 2013), používající digitální flat panel. Radiologická asistentka je speciálně proškolená.

4.2.3 Radiační ochrana na konvenčním rtg pracovišti

Zdrojem záření je rentgenka. Při průchodu svazku záření vyšetřovanou oblastí je obraz zviditelňován na filmu nebo pomocí digitalizace na monitoru počítače.

K získání informací (velikost, tvar, uložení, vnitřní struktura, eventuálně činnost některých orgánů) je nutné zajistit odpovídající kvalitu rtg obrazu při dostatečně nízké vyšetřovací dávce. Proto jsou stanovena kritéria kvality zobrazení pro jednotlivé rtg projekce, kritéria dávek pacientovi a doporučené techniky správného snímkování. Snímek, který vyhovuje technickým požadavkům, ale nespĺňuje některá kritéria kvality zobrazení, by neměl být bez konzultace s rentgenologem opakován. Vše je třeba z hlediska radiační ochrany dodržovat.

Pokud není na pracovištích zaveden centrální monitorovací systém NX, je třeba ke snížení dávek záření z hlediska radiační ochrany používat fólie s velkým zesilujícím účinkem (zesilovací faktor 400 a více). Ostrost kresby se zlepšuje zkrácením expozice.

Další možnost snížení ozáření pacienta spočívá v nastavení vyššího napětí a tomu odpovídající filtrace rtg záření, vyclonění rtg svazku na velikost filmu tak, aby okolní části nebyly zbytečně ozařovány. Především u vyšetření dětí. Vhodné je instalovat automatické clony, ty samočinně vymezí rtg pole na velikost filmu.

Kromě zajištění spolehlivosti rtg přístrojů je důležitým parametrem stability zdrojů udržování dobrého technického stavu vyvolávacích automatů.

Při každé změně filmu, chemie a podmínek zpracování je nutné stanovit referenční hodnoty sledovaných parametrů. Je také vhodné volit speciální film pro určité vyšetření (plicní filmy). Dále zajistit světlotěsnost rtg kazet a zásobníku filmů. Špatná údržba vede k opakování snímků, což je pro radiační ochranu nežádoucí.

RO vyžaduje provádět denní vizuální kontroly ZPS, ZDS, u čtecího zařízení jedenkrát ročně měřit jas a homogenitu. Jen tak nebudou překračovány diagnostické referenční úrovně.

Poznatky z ambulantního rtg pracoviště na PKII HKIII:

Jedná se o pracoviště II. kategorie s vymezením „sledované pásmo“. Označení je viditelné před vstupem na pracoviště se znakem radiačního nebezpečí. Dveře snímkovny jsou označeny ekvivalentem 1,5 mm Pb. Majitel zajišťuje pouze monitorování, není vedena osobní dozimetrie. Z provozního řádu, který visí na ovladovně, jsem získal základní údaje o pracovišti. Zařízení je oprávněno poskytovat potřebnou zdravotní péči podle zákonných předpisů. Pracovníci splňují požadavky odborné způsobilosti podle zákona 160/92 sb. a Atomového zákona. Na viditelném místě je také přístupný „Vnitřní havarijní plán“, pro případ mimořádné události.

Sledoval jsem, jak je v praxi zajišťován program zabezpečení jakosti. Před zahájením provozu provádí radiologická asistentka, která ten den snímkuje kontrolu skiagrafického přístroje. Drží se pokynů, visících na ovladovně. Je veden sešit poruch a oprav. Před zavedením digitalizace (léto 2012) měřili senzimetrem a denzitometrem stav automatu (kolem deváté hodiny ranní). Zaznamenávali citlivost, kontrast a minimální hustotu filmu. Firma Imeda zajišťovala optimalizaci nastavení automatu. Vizuální kontrola se týkala čistoty a poškození kazet.

Odborná firma Imeda HK zajišťuje měření konstantnosti parametrů, ZPS jedenkrát měsíčně, ZDS jedenkrát ročně.

Provádění ZDS jsem byl přítomen, pracoviště splnilo podmínky provozu, přestože rtg přístroj Chirana MP15 je již v provozu přes dvacet let.

Během mé praxe Rdg centrum modernizovalo rtg techniku vybavením detašovaného chirurgického pracoviště novým rtg přístrojem.

Problémem ambulantního rdg oddělení jsou nedostatečně vyplněné žádanky od indikujících lékařů i občas požadavky snímkovat téměř „celé tělo“, takže konzultace radiologického asistenta na příjímací kanceláři s radiologem je nezbytně nutná.

Radiologické asistentky dodržují místní radiologické standardy, vypracované radiologickým fyzikem (smluvní vztah).

OOPP jsou neporušeny a udržovány v čistotě.

U doprovodných osob postupují podle předpisů, u žen s podezřením na možné těhotenství mají založeny podepsané informované souhlasy s rtg vyšetřením.

Vedou povinnou dokumentaci (provozní deník, rtg přístroje, evidenci opakovaných snímků s expozičními hodnotami, sešit poruch u DIGI).

Podrobují se jedenkrát ročně přezkoušení z odborné způsobilosti formou testů vypracovaných vedoucí laborantkou BC.

4.2.4 Radiační ochrana při skiaskopických vyšetřeních, intervenčních metodách a na operačních sálech

Pracoviště se zařazují do kategorie II. a pracovníci do kategorie A. Ke snížení dávek záření je pro radiační ochranu důležitá dostatečná kvalita obrazu a krátký vyšetřovací čas. Je třeba staré skiaskopické stěny vyřazovat. Zařízení musí mít funkci automatického nastavení napětí a proudu, podle tloušťky požadované části těla. Pro snížení množství rozptýleného záření je nutné automatické vymezení rentgenového svazku. Přednostně by mělo být rentgenové zařízení používáno s rentgenkou pod stolem (účinnější ochrana před rozptylem záření).

Je třeba dodržovat ochranu časem vzdáleností a stíněním. Tzn. čas co nejkratší s největší vzdáleností od rentgenového svazku, s maximálním využitím stínících ochranných prostředků. Ty určuje a rozmisťuje aplikující lékař v závislosti na prováděném vyšetření. Stínící ekvivalent je 0,5 mm (lékaři) a 0,25 (radiologičtí asistenti), pro zástěry, sukně, vesty, dále určitou příměs Pb mají brýle se speciálními skly, zejména u vysokodávkových angiografických vyšetřeních a ochranné límce pro štítnou žlázu.

Zdrojem záření pro personál je sekundární záření, vzniklé Comptonovým rozptylem primárního svazku v ozářené části těla pacienta. Lékař nebo radiologický asistent musí stát vždy na straně receptoru obrazu (také ochrana před rozptýleným zářením). Dále jsou důležité stolní a stropové závěsy, bočné stínování a pojízdné stínící zástěry.

