



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
Fakulta zdravotně sociální
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Bakalářská práce

Evidence dávkových parametrů na radiodiagnostických pracovištích – současný stav

Vypracovala: Monika Mrázová
Vedoucí práce: MUDr. Zdeněk Chudáček, Ph.D.

České Budějovice 2014

Abstrakt

Tématem bakalářské práce je: „Evidence dávkových parametrů na radiodiagnostických pracovištích – současný stav“, které je velice aktuální nejen v současné době, ale především do budoucna. Důvodem je stále se zvyšující počet vyšetření, které využívají ionizující záření.

Teoretická část práce se zabývá charakteristikami ionizujícího záření. Vysvětluje interakce ionizujícího záření s hmotou a buňkami. Pozornost je také věnována mechanismu poškození buněk lidského těla. Jsou zde vyloženy základní principy v systému radiační ochrany. V práci je popsána funkce ionizační komory, jako nejčastějšího zařízení, které se využívá v dozimetrii ionizujícího záření. Nemalá část je věnována vzorečkům, které se rutinně využívají ke stanovení efektivních dávek. Je zde vysvětlen základní ukazatel obezity, body mass index, který má významný vliv na dávku, kterou pacient obdrží během vyšetření. V závěru teoretické části práce jsou zmíněny nemocniční informační systémy a programy, které nově nabízejí firmy pro evidenci dávkových parametrů na radiodiagnostických pracovištích. Nedílnou součástí je také legislativa, která evidenci dávkových parametrů upravuje, nejen v rámci České republiky, ale také v Evropské unii.

Cílem práce bylo zhodnotit současnou legislativu ve vztahu k evidenci dávkových parametrů a porovnat způsoby a efektivitu při evidenci dávkových parametrů na dvou srovnatelných radiodiagnostických pracovištích.

Výzkumná otázka práce byla zformulována takto : „Liší se způsob a efektivita evidence dávkových parametrů na dvou srovnatelných radiodiagnostických pracovištích?“

Praktická část této bakalářské práce poskytuje srovnání dvou radiodiagnostických pracovišť. Potřebná data byla zjišťována osobní návštěvou na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory a na Klinice zobrazovacích metod 2. LF UK FN Motol. Kvalitativní výzkum byl prováděn formou pozorování a rozhovorů

s pověřenými pracovníky, kteří se na pracovišti zabývají evidencí dávkových parametrů. Na dvou srovnatelných radiodiagnostických pracovištích bylo položeno 10 totožných otázek.

Dále byla v rámci praktické části bakalářské práce provedena analýza poskytnutých dat z databáze z Radiodiagnostického oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory. Byla zpracována vyšetření, která byla provedena na tomto oddělení od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014. Jednalo se o vyšetření rentgenová, mamografická a o data z vyšetření výpočetní tomografií. Z důvodu toho, že v databázi jsou u jednotlivých komplexních vyšetření udány pouze celkové dávky, nebylo možno provést naprosto detailní statistické šetření. Bylo nutné zpracovat vyšetření všech oblastí lidského těla najednou, což ovlivnilo příslušné výsledky. Docházelo totiž ke srovnání vysoko dávkově náročných vyšetření s vyšetřeními, které je možno provést s mnohonásobně nižší dávkou. Porovnány jsou průměrné dávky, které pacienti obdrželi v závislosti na lékaři, který vedl příslušný výkon.

Z důvodu stoupajícího počtu vyšetření výpočetní tomografií, bylo vybráno 20 nejvíce dávkově náročných vyšetření. Bylo zjišťováno, o jaká vyšetření se jednalo a co mohlo zapříčinit takto vysokou dávku. Největší pozornost byla věnována hodnotě BMI u pacienta. Jelikož nejsou informace o hmotnosti a výšce pacienta v nemocničním informačním systému úplné, bylo analyzováno 20 dávkově nejnáročnějších vyšetření, u kterých bylo možné tyto údaje zjistit. U 3 vyšetření bylo provedeno srovnání hodnoty DLP dle odlišných BMI pacienta. Všechny výsledky byly zpracovány do přehledných tabulek a grafů.

V diskuzi jsou rozebrány všechny výsledky a porovnány s teoretickou částí této bakalářské práce. Kapitoly jsou doplněny o osobní domněnky a názory.

Na výzkumnou otázku bylo odpovězeno takto: „Ano, způsob a efektivita evidence dávkových parametrů na dvou srovnatelných radiodiagnostických pracovištích se liší.“

V závěru bakalářské práce jsou shrnuty výsledky kvalitativního výzkumu a navrženy možnosti zlepšení v oblasti evidence dávkových parametrů.

Klíčová slova:

ionizující záření, dozimetrie, radiační ochrana, nemocniční informační systém, databáze

Abstract

The topic of my bachelor thesis is: "Record keeping of batch parameters at radiodiagnostic workplaces - current state ". The topic is very relevant not only at present but most importantly for the future, because of the increasing number of examinations using ionizing radiation.

The theoretical part of the thesis deals with the characteristics of ionizing radiation. It explains the interaction of ionizing radiation with substance and cells. Attention is also paid to the mechanism of damage caused to the cells of the human body. It explains the basic principles of radiation protection. The paper describes the function of the ionization chamber, as the most common device used in dosimetry of ionizing radiation. A large section is devoted to formulas, which are routinely used to determine the effective doses. It explains basic indicator of obesity, body mass index, which has a significant impact on the dose received by a patient during examination. At the end of the theoretical part, hospital information systems and programs, offered by companies for record keeping of batch parameters at radiodiagnostic workplaces, are mentioned. An integral part is also the legislation which governs the registration of batch parameters, not only in the Czech Republic, but also in the European Union.

The aim of the thesis was to assess the current legislation in relation to the record keeping of batch parameters and to compare the methods and effectiveness of the batch parameters record keeping for two comparable radiodiagnostic workplaces.

The research question of the thesis was formulated as follows: "Do two comparable radiodiagnostic workplaces differ in method and effectiveness of batch parameters record keeping? "

The practical part of the bachelor thesis provides a comparison of two radiodiagnostic sites. The required data was assessed during a personal visit at the Department of Radiology of University Hospital Plzeň - Bory and at the Department of Imaging Methods, 2nd Faculty of University Hospital Motol. The Qualitative research

was conducted through observation and interviews with authorized personnel engaged in the work with records of batch parameters. 10 identical questions were asked at the two comparable radiodiagnostic sites.