Pro osobní monitorování personálu je nutné nošení dozimetrů na referenčních místech (vlevo na hrudníku), dále v oblasti těla, nebo oční dosimetry monitorující záření oční čočky, prsténkový dozimetr a operativní dosimetr pro okamžitou kontrolu ozáření. V radiační ochraně je nutné volit správné napětí a filtraci, diagnostické referenční úrovně a omezit opakování snímků, maximalizovat vzdálenost OK z hlediska individuálních dávek. Rentgenka a Zox jsou umístěny na C rameni, obraz je zaznamenán do paměti PC, na jeho výkonnosti závisí rychlost snímkování. Neseřízené DSA systémy znamenají nebezpečí dosažení prahové dávky poškození kůže. Proto se musí vyšetření provádět výhradně s digitálně zpracovaným obrazem a celým seřízeným systémem.

U C ramen využíváme režimu pulzní skiaskopie. Přerušování vyšetřování v jednotlivých intervalech vede ke snížení radiační dávky na pacienta a personál. Pomocí expoziční automatiky regulujeme skiaskopickou dávku (nastavení KV, mA), aby množství záření dopadajícího na Zox bylo konstantní, musíme také regulovat její výstupní křivkový příkon.

Pro radiační ochranu je důležité vyvarovat se krátké vzdálenosti ohnisko kůže a projekcím z různých úhlů. Dále je důležité důsledné clonění, nebo použití polopropustných clon. Je zde nezbytná souhra celého intervenčního týmu.

Vzhledem k vysoké radiační zátěži pacientů a personálu je nutné sledovat, aby osobní dávky záření nepřekročily stanovené limity.

Z Novely direktivy EU vychází snaha o snížení ročního limitu efektivní dávky na 20 mSV (nyní 50 mSV/rok a 100 mSV/5 let) a snížit ekvivalentní dávku oční čočky ze 150 mSV/rok nyní na 20 mSV/rok.

V rámci praxe ve FNHK jsem sledoval zajištění radiační ochrany na skiaskopickém pracovišti, legislativní požadavky jsou prováděny, vedou veškerou dokumentaci, indikace ke skiaskopickým vyšetřením jsou zdůvodněny. Na angiografickém pracovišti používají multifrekvenční typ přístroje Philips Biplane systém typové řady Philips Alura

Clarity se softwarem výrazně snižujícím radiační dávku na pacienta. Na pracovišti skiaskopie Axiom-Luminos TF SC30020108. OOPP používají, jsou neporušené. Osobní dozimetry nosí, kontrolují v čase 1 x měsíčně, používají filmový nebo prsténkový (lékaři). Dodržují všechna pravidla kontrolovaného pásma. Závady jsem neshledal.

4.2.5 Radiační ochrana na CT

Z hlediska radiační ochrany se jedná o pracoviště II. kategorie, je definováno jako kontrolované pásmo. Pracují zde pouze pracovníci kategorie A, Jsou nařízeny povinné roční preventivní prohlídky a 1 x měsíční vyhodnocení filmových dozimetrů, je povinné vést návštěvní knihu. Při CT vyšetření dostává pacient mnohonásobně vyšší dávku než u nativního zobrazení. Ta je závislá nejen na objemu zkoumané oblasti, fyzických vlastnostech pacienta, ale i na počtu a typu skenování, na přesnosti a kvalitě zobrazení.

Vyšetřovací postupy při CT je nutné optimalizovat v souladu s principem ALARA , nastavit dávkový příkon takovým způsobem, aby byl co možná nejmenší s dosažením optimálních diagnostických informací.

Pokud se vyskytne radiologická událost, chyba obsluhy, v nastavení přístroje, jsou zde radiační dávky vyšší než u běžného vyšetření. Pacient dostává vysokou dávku záření, proto je potřeba zvláště pečlivého přístupu ze strany personálu. Ke snížení radiační dávky může být zvoleno i PET/CT vyšetření na oddělení nukleární medicíny.

Sledoval jsem provoz na CT pracovišti FNHK. Používají zde šetřící program IRIS, který výrazně snižuje radiační dávku na pacienta. Pracoviště je vybaveno moderním 128 multidetektorovým přístrojem typu Somatom Definition AS. Nahlédl jsem do dokumentace pracoviště, preventivní prohlídky personálu jsou 1 x ročně zajišťovány, dozimetry odevzdávají 1 x měsíčně k vyhodnocení. Neshledal jsem porušené OOPP. Soustavný dohled nad pracovištěm vykonává pověřený radiologický asistent se zvláštní odbornou způsobilostí a zkouškou u SÚJB. Radiační ochranu na tomto pracovišti zajišťuje pracovník s přímou odpovědností, tyto osoby jsou určeny v programu zabezpečení jakosti. Radiační dohled zajišťuje radiologický fyzik na plný úvazek.

4.3 Studie na Radiodiagnostickém oddělení s.r.o.

Rdg oddělení s.r.o sídlí na PKII HKIII. Tato poliklinika je největší ambulantní zdravotnické zařízení na území města HK, pokrývá severní a východní část města se 70 000 obyvateli ve spádovém území. Rdg centrum poskytuje služby 35 ordinacím přímo na poliklinice, zejména plicnímu oddělení s okresní působností (záchyty TBC, kontrola léčby, prevence, kalmetizace). Sledovaným kritériem byl počet opakovaných snímků (expozic) u konvenčních rentgenových vyšetření rok před a rok po zavedení digitalizace na centrálním pracovišti, období od 07. 2011 do 06. 2013. Se schválením majitelů jsem mohl nahlédnout do potřebné dokumentace.

Vycházel jsem z údajů zaznamenaných v provozních denících rentgenového stacionárního diagnostického přístroje Chirana MP 15 s příslušenstvím (r. výroby 1988). Nebyl zde systém AEER, hodnoty KV a mAS byly nastavovány mechanicky. Před digitalizací byly rentgenové modře emitující filmy zpracovány vyvolávacím automatem Compact 35. Bylo třeba doplnit údaje pacienta na vyvolaný snímek (nebyl signofot v temné komoře). Nebyla již možnost další úpravy snímku.

V červnu roku 2012 byla zakoupena pracovní stanice modality NX. Tato stanice počítačové radiografie slouží k pořizování, identifikaci, zpracování a přenosu digitalizovaných snímků, získaných z digitizéru Agfa. U metody CR tzv. nepřímé digitalizace se pořizují snímky na paměťové fosforové desky vložené do kazet, které přímo nahradí konvenční kazety (film-fólie). Pracoviště užívá běžné formáty kazet. Detektor počítače eliminují celý proces vyvolávání kazety, ovládá se pomocí dotykového panelu, ikony umožní úpravu (výhřez, zvětšování) a odeslání k odečtení. Celý proces je ulehčen a zrychlen.

Stanice umožňuje odesílání snímků do archivu na diagnostickou stanici, je zde zaveden systém PACS, DICOM. U stanice je třeba si dát pozor na přeexpozice, protože u klasického vyvolání je jasný přeexponovaný snímek a tím víme, že dávka záření byla nepřiměřeně vysoká. Výhodou digitalizovaného snímku je počítačová úprava u přeexponovaného snímku, který je vždy spojen s dávkou vyšší, než postačí pro kvalitní

zobrazení. Proto pracoviště vyžaduje pečlivý přístup radiologických asistentek v nastavení expozic.

Stanice umožňuje sledovat expoziční dávky pomocí hodnot indexu expozice (EI, zde rozpětí 200-500), toho asistentky využívají.

4.3.1 Zpracování tabulky opakovaných expozic

Vybral jsem pouze ta vyšetření, kde byl velký rozdíl v počtu opakovaných expozic. Zaznamenával jsem podexpozice, přexpozice, artefakty na filmech, poruchy vyvolávání snímků, poruchy digitálního systému. Vynechal jsem pohybovou neostrost pacientů a centrační chyby laborantů.

Tabulka ve výsledcích odkazuje na vyšetření s velkým rozdílem v počtu opakovaných expozic a zaměřuje se na vyhodnocení rok před a po zavedení digitalizace. Graf č. 1 obsahuje výsledek vyhodnocení opakování snímků před a po digitalizaci.

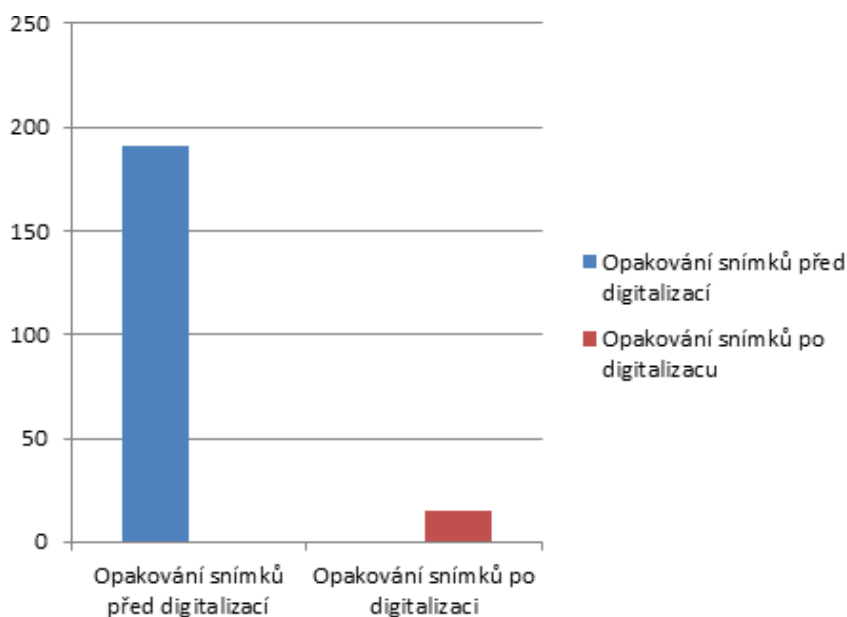
Tab. č. 8: Vyhodnocení rok před a po zavedení digitalizace

Vyšetření:	Expoziční chyby podexpozice:		Expoziční chyby přexpozice:		Artefakt na filmu před DIGI:	Poruchy vyvolávání procesu:	Poruchy počítače Digitizér:
	Před:	Po:	Před:	Po:			
Plíce, srdce	19	3	5		4	6	2
Plíce děti	7		3				
C páteř	9				2		
Th páteř AP bok	19	4	12				
Ls páteř	29	3	2		2	3	1
Ls funkční	4	1					
Si skloubení	4						
VDN dospělí	5				1	2	1
VDN děti	2						
Lebka PA	2						

Vyšetření:	Expoziční chyby podexpoze:		Expoziční chyby předexpoze:		Artefakt na filmu před DIGI:	Poruchy vyvolávacího procesu:	Poruchy počítače Digitizér:
	Před:	Po:	Před:	Po:			
Orbity, optický kanál	4						
Schuller, Stenwerz	5						
Prsty ruka, noha	5						
Koleno	4				1		
Kyčle	6						
Sternoclaviculární a sternocostál. skloubení	3		2			1	
Břicho, nativ ledvin	5						
Žebra horní			4				
Žebra dolní	5						
Rameno	3				1		
Celkem:		11	28		11	12	4

Celkem	
Opakování snímků před digitalizací	Opakování snímků po digitalizaci
191	15

Graf č. 1: Vyhodnocení rok před a po zavedení digitalizace



Tuto práci jsem konzultoval s vedoucí lékařkou MUDr. Tůmovou.

4.4 Dotazník

Dotazník se týkal informovanosti radiologických asistentů při dodržování principů a správné praxe radiační ochrany. Vypracoval jsem dvacet otázek, deset se zaměřením na RO radiologických asistentů, deset se zaměřením na radiační ochranu pacientů. Pro získání potřebných údajů byly osloveni radiologičtí asistenti ze tří konvenčních rdg oddělení privátních: Rdg centrum, PKII HKIII, Medika HK s.r.o., Městská nemocnice Městec Králové a.s.. Celkem odpovědělo šest respondentů.

Dále jsem oslovil radiologické asistenty ze dvou mamografických pracovišť. Na soukromém pracovišti PKII HKIII odpověděl jeden respondent, ve FNHK deset respondentů (střídají se). Ve FNHK jsem dále získal údaje z pracoviště konvenčního (deset respondentů), skiaskopického a skiaskopické angiografie (deset respondentů), CT (deset respondentů). Pro každé pracoviště (klinické i ambulantní) byl vypracován graf s vyjádřením radiologických asistentů k daným testovým otázkám.

Výsledky testu:

Soukromé konvenční pracoviště (znění otázek viz příloha):

U otázky č. 7 (RO pacienti) „Setkáváte se s chybným stranovým označením k žádankám na rtg vyšetření?“ odpovědělo pět respondentů ano, často, velmi často, občas. Otázky byly zodpovězeny správně podle požadavků RO.

Mamografické digitální pracoviště (soukromé screeningové):

RO (personál, pacient). Všechny otázky zodpovězeny správně podle požadavků RO.

Mamografické digitální pracoviště (FNHK):

RO (personál, pacient). Všechny otázky zodpovězeny správně podle požadavků RO.

Konvenční rtg pracoviště (FNHK):

U RO pacientů na otázku č. 7 „Setkáváte se s chybným stranovým označením k žádankám na rtg vyšetření?“ odpověděli všichni ano, často.

U RO personálu na otázku č. 13 „Pokud snímujete, provádíte před začátkem provozu kontrolu celistvosti a neporušenosti rtg zařízení?“ odpověděli ano devět respondentů, jeden odpověděl ne. Na otázku č. 15 „Přidržíte pacienta, event. rtg kazetu v užitečném svazku?“ osm respondentů odpovědělo ano, dva ne. Na otázku č. 20 „Máte možnost se zúčastnit radiologických seminářů?“ odpovědělo devět respondentů ano, jeden odpověděl ne.

CT, intervenční radiologie (FNHK):

U RO pacientů odpovědělo na otázku č. 9 „Myslíte si, že závisí celkové množství záření, které pacient obdrží během vyšetření, na kraniokaudálním rozsahu CT scanu?“ ano devět respondentů, jeden odpověděl ne.