Furthermore, an analysis of data provided by the database of Radiodiagnostic Department of the University Hospital in Plzeň - Bory was conducted in the practical part of the thesis. The examinations performed at this department from 1 January 2014 to 15 April 2014 were compiled. It included the examinations using X-ray, mammography and data of computer tomography. Due to the fact that only the total dose of each comprehensive examination is recorded in the database, it was not possible to carry out perfectly detailed statistical investigation. It was necessary to elaborate the examination of all areas of the body at one time, thus affected the relevant results. The high dose examinations were compared with the examinations which are performed using a much lower dose. The average dose received by patients, depending on the doctor who led a respective examination, are compared.

Due to the increasing number of computer tomography, 20 most dose-intensive examinations were selected. What examination it was and what could cause such a high dose was examined. The greatest attention was paid to the patient's BMI. Since no information about the height and weight of the patient is complete in the hospital information system, we analyzed 20 most dose intensive examinations in which the data could be determined. In 3 examinations the comparison of DLP value was conducted according to various BMI of the patient. All results are summarized in tables and graphs.

In the discussion, all results are analyzed and compared with the theoretical part of the thesis. The chapters are supplemented with personal beliefs and opinions.

The research question was answered as follows: „ Yes, method and effectiveness of record keeping of batch parameters at two comparable radiodiagnostic sites are different. ”

In conclusion, the thesis summarizes the results of the qualitative research and suggests opportunities for improvement in the area of evidence batch parameters.

Keywords:

ionizing radiation, dosimetry, radiation protection, hospital information system, database

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala 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 13.8.2014

.....

(Monika Mrázová)

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu primáři MUDr. Zdeňku Chudáčkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích. Mé poděkování patří též Ing. Kateřině Daníčkové za spolupráci při získávání údajů pro výzkumnou část práce.

Obsah

Seznam použitých zkratk	12
Úvod	14
1 Teoretická část	16
1.1 Ionizující záření.....	16
1.1.1 Zdroje ionizujícího záření a expozice obyvatelstva	16
1.1.2 Interakce ionizujícího záření s prostředím.....	17
1.2 Účinky ionizujícího záření.....	18
1.2.1 Deterministické účinky	19
1.2.2 Stochastické účinky	20
1.3 Poškození buňky ionizujícím zářením.....	20
1.3.1 Stavba živočišné buňky	20
1.3.2 Tvorba volných radikálů po ozáření	21
1.3.3 Radiační poškození DNK	22
1.3.4 Aberace chromosomů	23
1.3.5 Radiační poškození na buněčné úrovni	24
1.4 Dozimetrie ionizujícího záření	25
1.4.1 Dozimetrické veličiny při konvenčních rentgenových vyšetřeních	25
1.4.2 Dozimetrické veličiny při vyšetření pomocí výpočetní tomografie	26
1.4.3 Dozimetrické veličiny při angiografických vyšetřeních.....	28
1.5 Radiační zátěž pacientů v radiodiagnostice.....	30
1.5.1 Střední absorbovaná dávka	30
1.5.2 Ekvivalentní dávka	30
1.5.3 Efektivní dávka	31
1.6 Body mass index (BMI)	33
1.7 Lékařské ozáření.....	34
1.7.1 Princip odůvodnění.....	34
1.7.2 Princip optimalizace	35
1.8 Radiační ochrana pacientů v radiodiagnostice	35
1.8.1 Ochrana pacientů v konvenční radiodiagnostice	36
1.8.2 Ochrana pacientů při CT vyšetření	37
1.8.3 Ochrana pacientů při skiaskopických vyšetřeních.....	38
1.9 Informační systémy ve zdravotnictví	39
1.9.1 Nemocniční informační systém	39
1.9.2 Obrazová dokumentace v rámci NIS	40
1.10 Zobrazovací protokoly historie ozáření pacienta	41
1.10.1 DoseWatch – řešení pro dávkování	41
1.10.2 Dose Management – synchronizace práce.....	43
1.10.3 Agfa HealthCare – IMPAX REM.....	43

1.11	Právní úprava evidence dávkových parametrů	44
1.11.1	Evropské společenství pro atomovou energii (EURATOM)	45
1.11.2	Právní úprava evidence dávkových parametrů v ČR.....	45
2	Výzkumná otázka a metodika výzkumu	47
2.1	Cíle práce.....	47
2.2	Výzkumná otázka	47
2.3	Metodika.....	47
3	Výsledky	51
3.1	Evidence dávkových parametrů na radiodiagnostických pracovištích – současný stav	51
3.1.1	Radiodiagnostické pracoviště A	51
3.1.2	Radiodiagnostické pracoviště B	53
3.2	Zkoumaná databáze pro evidenci dávkových parametrů	56
3.2.1	Průměrná hodnota DAP v závislosti na popisujícím lékaři	59
3.2.2	Průměrná hodnota OD v závislosti na popisujícím lékaři	60
3.2.3	Průměrná hodnota DLP v závislosti na popisujícím lékaři	61
3.3	Analýza 20 největších dávek obdržených pacientem při vyšetření výpočetní tomografií	62
3.3.1	CT ledvin u 2 pacientů s rozdílným body mass indexem.....	66
3.3.2	CT břicha a pánve u 2 pacientů s rozdílným body mass indexem ..	67
3.3.3	CT břicha u 2 pacientů s rozdílným body mass indexem.....	68
4	Diskuze.....	69
5	Závěr.....	73
6	Seznam informačních zdrojů	75
7	Seznam obrázků	80
8	Seznam tabulek.....	81
9	Seznam grafů	82

Seznam použitých zkratk

ALARA	as low as reasonably achievable
ATP	adenosintrifosfát
BMI	body mass index
CT	výpočetní tomografie
ČR	Česká republika
DAP	dose area product
DICOM	digital imaging and communications in medicine
DNK	deoxyribonukleová kyselina
DLP	dose length product
ER	endoplazmatické retikulum
ESD	entrance surface dose
Gy	Gray
IZ	ionizující záření
J.kg⁻¹	joule na kilogram
KIS	klinický informační systém
kV	kilovolt
LIS	laboratorní informační systém
mAs	miliamperesekunda
MG	mamografie
mGy	miliGray
mGy.cm²	miliGray na centimetr čtverečný
mSv	miliSievert

NIS	nemocniční informační systém
OD	orgánová dávka
PACS	picture archiving and communication systems
RIS	radiologický informační systém
Rn	radon
RTG	rentgen (-ový)
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
Sv	Sievert
VUG	vylučovací urografie

Úvod

Před více než sto lety objevil německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen paprsky, které nazval paprsky X. Objev na tehdejší dobu nevídaný. Možnost prohlédnout si kosti lidského těla bez bolestivého zásahu do pacienta otevřela novou cestu poznání lidstva z oblasti medicíny. Tímto objevem se začal rozvíjet velice progresivní obor radiologie, který má dnes nezastupitelné místo ve všech zdravotnických zařízeních po celém světě.

Od objevu paprsků X, kdy bylo možné zhotovit pouze málo kvalitní snímky, došlo k rozvoji nejen v technickém ohledu, ale také k širokému klinickému využití rentgenového záření v diagnostice, ale také v terapii.

Nezastupitelné místo v diagnostice má stále konvenční radiologie, která je reprezentována klasickou skiagrafií a skiaskopií. V posledních třiceti letech došlo díky rozvoji digitalizace k přechodu od filmového procesu a ručního vyvolávání snímků, přes vyvolávací automaty, až ke stavu, kdy snímek vzniká po vložení kazety s exponovanou paměťovou folií do čtecího zařízení (systém nepřímé digitalizace), či dochází k expozici snímků na flat panely, které již plně nahrazují kazetový systém. V tomto případě se jedná o systém digitalizace přímé. Mamografická vyšetření jsou dnes běžným standardem při screeningu karcinomu prsu u žen po pětáctýřicátém roce věku. U mužů jsou indikována při nálezů hmatné rezistence v prsu. Dominantou využití rentgenových paprsků se ale stala výpočetní tomografie, která dnes hraje nezastupitelnou roli nejen při polytraumatech. Na rozdíl od konvenčních metod získáváme řezy příslušné oblasti lidského těla a pomocí různých rekonstrukčních programů můžeme následně získat třírozměrný obraz. Přínosem intervenční radiologie, kde po primární diagnostice problému můžeme příčinu potíží ihned odstranit, je zvětšení komfortu pro pacienty a možnost dřívějšího návratu do běžných denních aktivit.

V současné době dochází ke stále většímu podílu ozáření obyvatelstva z medicínských zdrojů. Dostupnost a množství skiagrafičkových a skiaskopických vyšetření, ale také CT výkonů, se neustále zvyšuje. Využití RTG záření v intervenční radiologii je také nemalou složkou celkové radiační dávky populace z medicínských zdrojů.

Nárůstem podílu ozáření obyvatelstva z medicínských zdrojů vyvstala naléhavá potřeba jednotlivé dávky evidovat a využívat těchto dat v rámci ochrany lidského zdraví.

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi a způsoby evidence dávkových parametrů. Zaměřuje se na práci s těmito daty a na možnost jejich následného využití v rámci radiační ochrany.

Cílem této práce je analyzovat současný stav v oblasti evidence dávkových parametrů a porovnat dvě srovnatelná zdravotnická zařízení z hlediska způsobu a efektivitv této evidence. Získaná data porovnat s legislativou, která aktuálně tuto problematiku upravuje.

1 Teoretická část

1.1 Ionizující záření

Ionizující záření má schopnost při průchodu prostředím zapříčinit jeho ionizaci. Ionizací se rozumí vznik iontů při uvolnění elektronů z elektronového obalu. (1,2)

Záření můžeme rozdělit na přímo a nepřímo ionizující. Mezi přímo ionizující korpuskulární záření řadíme elektrony, protony, deuterony, částice alfa a těžké ionty. Tyto nabitě částice mají dostatek kinetické energie na vyvolání ionizace. Oproti tomu nepřímo ionizující záření obsahuje částice, které nejsou nabitě a samy o sobě prostředí neionizují. K ionizaci dochází až po interakci s prostředím a uvolněním sekundárních částic, které jsou za ionizaci zodpovědné. Do této skupiny řadíme neutrony a fotony rentgenového a gama záření. (1,3)

1.1.1 Zdroje ionizujícího záření a expozice obyvatelstva

Radiační zátěž každého člověka se získá součtem ozáření z přírodních a umělých zdrojů.

Největší podíl na radiační zátěži obyvatelstva má záření přírodní. Každý den jsme vystaveni ozáření z kosmu, které se zvyšuje s rostoucí nadmořskou výškou. Pro obyvatele České republiky činí průměrná efektivní dávka za rok **0,3** mSv. Z přírodních radionuklidů je nejvýznamnějším zdrojem radon (^{222}Rn). Inhalací radonu a jeho dceřiných produktů se zvyšuje riziko vzniku karcinomu plic. Každý obyvatel České republiky obdrží během roku efektivní dávku přibližně **3,5** mSv. Ochrana před ozářením z přírodních zdrojů je problematická. Jediný aspekt, který se dá ovlivnit, je eliminace radonu v domech. Doporučuje se časté větrání a u starých staveb se provádí izolace od podloží, ze kterého se uvolňuje nadlimitní množství radonu. (1,4,5)

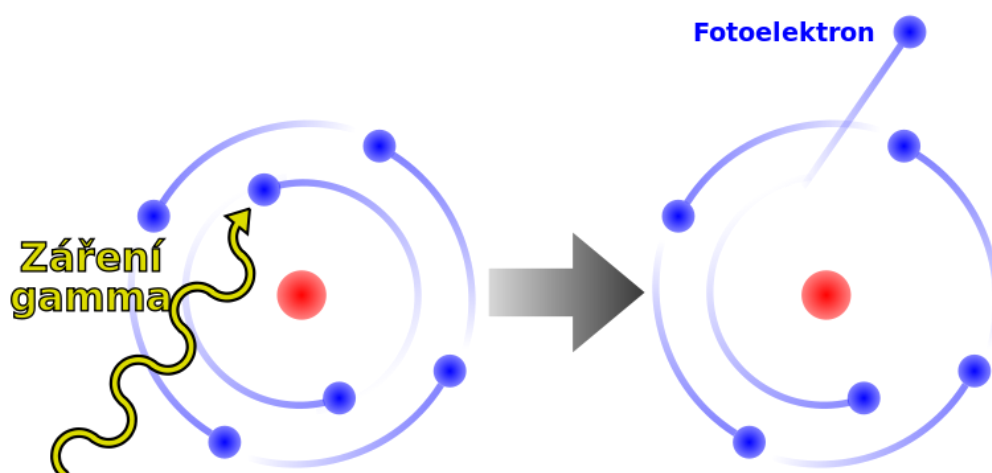
Větší pozornost je věnována ozáření obyvatelstva umělými zdroji. Dominantní podíl zahrnuje lékařské ozáření. Průměrná hodnota činí přibližně **1,3** mSv za rok.