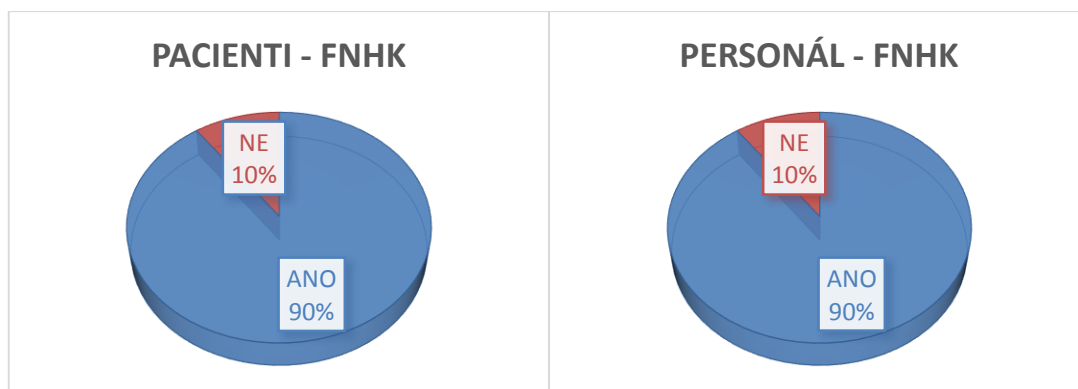
U RO personálu na všechny otázky odpověděli ano.

Skioskopie (skiaskopická angiografie):

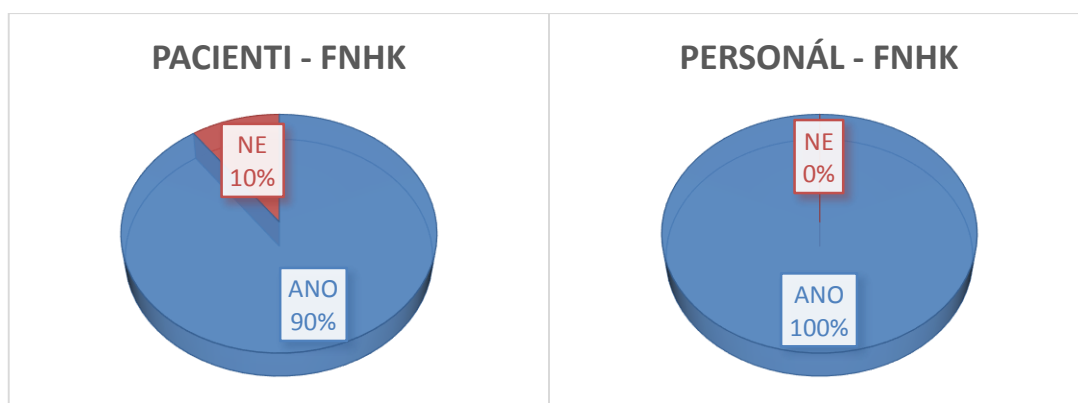
U RO pacientů odpovědělo ano na všech deset otázek devět respondentů. Na otázku č. 2 „Maximalizujete vzdálenost mezi rentgenkou a pacientem?“ jeden respondent odpověděl ne.

U RO personálu odpovědělo správně devět respondentů ano. U otázky č. 18 „Omezujete provoz na nejnutnější dobu?“ odpověděl jeden respondent ne.

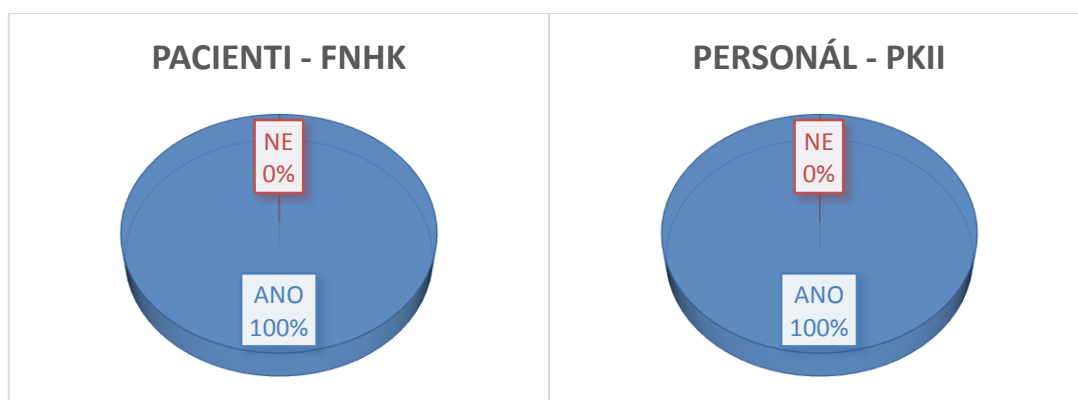
Graf č. 2, 3: Skiaskopie a skiaskopická angiografie (FNHK)



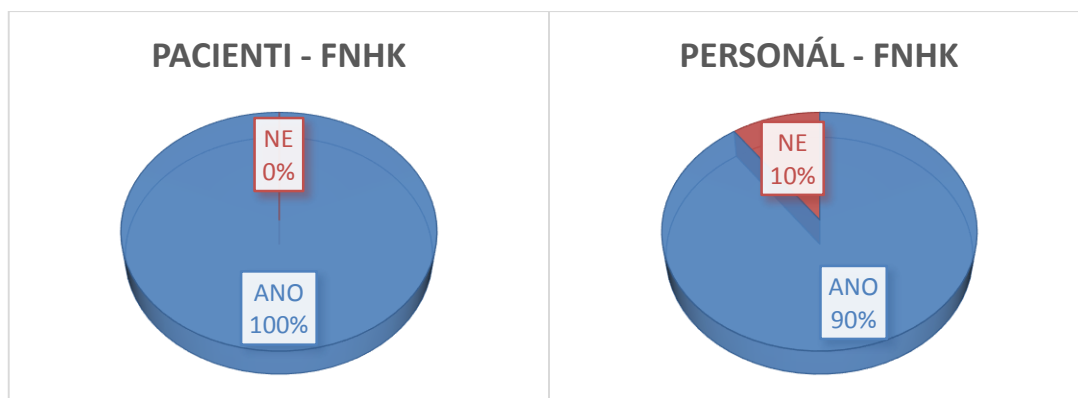
Graf č. 4, 5: CT a intervenční radiologie (FNHK)