Z celkové hodnoty zaujímá radiodiagnostika **0,9** mSv, nukleární medicína **0,1** mSv a radioterapie **0,3** mSv. Malé procento zaujímají jaderné elektrárny a všeobecný spád radioaktivity, která pochází z pokusů výbuchů atomových bomb. Nízký příspěvek přináší také televizory, osobní počítače a mobilní telefony. (1)

1.1.2 Interakce ionizujícího záření s prostředím

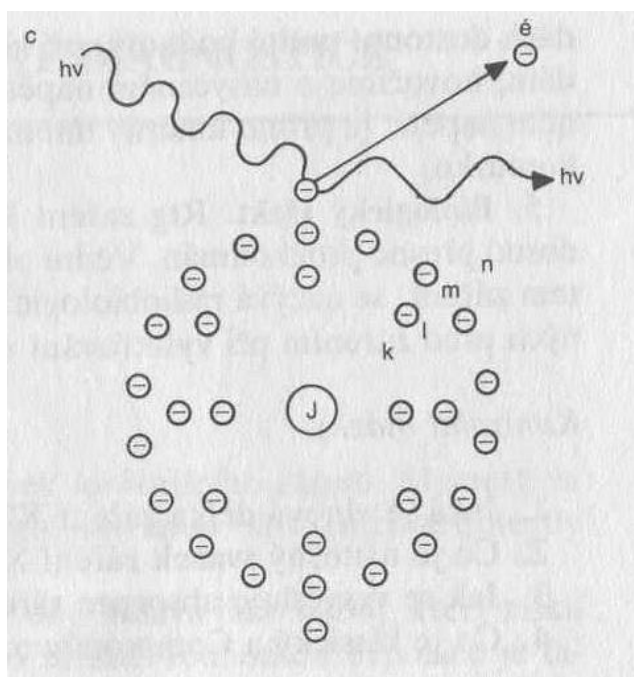
V radiodiagnostice se uplatňují především fotoelektrický jev a Comptonův rozptyl.

Fotoefekt je charakterizován jako interakce, při které foton záření gama předá všechnu svoji energii elektronu, který se nachází na některé z vnitřních slupek elektronového obalu. Tento elektron je z obalu uvolněn a prázdné místo je ihned obsazeno elektronem z vyšší slupky. Přebytek energie je nejčastěji uvolněn ve formě charakteristického rentgenového záření. (1,4)



Obr. 1.1 – Schéma fotoelektrického jevu (6)

Při Comptonově rozptylu interaguje foton gama s elektronem na vnější slupce atomu. Foton předá slabě vázanému elektronu pouze část své energie a pokračuje v letu, ale rozdílným směrem a s nižší energií než foton primární. Elektron je uvolněn z valenční sféry, která je nejvíce vzdálena od jádra. (1,4,7)



Obr. 1.2 - Schéma Comptonova rozptylu (8)

1.2 Účinky ionizujícího záření

Ionizující záření způsobuje zlomy v molekulách DNK. Tímto dochází k indukci poškození. Po účinku záření dochází k blokaci buněčného cyklu nejčastěji v mitóze. Výsledkem je mitotická smrt buněk, která vede k poklesu příslušné buněčné populace. V chromosomech vznikají početní a tvarové změny, které mohou být detekovatelné. Využívají se proto, jako biologické indikátory ozáření. Mutagenní efekt záření na molekuly DNK má vztah zejména k pozdním účinkům záření, protože nedochází ke správné a efektivní reparaci genetické informace. (5)

Základním dělením z hlediska účinku, dávky a ochrany před ionizujícím zářením rozlišujeme dávky deterministické a stochastické. Každou kategorii můžeme dále dělit na účinky časné a pozdní. (4)

1.2.1 Deterministické účinky

Charakteristika deterministických účinků:

- Vznik při dávce překračující práh určité tkáně
- Závažnost poškození tkáně vzrůstá s dávkou
- Negativní účinek se projeví krátce po ozáření
- Reakce tkáně na ozáření v důsledku smrti populace buněk

Mezi časné deterministické účinky řadíme akutní nemoc z ozáření, která vzniká po jednorázovém celotělovém ozáření dávkou, která přesahuje práh. Dle stupně ozáření se projevují 3 typy poškození. Nejprve dochází k poškození hematopoetického systému, dále gastrointestinálního traktu a při velmi vysokých dávkách dochází k narušení funkcí nervového systému. V běžné praxi se s tímto typem poškození většinou nesetkáváme. Týká se převážně havarijních situací například v jaderných elektrárnách. Lokální časné poškození se týká postižení fertility při ozáření gonád.

Pozdní deterministické účinky byly dříve časté u rentgenologů, kteří se nedostatečně chránili před svazkem záření během skiaskopických vyšetření. Docházelo k chronické radiační dermatitidě, kde byla kůže atrofická či hypertrofická. Byl zvýšený výskyt spinocelulárního karcinomu v takto poškozených oblastech. Důležité je také poškození oční čočky, které může vést ke kataraktě, již po jednorázové dávce 1 Gy.

Základní ochranou před těmito účinky je vyvarovat se dlouhodobé expozici záření, protože u dávek, které se nacházejí pod prahovou hodnotou, deterministické účinky nenastanou. (5)

1.2.2 Stochastické účinky

Charakteristika stochastických účinků:

- Vznik je náhodný a bezprahový
- S dávkou vzrůstá frekvence výskytu, ale ne její závažnost
- Účinek se při opakovaných expozicích sčítá
- Zvýšení dávky úměrně zvyšuje pravděpodobnost vzniku účinků

Právě tyto účinky hrají významnou roli v lékařském ozáření. Je totiž dokázáno, že opakující se ozáření zvyšuje riziko vzniku tumorů a leukémií. (5)

Radiační ochrana se zaměřuje na snižování vzniku těchto účinků. Systémy, které se v této oblasti aplikují, jsou rozebrány v dalším textu.

1.3 Poškození buňky ionizujícím zářením

1.3.1 Stavba živočišné buňky

Buňka, latinsky cellula, je základní funkční a morfologickou jednotkou v organismu. (9)

Živočišná buňka se řadí mezi eukaryotické, které mají na rozdíl od prokaryot jádro zřetelně odděleno jadernou membránou od cytoplazmy. Cytoplazmu dělí od extracelulárního prostředí semipermeabilní cytoplazmatická membrána, která je složena z dvojité vrstvy fosfolipidů. (10)

Vysokou metabolickou aktivitu vykazují mitochondrie, kde dochází na její vnitřní membráně k tvorbě ATP, což je nukleotid, který se využívá prakticky ve všech pochodech v buňce. Je zde obsažena také mitochondriální DNK, která se dědí pouze od

matky. Řada mutací, které se zde vyskytují, je spojena s chorobami nervosvalové soustavy. (11, 12)

Jádro slouží jako uložisko genetické informace buňky. Nositeli genetické informace jsou chromosomy. U eukaryot se jedná o lineární útvar, který je pomocí centromery rozdělen na krátké p a dlouhé q raménko. Konce ramének tvoří telomery, kterým se připisuje vliv při stárnutí buněk. Základními složkami každého chromosomu je DNK a specifické proteiny, které se nazývají histony. (13)

Významnou roli v buňce hraje také endoplazmatické retikulum, které se nazývá drsné, pokud jsou na něm navázané ribosomy. Za součást ER je také považován Golgiho komplex, který směřuje nově syntetizované proteiny z ER do lyzozomů, sekrečních granulí, popřípadě do membrány buňky. Pokud se na retikulu ribosomy nevyskytují, tak se označuje jako hladké a slouží k modifikaci proteinů vyprodukovaných na drsném ER. (11)

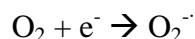
Pohyblivost buňky je zajištěna bílkovinami, které se shrnují pod označení cytoskelet. Součástí cytoskeletu jsou mikrotubuly, které jsou tvořeny alfa a beta tubulinem, mikrofilamenty, která tvoří aktin a myosin a intermediárními filamenty. (11,13)

1.3.2 Tvorba volných radikálů po ozáření

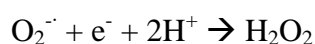
K poškození buněčné membrány dochází nejčastěji účinkem volných radikálů, které jsou velice reaktivní. Volné radikály jsou definovány jako chemické látky, které obsahují volný elektron. Tento volný elektron činí agens velice reaktivní se sklonem reagovat s řadou anorganických i organických sloučenin.

Lidské tělo je tvořeno přibližně 70 % vodou. Z tohoto důvodu je největším zdrojem volných radikálů interakce ionizujícího záření s molekulami vody. Dochází k tvorbě hydroxylového radikálu (OH^\cdot), vodíkového kationtu (H^+), peroxidu vodíku (H_2O_2) a perhydroxylového radikálu (HO_2^\cdot). (4,14)

Atomy vodíku a elektrony (e^-) interagují s molekulami kyslíku (O_2) a dochází k tvorbě superoxidu ($O_2^{\cdot -}$).



Tento superoxidový radikál ($O_2^{\cdot -}$) opět reaguje s elektronem (e^-) tentokrát za vzniku peroxidu vodíku (H_2O_2).



Samotný peroxid vodíku (H_2O_2) nereaguje ochotně s biomolekulami. Situace se mění, pokud je přítomno dvojmocné železo (Fe^{2+}) nebo jednomocná měď (Cu^+). Tato reakce se nazývá jako Fentonova a dává vznik vysoce reaktivnímu hydroxylovému radikálu (HO^{\cdot}), který je významně toxický.



V lidském těle existuje řada enzymatických obranných mechanismů, které se označují jako antioxidanty. Jako příklad může posloužit superoxidodismutáza či glutathionperoxidáza. Mezi nízkomolekulární a běžně se v potravě vyskytující antioxidanty patří například kyselina askorbová (vitamin C). (15)

Volné radikály vznikají v organismu nepřetržitě a jsou zodpovědné za poškození nukleonových kyselin a proteinů. Výsledným efektem jsou bodové mutace mezi jednotlivými nukleotidovými páry a translokace chromosomů. (4,15)

1.3.3 Radiační poškození DNK

Základními stavebními kameny DNK jsou nukleotidy cytidin (C), guanosin (G), adenosin (A) a thymidin (T), které tvoří triplet, pomocí něhož je zapsána genetická informace.

Ionizující záření je charakteristické tím, že způsobuje ve vysoké míře tvorbu zlomů DNK. Zlomy mohou být jednoduché, kdy dochází k poškození fosfodiesterové vazby

pouze na jedné straně dvoušroubovice, nebo dvojité, kdy je přerušena šroubovice na obou stranách. V buňkách probíhají neustále reparační mechanismy, které využívají komplementární informaci na nepoškozeném řetězci u jednoduchých zlomů. Dvojitě zlomy jsou také opravovány, ale reparace probíhá pomaleji a tak představují pro buňku závažné poškození, které může vést ke změně genetického kódu. (16)

1.3.4 Aberace chromosomů

Chromosomy jsou nejlépe pozorovatelné v buňkách, které procházejí mitózou. V tomto stádiu dochází k jejich kondenzaci, která nám umožní je rozpoznat v mikroskopu s fázovým kontrastem. Dnes se nejčastěji využívá fluorescenční in situ hybridizace (FISH).

Mezi chromosomální mutace řadíme delece terminální, kdy dochází ke ztrátě koncové části raménka, a intersticiální, kdy se ztrácí střední část chromosomu. Pokud dojde ke ztrátě obou ramen na jedné chromatidě, tak se volné konce navzájem spojí a vytvoří se kruhové chromosomy.

Při reciproké translokaci se oddělené konce dvou chromatid připojí k chromatidě odlišné. Pokud se to stane u chromatid se shodnou délkou, tak nelze ve světelném mikroskopu změny identifikovat.

Dicentrické chromosomy vznikají při spojení dvou chromatid tak, že vznikne chromatidové vlákno, které obsahuje dvě centromery. Takto zmutované buňky nemají zpravidla schopnost dělení, takže se v organismu patogeneticky neprojeví. Mohou však sloužit jako indikátor expozice ionizujícího záření, které proběhlo v několika minulých měsících. Hovoříme poté o takzvané dozimetrii biologické. Obdobně je možný vznik chromosomů tricentrických. (16)

1.3.5 Radiační poškození na buněčné úrovni

Citlivost buňky na ionizující záření je určena schopností dělení a stadiem její diferenciaci. Na základě těchto charakteristik rozdělujeme buňky na radiosenzitivní a radiorezistentní. (4)

Radiosenzitivní tkáně obsahují velký počet rychle se dělících buněk, které jsou málo diferenciovány. (4) Poškození v těchto tkáních je rychlé a nastává bezprostředně po expozici ionizujícího záření. (17) Můžeme sem zařadit sliznici zažívacího traktu, plod v děloze matky, krvetvornou kostní dřev a lymfatickou tkáň. Také zhoubné nádory mají tyto vlastnosti, proto jejich léčba spočívá v ozařování. (18)

Radiorezistentní tkáně jsou tvořeny naopak málo dělícími nebo nedělícími buňkami, které jsou vysoce diferenciovány. (4) Do těchto tkání řadíme kosti, periferní nervy a zralou chrupavku. (18) K poškození zde dochází až při velmi vysokých a opakovaných dávkách. (17)

Vysoké dávky záření, řádově ve stovkách Gy, způsobí okamžitou smrt vlivem koagulace proteinů. (4)

U nižších dávek dochází ke smrti buňky cestou nekrózy nebo apoptózy. U nekrózy se zvětší organely buňky, ztratí se organizovanost systému a prostřednictvím zánětu dojde k porušení buněčné membrány. Apoptóza je také někdy nazývána jako programovaná smrt buňky, tudíž nedochází k zánětlivé reakci a buňka hyne ve formě apoptotických tělísek, které jsou následně odstraňovány fagocyty. (4)