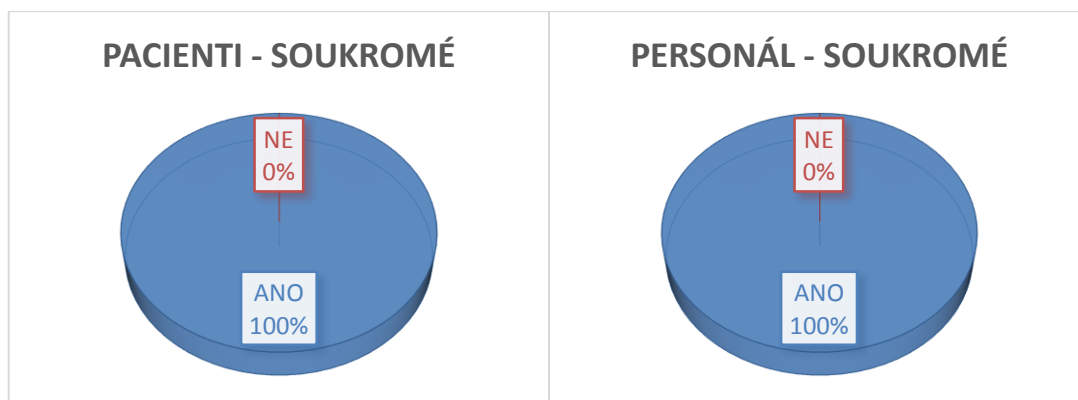
Graf č. 6, 7: Mamografie (FNHK, Soukromá mamologická ordinace PKII HKIII)



Graf č. 8, 9: Konvenční rtg oddělení (FNHK)



Graf č. 10, 11: Konvenční rtg oddělení (soukromé)



5 DISKUZE

Znalosti základních principů radiační ochrany v praxi radiologů, radiologických asistentů a ostatních pracovníků pohybujících se v ionizujícím prostředí jsou velmi významné pro optimalizaci dávek záření jak přímo u personálu, tak u pacientů nebo osob, které lékařské ozáření podstupují.

Sledoval jsem zajištění radiační ochrany na ambulantních radiodiagnostických pracovištích Radiodiagnostického centra s.r.o. v areálu Polikliniky II., v Hradci Králové a na rtg pracovištích ve FNHK. Poznatky k problematice zajištění RO jsem získával formou vlastního pozorování v rámci výukové praxe, dotazem k personálu a také vypracováním dvaceti otázek dotazníku (RO radiologických asistentů, RO pacientů).

Na Rdg centru s.r.o. dodržují všechny platné vyhlášky, předpisy a nařízení, které se RO týkají. Vedou knihu stížnosti pacientů, kde jsem neshledal žádné zápisy. Provozovatel spolupracuje smluvně s radiologickým fyzikem. Denní kontrolou nad RO je pověřen radiologický asistent Bc se zkouškou u SÚJB, ZPS a ZDS zajišťuje odborná firma, doklady o zkouškách jsou uloženy na centrálním pracovišti. Toto soukromé rdg oddělení splňuje požadavky SÚJB o RO. Také jsem zde byl přítomen zkouškám dlouhodobé stability, výsledky potvrdily, že pravidelnou údržbou celého zdroje lze udržet i staré rtg zdroje (přístroj Chirana Modřany – 25 let) doposud v provozu a poskytují stálou kvalitu vyšetření. Co se týče techniky, vývoj směřuje stále dopředu, ale problémem je finanční otázka. Je potřebné regulovat zdroje IZ a ty nepotřebné se snažit eliminovat. Na Chirurgickém detašovaném pracovišti Rdg centra jsem během praxe zaznamenal výměnu dvaceti let starého rtg přístroje Chirana MP 15.

Ze závěru mé výzkumné studie opakovaných expozičních na tomto oddělení vyplývá, že pro radiační ochranu v radiodiagnostice je digitalizace obrazu velkým přínosem. Náhradou klasického rtg filmu pracovní stanicí modalit NX, která umožňuje digitalizovat obraz a pak ho libovolně upravovat v PC, došlo k výraznému snížení opakovaných expozičních. Tím se významně snížila dávka záření. Je zde však nutná pečlivost při volbě expozičních hodnot, u přeexpozičních lze obraz upravit. Je třeba sledovat expoziční index EI. Z provozních deníků rtg přístroje, které byly zdrojem informací pro tuto

výzkumnou práci, jsem mohl zároveň čerpat informace o záznamech denních vizuálních kontrol pracoviště, dále zaznamenávání všech povinných údajů (identifikace pacienta, výkon, expoziční hodnoty, opakované expozice) a tím jsou splněny požadavky RO.

Výsledky dotazníku dopadly takto:

Soukromé konvenční rdg pracoviště:

Otázky byly zodpovězeny správně podle požadavků RO.

U otázky č. 7 (RO pacienti) „Setkáváte se s chybným stranovým označením k žádankám na rtg vyšetření?“ Stranové označení si na žádankách vyšetření ověřují, přistupují zodpovědně ke své práci, oceňují pečlivost.

Mamografické digitální pracoviště (Soukromé screeningové):

RO (personál, pacient). Všechny odpovědi jsou z hlediska RO správné.

Mamografické digitální pracoviště (FNHK):

RO (personál, pacient). Všechny odpovědi jsou z hlediska RO správné.

Konvenční rtg pracoviště (FNHK).

Výzkum byl prováděn na chirurgii, interně a centrálním rtg.

U RO pacientů na otázku č. 7 „Setkáváte se s chybným stranovým označením k žádankám na rtg vyšetření?“ odpověděli všichni ano, často. K odpovědi ano na tuto otázku bych se vyjádřil takto: Oceňuji pečlivý přístup asistentů ke své práci, ověřovat údaje na žádankách k rtg vyšetření je třeba, důsledky chybného snímkování si uvědomují.

U RO personálu na otázku č. 13 „Pokud snímkuje, provádíte před začátkem provozu kontrolu celistvosti a neporušenosti rtg“ zařízení?“ odpověděli ano devět respondentů, jeden odpověděl ne. Pokud je na pracovišti asistent sám musí kontrolu provádět. Jinak zřejmě provádí kontrolu druhý kolega. Na otázku č. 20 „Máte možnost se zúčastnit radiologických seminářů?“ odpovědělo devět respondentů ano, jeden odpověděl ne. Nevím důvod. K otázce č. 15 „Přidržíte pacienta, event. rtg kazetu v užitečném svazku?“ osm respondentů odpovědělo ano, dva ne. Domnívám se, že přidrží pouze tam, kde je to jen nezbytně nutné u pacienta bez doprovodu a jeho fixace není možná. Měly by použít alespoň všechny dostupné ochranné prostředky.

CT, intervenční radiologie (FNHK):

U RO pacientů odpovědělo na otázku č. 9 „Myslíte si, že závisí celkové množství záření, které pacient obdrží během vyšetření, na kraniokaudálním rozsahu CT scanu?“ ano devět respondentů, jeden odpověděl ne.

U RO personálu na všechny otázky odpověděli ano, RO dodržují.

Skioskopie (skiaskopická angiografie):

U RO pacientů odpovědělo ano na všech deset otázek devět respondentů. Na otázku č. 2 „Maximalizujete vzdálenost mezi rentgenkou a pacientem?“ jeden respondent odpověděl ne. Zřejmě byl nepozorný při čtení textu.

U RO personálu odpovědělo správně devět respondentů ano. U otázky č. 18 „Omezujete provoz na nejnutnější dobu?“ odpověděli jeden respondent ne. Myslím si, že provoz omezuje, ale asi jen nepochopil znění otázky.

Anonymní dotazník pro radiologické asistenty měl posloužit k tomu, aby si znovu připomenuli důležitost každodenního dodržování RO na svých pracovištích, protože povinné proškolení formou testů se provádí jedenkrát ročně. Otázky dotazníku jsou uvedeny v příloze.

Během své praxe jsem osobně komunikoval s radiologickými fyziky ve FNHK, ti provádějí soustavný dohled nad dodržováním RO na všech radiodiagnostických pracovištích.

Radiační ochrana je velmi významná nejen pro jedince, ale z hlediska genetických účinků pro celé lidstvo.

Problémy a následky záření nelze navždy vyřešit zrušením všech zdrojů záření, protože nezávisle na činnosti lidstva existují přírodní zdroje.

Radiodiagnostika jako medicínský obor zaznamenala v posledních letech velký rozvoj zobrazovacích metod, které nacházejí uplatnění v klinické praxi. I s objevem nových modalit a technik vyšetření musí být stále v popředí zájmu ochrana všech osob, pohybujících se v radiačním prostředí (např. ve FNHK zavedením hybridních přístrojů PET/CT, SPECT/CT vzniklo pracoviště skiografie a nukleární medicíny).

Dopady účinků ionizujícího záření na lidský organismus jsou známy. Dbát zvýšené opatrnosti je při této práci nutné, dávky záření se sčítají po celý život člověka, proto u každého rtg vyšetření pečlivě zvažujeme indikaci. Parametry upravujeme tak, aby

dávka záření byla co nejmenší, ale ne na úkor snížení diagnostické informace špatným zobrazením.

Je třeba myslet na zdraví své i pacientů a řídit se všemi základními pravidly a principy radiační ochrany.

Ke stanovení diagnózy je vhodné zvažovat i neinvazivní vyšetřovací metody (Uz, Mr).

Z výsledků studie dané problematiky vyplývá, že zásady radiační ochrany jsou zajištěny.

6 ZÁVĚR

Moje bakalářská práce na téma „Radiální ochrana na radiodiagnostických pracovištích“ shrnuje poznatky, získané prostudováním legislativy, odborné literatury a také vypracováním vlastních studií k dané problematice. Radiodiagnostické vyšetřovací metody, prováděné na sledovaných pracovištích, přispívají velkou mírou k objasnění diagnózy, jsou však i rizikem nežádoucích účinků IZ.

Závěrem lze říci, že požadavky současných právních předpisů byly plněny na všech sledovaných pracovištích, takže lze konstatovat, že pokud budou dodržována všechna nařízení týkající se radiální ochrany, bude i nadále dostatečně zajištěna ochrana pacientů a obsluhujícího personálu před nežádoucími účinky IZ. Nebude tedy docházet ke zbytečnému navyšování radiální zátěže při diagnostických vyšetřeních. Vzhledem k nárůstu rtg výkonů je toto téma stále aktuální, je nezbytně nutné dodržovat preventivní opatření.

Na základě výsledků vlastní výzkumné práce by bylo vhodné u diagnostických pracovišť přejít z klasického procesu zpracování filmového materiálu na digitální zobrazovací systém. Stále je nezbytně nutné proškolovat zdravotnický personál na rdg pracovištích z hlediska RO vlastní i vyšetřovaných pacientů.

Pokud má být v praxi naplněn princip ALARA, musí být použity všechny dostupné prostředky k ochraně zdraví osob, pohybujících se v ionizačním prostředí.

7 SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

1. SEIDL Z., Radiologie pro studium a praxi, Praha: Grada Publishing, a.s., 2012
2. KOLEKTIV AUTORŮ: *Principy a praxe radiační ochrany*, editor: V. Klener. SÚJB Praha: Azin Cz, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6
3. SINGR, J. Dozimetrie ionizujícího záření. České Budějovice: JCU, Zdravotně sociální fakulta 2005, 67 s., ISBN 80-7040-2.
4. HUŠÁK, V., PETROVÁ, K., HEŘMAN, M. *Radiační zátěž a radiační riziko spojené s radiodiagnostickými a nukleárně medicínskými postupy v pediatrii*. Česká radiologie, srpen 1998, roč. 52, ISSN 1210-7883.
5. MATZER, J., Radiační ochrana, doplňkové testy pro posluchače studia studijního programu „B5345 – Specializace ve zdravotnictví studijního oboru radiologický asistent“. JCU ZSF, České Budějovice, 2007.
6. CHUDÁČEK, Z. *Radiodiagnostika I. část*, Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-114-4. ISBN: 978-80-247-4108-6.
7. KUNA, E. a kolektiv, *Příručka lékaře o ochraně před zářením, vydání 1.*, Praha: Avicenum, 1990.
8. KLENER, V. A SPOLUPRACOVNÍCI, *Hygiena záření, vydání 1*. Praha: Avicenum, 1988. ED: 88 2031 735 21-08/25 08-087-88.
9. KLENER, V., MIKUŠOVÁ, M. VOJTÍŠEK, O., *Ochrana pacienta a zdravotnického personálu při radiologických vyšetřeních*, Zdravotnické aktuality MZ ČR ř.č. 2012, Praha: 1987.
10. HUŠÁK, V., Přidal, I., Ptáček, J, *Praktická radiologie 2/2007*, Veličiny a jednotky dozimetrie a radiační ochrany – přehled definic a správné interpretace v oblasti lékařských aplikací ionizujícího záření.

11. HUŠÁK, V., HEŘMAN, M., ZÁVODA, P., KOVANDA, P. „*Radiační zátěž pacientů ze zobrazovacích metod – doplnění publikace Indikační kritéria pro zobrazovací metody*“, Česká radiologie, 57, 2003, s. 337-342.
12. Souhrn současných principů ICRP pro ochranu pacienta v diagnostice Praha: XEgem, 1998
13. Radiační ochrana 91, Kritéria přijatelnosti pro radiologická zařízení, Praha: V.M.K. 1998.
14. EUR 16260 EN: Kritéria kvality pro radiodiagnostická zobrazení. Praha: V.M.K., spol. s.r.o. X-Egem, 1998.
15. Vyhláška 214/1997 Sb. Systém zabezpečení jakosti. Dostupné na: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy_zakon_II.pdf
16. Vyhl. SÚJB č. 307/2002 Sb. o Radiační ochraně ve znění vyhlášky č.499/2005, 389/2012 Sb. Dostupné na: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/7_307_2002_Sb.pdf
17. Hušák, V., Ptáček, J., Přidal, I., Heřman M., Radiační ochrana pro radiologické asistenty. Universita Palackého Olomouc 2009. Dostupné na: <http://www.upol.cz/rup>
18. Ulman, V., Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření [online]. Ostrava, Kapitola 5, Biologické účinky ionizujícího záření. Radiační ochrana. [Cit. 2. 1. 2007] Dostupné na: <http://www.sweb.cz/AstroNuklFyzika/RadiacniOchrana.htm>
19. Vanó, E, L Gonzáles, F. Beneytez a F. Moreno, Lens Injured inducted by occupational exposure in non-optimized international Radiology laboratories. The British Institute of Radiology: The British Journal of Radiology [online], 1998, č. 71, s. 728-773 [cit. 2012-02-02] Dostupné na: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/ICRP103_dokument.pdf
20. Rentgenbulletin, září 2001 Dostupné na: <http://www.suro.cz>
21. Rentgenbulletin, září 2012 Dostupné na: <http://www.suro.cz>
22. Rentgenbulletin, prosinec 2007 Dostupné na: <http://www.suro.cz>