Z hlediska buněčného cyklu je nejcitlivější fází vlastní mitóza, po ní následuje G1 fáze. Nejvíce radiorezistentní je buňka v syntetické fázi S. U fáze G2 není citlivost k ionizujícímu záření jednoznačně vyjádřena. (4) Většina buněk mnohobuněčných organismů se nachází v G0 fázi, kdy se nedělí, protože jsou již diferenciovány a specializované k určité funkci v organismu. (19)

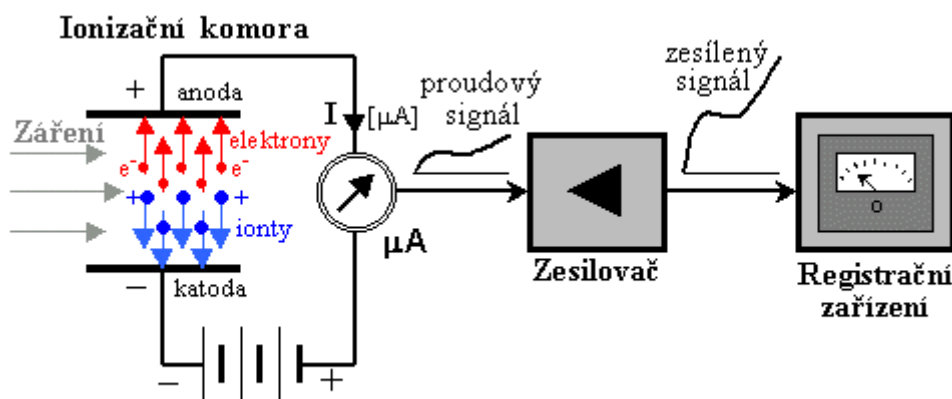
1.4 Dozimetrie ionizujícího záření

Dozimetrie je obor, který se zabývá řadou problémů, které přináší ionizující záření. Řeší problematiku se zdroji a interakcemi IZ. (20) Podoborem klasické dozimetrie je klinická, která se zaměřuje specificky na léčení a diagnostiku pacientů pomocí ionizujícího záření. (21)

1.4.1 Dozimetrické veličiny při konvenčních rentgenových vyšetřeních

Základní veličinou pro stanovení radiační zátěže pacienta při konvenčních rentgenových vyšetřeních je vstupní povrchová dávka (ESD).

K měření ESD se využívají přístroje, které obsahují ionizační komoru. (1) Ionizační komoru tvoří katoda a anoda, které jsou umístěné v prostředí s plynem. Pokud není přítomno záření, tak systémem mezi plynem a elektrodami neprochází žádný proud. Situace se změní při vniknutí ionizujícího záření do prostoru mezi elektrodami. Původně neutrální atomy plynu se změní na kladné ionty a putují ke katodě, elektrony putují na opačnou stranu k anodě. Dojde k uzavření obvodu a na registračním zařízení se indukuje elektrický proud. Proud je přímo úměrný intenzitě IZ. (22,23)



Obr. 1.3 – Schéma ionizační komory (24)

Vstupní povrchová dávka (ESD) je kerma ve vzduchu v místě, kam vstupuje kolimovaný svazek záření do pacienta. V této hodnotě je započítán i zpětný rozptyl.

Kerma je definována vztahem:

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

kde **dEk** zahrnuje součet všech kinetických energií nabitých částic, které byly uvolněny nenabitými částicemi. Hodnota **dm** nám stanoví hmotnost elementu, ze kterého byly uvolněny.

Jednotkou kermy je **Gy**. V případě radiodiagnostiky se pohybují hodnoty v řádech **mGy**. Kerma má nejvyšší hodnotu na povrchu organismu a poté logaritmičtě klesá tak, jak nenabité částice předávají postupně energii nabitým.

Pomocí konverzních faktorů je možnost převést ESD na efektivní dávku. Konverzní faktory jsou uvedeny v tabulkách pro fantomy nejen dospělých, ale také novorozenců a starších dětí (1, 5, 10 a 15 let). Faktory se liší také dle různých projekcí daného vyšetřovaného orgánu. (1,25)

Tab. 1.1 – Příklad diagnostické referenční úrovně pro skiografii (26)

Vyšetření	Projekce	Vstupní povrchová kerma [mGy]
Bederní páteř	AP – předozadní projekce	10
	LAT – boční projekce	30
	LSJ – projekce na LS přechod	40

1.4.2 Dozimetrické veličiny při vyšetření pomocí výpočetní tomografie

Pro stanovení efektivní dávky při CT vyšetření potřebujeme znát dvě veličiny, které se dnes zobrazují na pracovní ploše počítače. Jedná se o objemový dávkový index CTDI_{vol} a veličinu DLP.

Objemový dávkový index získáme ze vztahu:

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{P}$$

kde **CTDI_w** označuje vážený dávkový index, který se stanovuje ve speciálním válcovém fantomu, ve kterém jsou umístěny ionizační komory ve formě tužkových dozimetrů. Jedna ionizační komora se umísťuje do středu a čtyři symetricky pod povrch fantomu. Vážený dávkový index je poté tvořen z jedné třetiny hodnotou centrální a ze dvou třetin hodnotami získanými pod povrchem. Pro hlavové aplikace se využívá válec o průměru 16 cm a na programy v oblasti hrudníku má válec průměr 32 cm. Fantom má podobné rozptylové vlastnosti jako lidské tělo. Tato hodnota nám udává průměrnou radiační dávku ve skenovaném objemu při souvislých skenovacích podmínkách.

Hodnota **P** se využívá pro stanovení radiační dávky u nesouvislých skenů. Jedná se o pitch faktor, který je definován jako posun stolu dělený celkovou kolimací záření. Jinými slovy také stoupavost závitu. (27)

Jednotkou objemového dávkového indexu jsou **mGy**. Tato hodnota nevypovídá nic o dávce, kterou obdržel pacient, ale pouze nás informuje o dávkové náročnosti příslušného akvizičního protokolu.

Veličinu DLP získáme ze vztahu:

$$DLP = CTDI_{vol} * \text{délka vyšetřovaného objemu v ose z}$$

Jednotkou DLP je **mGy.cm²** a informuje nás o skutečné dávce v pacientovi.