23. Rentgenbulletin, září 2009 Dostupné na: <http://www.suro.cz>
24. SÚJB: Radiační ochrana. International Commission on Radiological protection. Publikace 103 [online] 2007 [cit. 2012-03-10] Dostupné na: <http://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>
25. SUJB [online] [cit. 2012-03-01] Dostupné na: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/KursKuzeOko.pdf>
26. Mikušová M., Technická opatření vedoucí ke snížení dávek. Rentgen bulletin [online], [cit. 2002-06-28] Dostupné na: <http://www.suro.cz/cz/publikace/lekarske-ozareni/rentgen6-2002.pdf/view>
27. VF A.S. Dozimetrie [online] 2008 [cit. 2012-03-03] Dostupné na: <http://www.dozimetrie.cz/dozimetrie>
28. Doporučení SÚJB: Zkoušky provozní stálosti, Skiografická filmová pracoviště, pracoviště používající funkci DSA Dostupné na: http://www.sujb.cz/?c_id=88
29. SÚRO, Státní ústav radiační ochrany. Dostupné na: <http://www.suro.cz/cz/publikace>
30. Vyhláška č. 318/2002 Sb. Ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb. o podrobnosti k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu.
31. Vyhláška č. 146/1997 Sb. ve znění vyhlášky č. 315/2002 Sb. o činnostech, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků.
32. Ministerstvo zdravotnictví ČR. Národní radiologické standardy-radiodiagnostika a intervenční radiologie - návrh k 15. 11. 2007. *VĚSTNÍK MZ ČR*, 2007, roč. 2007. Návrh
33. ČSN EN 61223-2-5. Hodnocení a provozní zkoušky při zpracování lékařských obrazových informací-Část 2-5: Zkoušky stálosti- Obrazové displeje (854012) duben

SEZNAM TABULEK

TAB. Č. 1: OBECNÉ LIMITY	17
TAB. Č. 2: LIMITY PRO RADIAČNÍ PRACOVNÍKY	17
TAB. Č. 3: PRO UČNĚ A STUDENTY	17
TAB. Č. 4: PŘEHLED VELIČIN A JEDNOTEK POUŽÍVANÝCH V RADIOLOGII RADIOBIOLOGII A RADIAČNÍ OCHRANĚ	30
TAB. Č. 5: VELIČINY POUŽÍVANÉ VE STANOVENÝCH ROČNÍCH LIMITECH OZÁŘENÍ.....	30
TAB. Č. 6: ROČNÍ LIMITY OZÁŘENÍ PRO RADIAČNÍ PRACOVNÍKY A JEJICH VZTAH K CÍLŮM RADIAČNÍ OCHRANY	32
TAB. Č. 7: DIAGNOSTICKÉ REFERENČNÍ ÚROVNĚ PRO MAMOGRAFICKÉ VYŠETŘENÍ.....	39
TAB. Č. 8: VYHODNOCENÍ ROK PŘED A PO ZAVEDENÍ DIGITALIZACE	46

SEZNAM GRAFŮ

GRAF Č. 1: VYHODNOCENÍ ROK PŘED A PO ZAVEDENÍ DIGITALIZACE.....	48
GRAF Č. 2, 3: SKIASKOPIE A SKIASKOPICKÁ ANGIOGRAFIE (FNHK).....	50
GRAF Č. 4, 5: CT A INTERVENČNÍ RADIOLOGIE (FNHK).....	50
GRAF Č. 6, 7: MAMOGRAFIE (FNHK, PRIVÁTNÍ MAMOLOGICKÁ ORDINACE PKII HKIII).....	50
GRAF Č. 8, 9: KONVENČNÍ RTG ODDĚLENÍ (FNHK)	51
GRAF Č. 10, 11: KONVENČNÍ RTG ODDĚLENÍ (PRIVÁTNÍ).....	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. Č. 1: PRŮMĚRNÉ ROČNÍ OZÁŘENÍ Z JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ.....	23
--	----

8 PŘÍLOHY

Příloha 1 Dotazník

Příloha 2 Zkoušky dlouhodobé stability

Příloha 1 Dotazník

Informovanost RA při dodržování principů a správné praxe radiální ochrany

Konvenční rtg pracoviště - sledované pásmo:

RO - pacientů:

1. Provádíte jednotlivá lékařská ozáření v souladu s místními radiologickými standardy?
 - Ano
 - Ne

2. Z vyšetřování pacientů vyplývá radiální zátěž, uvědomujete si, že zvyšováním expozičních hodnot zvyšujete dávku pacientovi?
 - Ano
 - Ne

3. Dáváte pacientce podepsat informovaný souhlas s rtg vyšetřením při podezření na těhotenství?
 - Ano
 - Ne

4. Je u Vás zavedeno pravidlo 10 dnů při rtg vyšetření v pánevní oblasti?
 - Ano
 - Ne

5. Vykrýváte pacientům radiosenzitivní orgány, které nejsou indikovány neporušenými ochrannými Pb prostředky?
 - Ano
 - Ne

6.

Vyhovíte pacientovi, pokud na Vás požaduje osnímkovat oblast, která není indikována na žádance k rtg vyšetření?

- Ano
- Ne

7. Setkáváte se s chybným stranovým označením k žádankám na rtg vyšetření?

- Ano
- Ne

8. Poučujete doprovod bezprostředně před rtg vyšetřením (*např. u imobilní osoby, dítěte*) o postupu vyšetření a zajišťujete vyplnění tiskopisů o dobrovolném souhlasu se vstupem do prostoru záření?

- Ano
- Ne

9. Máte na pracovišti dostatek neporušených OOPP pro pacienty (*Pb límec, Pb zástěra, Pb ochrana gonád*)?

- Ano
- Ne

10. Má pacient volný přístup do sledovaného pásma?

- Ano
- Ne

RO - personálu:

11. Je pro Vaše pracoviště vypracován standard postupů lékařské radiologické péče pro každé vyšetření a radiologický přístroj?

- Ano
- Ne

12. Máte zavedený program zabezpečení jakosti a optimalizace zobrazovacího procesu pro optimalizaci radiační ochrany Vašeho pracoviště?