Efektivní dávku získáme ze vztahu:

$$E = DLP * Edlp$$

kde E_{dlp} označuje konverzní faktory, které se získávají měřením pomocí matematického antropomorfního fantomu. Pouze tato veličina nás informuje o skutečných rizicích ozáření pro pacienta. (1,25)

Tab. 1.2 – Konverzní faktory u nejčastěji prováděných vyšetření (1)

Vyšetření	Konverzní faktor [$mSv.mGy^{-1}.cm^{-1}$]
Hlava	0,0023
Krk	0,0054
Hrudník	0,017
Břicho – pánev	0,015
Dolní končetiny (vyjma pánve)	0,0012

1.4.3 Dozimetrické veličiny při angiografických vyšetřeních

Základní dozimetrickou veličinou pro vyšetření angiografická je DAP. Jedná se o plošnou dávku, která je dána integrálem kermy. Tato veličina je nezávislá na vzdálenosti od pacienta a umožňuje nám tak určit dávku v kterémkoliv směru rentgenového záření. Jednotkou DAP je $mGy.cm^2$.

Hodnota DAP je vypočítávána ze součinu vstupní dávky rentgenového záření (D) a velikostí ozářeného pole (S).

$$DAP = D.S$$

Vstupní dávka rentgenového záření je závislá na proudu, který prochází rentgenkou, a na expozičním čase. Vynásobením těchto dvou parametrů s koeficientem G, který zahrnuje účinnost produkce rentgenového záření, jeho energii danou napětím, filtrací, vzdáleností a absorpčními koeficienty dané vyšetřované tkáně. Koeficient G je měřen pomocí speciálních vodních fantomů.

Efektivní dávku získáme vynásobením hodnoty DAP, konverzního faktoru a celkového skiaskopického času v minutách. Konverzní faktor nalezneme opět v příslušných tabulkách. (1,25)

Hodnota DAP je měřena pomocí DAP metrů. Jedná se o ionizační komoru, která se umísťuje vně kolimátoru. Speciální kruhové ionizační komory se instalují na příslušná C-ramena. Hodnota DAP nás nejvíce informuje o dávce, kterou pacient obdržel během vyšetření. Můžeme ji využít také v konvenční rentgenové diagnostice. (28)



Obr. 1.4 – DAP metr (28)

1.5 Radiační zátěž pacientů v radiodiagnostice

Pro vyjádření radiační zátěže pacientů se využívají veličiny středních absorbovaných dávek v jednotlivých orgánech či tkáních a dávky efektivní. (29)

1.5.1 Střední absorbovaná dávka

Tato veličina nám charakterizuje, jak ionizující záření působí na konkrétní látku.

Je definována vztahem:

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

kde **dE** definuje střední energii a **dm** hmotnost látky.

Jednotkou je **J.kg⁻¹**, pro který se používá název **Gray (Gy)**.

Střední absorbovaná dávka je měřitelnou veličinou, která nám ale neposkytne informace k předpovědi závažnosti a stanovení pravděpodobnosti biologických účinků. Proto byly zavedeny další veličiny, které nám pomohou lépe charakterizovat pozdní stochastické účinky ionizujícího záření. (5)

1.5.2 Ekvivalentní dávka

Výpočet ekvivalentní dávky ze vztahu:

$$H_t = W_r * D$$

kde **W_r** představuje radiační váhový faktor, který se získá v tabulkách a **D** střední absorbovanou dávku.

Jednotkou je **J.kg⁻¹**, pro který se používá název **Sievert (Sv)**.

Radiační váhový faktor je bezrozměrná veličina, která charakterizuje vliv příslušného ionizujícího záření na riziko vzniku stochastických účinků záření.

V radiodiagnostice, která využívá RTG záření, je radiační váhový faktor roven 1. Prakticky to znamená, že se číselně rovná dávka absorbovaná a ekvivalentní. (5)

1.5.3 Efektivní dávka

Pro výpočet **efektivní dávky** máme vztah:

$$E = \sum W_t * H_t$$

jedná se o součet součinů tkáňových váhových činitelů (W_t) a ekvivalentních dávek (H_t).

Jednotkou je $\mathbf{J.kg^{-1}}$, pro který se používá název **Sievert** (Sv).

Efektivní dávka nám umožňuje hodnotit míru stochastických účinků i při nehomogenním ozáření. Je definována tak, aby odpovídala hodnotě ekvivalentní dávky, která by způsobila při homogenním ozáření shodné poškození.

Tkáňové váhové faktory definují příspěvky jednotlivých tkání a orgánů k celkovému poškození ze stochastických účinků při homogenním ozáření celého těla. Definují radiosenzitivitu jednotlivých tkání a orgánů. Součtem všech tkáňových váhových faktorů získáme číslo 1. (1,5)

Pro přesnější výpočet odhadované efektivní dávky je nutné mít k dispozici také údaje o věku pacienta a jeho výšky s hmotností, která je nutná k výpočtu body mass indexu (BMI).

Vždy by měly být důsledně údaje o aktuální hmotnosti a výšce pacienta zaznamenány ve zdravotnické dokumentaci. Pokud není pacient schopen tyto údaje předložit, je nutné je získat změřením na příslušném oddělení. (30)

Tab. 1.3 – Hodnoty tkáňových váhových faktorů stanovené vyhláškou (5)

Tkáň nebo orgán	Tkáňový váhový faktor (Wt)
Gonády	0,20
Červená kostní dřeň	0,12
Střevo	0,12
Plíce	0,12
Žaludek	0,12
Močový měchýř	0,05
Játra	0,05
Jícen	0,05
Mléčná žláza	0,05
Štítná žláza	0,05
Kůže	0,01
Povrchy kostí	0,01
Ostatní orgány a tkáně	0,05
Suma tkáňových váhových faktorů	1,00

1.6 Body mass index (BMI)

Body mass index, neboli index tělesné hmotnosti, je jedním z nejpoužívanějších ukazatelů obezity.

Hodnotu BMI získáme výpočtem:

$$BMI = \frac{\text{hmotnost (kg)}}{\text{výška}^2 \text{ (m)}}$$

výsledná hodnota BMI je udávána v jednotce **kg/m²**.

K interpretaci získané hodnoty využíváme následující rozdělení:

- BMI menší než 18,5 → podváha
- BMI v rozmezí mezi 18,5 až 24,9 → normální tělesná hmotnost
- BMI v rozmezí 25,0 až 29,9 → nadváha (dnes označováno jako preobezita)
- BMI vyšší než 30,0 → obezita
 - BMI v rozmezí 30,0 až 34,9 → obezita 1. stupně
 - BMI v rozmezí 35,0 až 39,9 → obezita 2. stupně
 - BMI vyšší než 40,0 → obezita 3. stupně

V roce 2005 proběhla epidemiologická studie pod záštitou České lékařské společnosti ČSL JEP a České obezitologické společnosti, která zjišťovala prevalenci BMI u české společnosti. Výsledky srovnávala s předchozí studií, která probíhala v roce 2000 až 2001.