- Ano
- Ne

13. Pokud snímkuje, provádíte před začátkem provozu kontrolu celistvosti a neporušenosti rtg zařízení?

- Ano
- Ne

14. Odpovídáte pacientům na dotazy ohledně rizika záření?

- Ano
- Ne

Skiaskopie (*skiaskopická angiografie*) - kontrolované pásmo

RO - pacientů:

1. Minimalizujete skiaskopický čas?

- Ano
- Ne

2. Maximalizujete vzdálenost mezi rentgenkou a pacientem?

- Ano
- Ne

3. Maximalizujete vzdálenost mezi pacientem a receptorem obrazu?

- Ano

- Ne
4. Kolimujete rtg svazek pouze na oblast zájmu?
- Ano
 - Ne
5. Používáte ke snížení dávek záření pulzní skiaskopie?
- Ano
 - Ne
6. Minimalizujete délku a počet skiagrafických frekvencí na klinicky přijatelnou úroveň?
- Ano
 - Ne
7. Provádíte záznam již z provedeného snímku (*pokud to lze*), využíváte funkce: “Last image hold”?
- Ano
 - Ne
8. Používáte zvětšení s rozvahou?
- Ano
 - Ne
9. Používáte správnou volbu napětí a filtrace (*snížení dávky na kůži*)?
- Ano
 - Ne
10. Zaznamenáváte údaje o expozici, ke zpětnému odhadu radiační zátěže?
- Ano
 - Ne

RO - personálu:

11. Jste zařazeni do kategorie A, umožňuje vám zaměstnavatel nahlédnout do Vaší dokumentace u oprávněného lékaře?
- Ano

- Ne
12. Přebíráte žádanku k vyšetření řádně zdůvodněnou a volíte správný diagnostický postup, aby expozice byla optimalizovaná?
- Ano
 - Ne
13. Minimalizujete skiaskopický čas?
- Ano
 - Ne
14. Pokud je to klinicky možné, zvětšujete svou vzdálenost od rtg svazku?
- Ano
 - Ne
15. Používáte všechny dostupné neporušené ochranné prostředky (*límce, ochranné brýle, pomůcky - Pb zástěry, stolní závěsy a boční stínění, pojízdné stínící zástěny*)?
- Ano
 - Ne
16. Myslíte si, že dvoudílné zástěry (*vesta, sukně*), s ekvivalentem 0,25 mm Pb poskytují dostatečné stínění?
- Ano
 - Ne
17. Je možnost volby přídavné filtrace vhodná?
- Ano
 - Ne
18. Omezujete provoz na nejnutnější dobu?
- Ano
 - Ne
19. Je na Vašem pracovišti prováděn tzv. klinický audit?
- Ano
 - Ne

20. Nosíte dozimetr na zástěře v referenčním místě, nebo z dalších možných dozimetrů prstýnkový, v oblasti očí nebo čela ev. operativní pro okamžitou kontrolu?

- Ano
- Ne

CT, intervenční radiologie - kontrované pásmo:

RO - pacientů:

1. Je radiační ochrana na Vašem pracovišti správně optimalizována?

- Ano
- Ne

2. Dodržujete správné referenční hodnoty pro daný typ vyšetření, ke snížení rizika stochastických účinků?

- Ano
- Ne

3. Sledujete, zda je řádně zdůvodněno vyšetření na žádankách zejména u dětských pacientů?

- Ano
- Ne

4. Seznamujete pacienta s průběhem vyšetření, možnými riziky a způsoby tlumení bolesti?

- Ano
- Ne

5. Ptáte se, zda vyšetřovaný dodržel 4 hodinové lačnění, dále dotaz na alergickou anamnézu a na co se léčí - diabetes, ledviny atd.?

- Ano
- Ne

6. Kontrolujete laboratorní vyšetření, krvácivost, srážlivost?

- Ano
- Ne

7. Podepisuje u Vás pacient před vyšetřením informovaný souhlas s výkonem?

- Ano
 - Ne
8. Pacient je vystaven radiační zátěži, snižujete dávku IZ při CT navigaci scanováním v „Low-dose“ protokolu?
- Ano
 - Ne
9. Myslíte si, že závisí celkové množství záření, které pacient obdrží během vyšetření, na kraniokaudálním rozsahu CT scanu?
- Ano
 - Ne
10. Lze snížit radiační zátěž pacienta, zvýšením napětí, snížením proudu a správnou volbou filtrace?
- Ano
 - Ne

Ro - personálu:

11. Je pro Vaše pracoviště vypracován standart postupů lékařské radiologické péče pro každé vyšetření a radiologický přístroj?
- Ano
 - Ne
12. Máte zavedený program zabezpečení jakosti?
- Ano
 - Ne
13. Provádíte denní vizuální kontrolu funkčnosti ovládacích a indikačních prvků, posuzujete výskyt artefaktů?
- Ano
 - Ne
14. Zaznamenáváte všechny aspekty vyšetření od přijetí pacienta až po konečnou diagnózu?
- Ano

- Ne
15. Používáte ochranné pomůcky k redukci dávky rozptýleného záření (*Pb zástěry, límce, ochranné brýle, závěsné stínění, stropní závěs*)?
- Ano
 - Ne
16. V jakém časovém intervalu jsou pro Vás vyhodnocovány osobní dozimetry?
Zaškrtněte:
- Měsíčně
 - Tříměsíčně
17. Dodržujete na vašem pracovišti RO stíněním a vzdáleností od zdroje, nejen u Vás, ale i u doprovodné osoby (*vyšetření dítěte*) a instrumentační sestry, která je přítomna ve vyšetřovně při expozici pacienta?
- Ano
 - Ne
18. Využíváte ochranu časem, tzn. střídáte se na pracovišti s nižší radiací zátěží?
- Ano
 - Ne
19. Používáte a střídáte vhodné projekce (*pokud je to možné*), častěji PA než šikmou a boční?
- Ano
 - Ne
20. Myslíte si, že je vhodné využívat z důvodu RO (*při CT angiografickém vyšetření*) polohu rentgenky pod vyšetřovacím stolem a polohu detektoru co nejbližší zobrazované oblasti?
- Ano
 - Ne

Mamografické digitální pracoviště:

RO – personál + pacient:

1. Je u Vás zaveden systém zabezpečení jakosti s požadavky stanovenými vyhláškou č. 214/1997 sb?

- Ano
 - Ne
2. Účastní se radiologický fyzik celého procesu zajištění a provádění zkoušek provozní stálosti?
- Ano
 - Ne
3. Provádíte periodické testy (*průběžné, denní, týdenní*) kvůli závadám zjištěným při ZPS nebo při jiném servisním zásahu do zobrazovacího řetězce?
- Ano
 - Ne
4. Provádíte průběžně vizuální kontrolu rtg zařízení (*zejm. neporušenost kompresní desky*)?
- Ano
 - Ne
5. Kontrolujete týdně správnou funkci expoziční automatiky pomocí fantomu?
- Ano
 - Ne
6. Zjišťujete přesnost síly indikátoru komprese měsíčně nebo čtvrtletně?
- Ano
 - Ne
7. Provádíte týdně testovací zkoušku reprodukovatelnosti standardního nastavení expozice?
- Ano
 - Ne
8. Provádíte týdně kontrolu homogenity odezvy plochy receptoru obrazu na rtg záření?
- Ano
 - Ne
9. Provádíte zkoušky provozní stálosti?

- Ano
- Ne

10. Jste řádně proškoleni v dodržování ochrany na mamografickém pracovišti?

- Ano
- Ne

Příloha 2 Zkoušky dlouhodobé stability