Výsledky poukázaly na skutečnost, že přibližně **52 %** dospělé české populace se pohybuje dle hodnot body mass indexu nad hranicí normální hmotnosti. Z této hodnoty se zhruba **35 %** populace pohybuje v pásmu preobezity a **17 %** v pásmu obezity. Výzkum zjistil nárůst respondentů, kteří se nacházeli v pásmu nad hranicí normální hmotnosti, oproti rokům 2000 až 2001 o **3 %**.

Z výzkumu byla zjištěna průměrná hodnota body mass indexu u mužů a u žen. Průměrná hodnota body mass indexu v české dospělé populaci byla v roce 2004 **26,03**. Tato hodnota leží v pásmu nadváhy. V roce 2000 až 2001 průměrná hodnota body mass indexu v české dospělé populaci činila **25,40**. Z výsledku je patrné, že došlo ke zvýšení průměrné hodnoty o **0,63**.

U mužů došlo ke zvýšení průměrné hodnoty body mass indexu z **26,04** na **26,47**. Zvýšení o **0,43**. U žen došlo ke zvýšení průměrné hodnoty body mass indexu z **24,83** na **25,65**. Zvýšení o **0,82**. (31)

1.7 Lékařské ozáření

Definicí lékařského ozáření je vystavení pacientů účinkům ionizujícího záření v rámci diagnostiky či léčby. Dále zahrnuje ozáření osob v souvislosti s preventivními programy, z výzkumných důvodů či pro potřeby pojišťoven. Každé ozáření ve zdravotnickém zařízení je podřízeno principům odůvodnění a optimalizace. (32)

1.7.1 Princip odůvodnění

Principem odůvodnění se rozumí očekávaný individuální prospěch pacienta, který by měl převažovat nad riziky, které se vystavením ionizujícímu záření vyskytují nebo mohou vyskytnout. Vždy je nutné zvážit jiné alternativní metody vyšetření, které by přinesly stejné výsledky, ale bez ozáření pacienta. Jako příklad může sloužit vyšetření meziobratlových plotének, kde vyšetření pomocí CT může být nahrazeno magnetickou rezonancí.

Je nutné dbát před každou aplikací ionizujícího záření na významné předchozí aplikace nejen IZ, ale také radionuklidů v rámci vyšetření či léčby na odděleních nukleární medicíny.

U žen v reprodukčním věku, je vhodné provádět RTG vyšetření pouze v prvních dvou týdnech po menstruaci. Je nanejvýš žádoucí se cíleně ptát na možnost gravidity. Při nemožnosti vyloučení těhotenství, není možné vyšetření provést. Vyšetření za použití ionizujícího záření u těhotných se provádí pouze v neodkladných případech nebo z vitální porodnické indikace. Vždy je nutné použít takovou techniku vyšetření, která nám dá potřebné informace a zároveň dovolí co největší ochranu plodu. (20,26)

1.7.2 Princip optimalizace

Princip optimalizace stanoví pravidlo ALARA. Toto pravidlo nám říká, aby byly udržovány dávky nezbytné pro vyšetření tak nízké, jak je rozumně dosažitelné. To znamená, aby byla použita dávka tak malá, která nám ale nezkrusí výslednou radiodiagnostickou informaci. (5)

Na lékařská ozáření se nevztahují limity, které by stanovovaly omezení ozáření fyzických osob po aplikaci určité dávky ionizujícího záření. Z tohoto důvodu je velice důležité dodržovat správné indikace k vyšetření a omezovat dávky ionizujícího záření na nejnižší možnou úroveň. (5,20)

Vodítkem pro optimalizaci lékařského ozáření jsou diagnostické referenční úrovně, které jsou uvedené ve vyhlášce č. 307/2002 Sb, o radiační ochraně. Tyto úrovně by při vyšetření 70 kilogramů vážícího dospělého člověka za použití standardních postupů neměly být překročeny. (1,26)

1.8 Radiační ochrana pacientů v radiodiagnostice

Základním pravidlem pro všechny radiodiagnostické provozy je úplné vyloučení deterministických účinků a omezení účinků stochastických na co nejmenší možnou úroveň.

Deterministické účinky jsou charakterizované tím, že po překročení určitého prahu dochází k poškození tkáně, které je závislé na dávce. K projevům poškození dochází v průběhu několika dnů až týdnů. Tyto účinky se vyskytují při radiačních haváriích, v běžném režimu lékařského ozáření k nim nedochází.

Oproti tomu účinky stochastické jsou náhodné a bezprahové. S rostoucí dávkou se zvyšuje pravděpodobnost vzniku zhoubného bujení, ale ne závažnost účinku. Opakované expozice ionizujícího záření se sčítají. (3,4)

1.8.1 Ochrana pacientů v konvenční radiodiagnostice

Technické parametry, kterými můžeme ovlivnit radiační zátěž:

Expoziční parametry: Snížení radiační zátěže nejlépe dosáhneme nastavením vyšších hodnot napětí na rentgence (od 70 kV dávky značně nižší) a odpovídajícím snížením elektrického množství (mAs). Dnes je standardem využití expozičních automatů, které po dosažení úrovně nastaveného signálu ukončí expozici. (6,17)

Filtrace: Záření, které vychází z rentgenky je zeslabováno již okénkem krytu rentgenky a chladícím olejem. Tato filtrace odpovídá ekvivalentní 0,5 – 2 mm hliníku. Účelem přídavné filtrace je eliminace nízkoenergetické části spektra záření, které se nepodílí na tvorbě obrazu, ale je již zachyceno v kůži vyšetřované osoby. Běžně se k filtraci využívá hliník a měď. Při mamografických vyšetřeních se také využívá molybden, popřípadě rhodium, protože je nutné získat velmi měkké záření. (5,20)

Expoziční čas: Nejkratší čas, který je nutný k provedení expozice. Z důvodu potlačení pohybové neostrosti způsobené vyšetřovaným objektem, by měl být tento čas co nejkratší. (20)

Vymezení svazku záření: Patří k jedněm z nejdůležitějších parametrů, které by měly být radiologickým asistentem důsledně dodržovány. Svazek záření by měl být nasměrován pouze na vyšetřovaný orgán a velikost pole by měla být co nejmenší se zachycením všech důležitých struktur. Při dodržování této zásady snížíme celkovou dávku v pacientovi a snížíme množství sekundárního záření, které negativně ovlivňuje výslednou kvalitu obrazu. (5,20)

Vzdálenost ohnisko – kůže: Hustota toku částic klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje ionizujícího záření. K získání kvalitního obrazu musí být film nebo detektor ozářen určitou výstupní dávkou. Při kratší vzdálenosti dochází k tomu, že výstupní dávka je konstantní, ale dávka dopadová je výrazně větší. Proto je nutné u většiny snímků dodržovat minimální vzdálenost mezi ohniskem a objektem, která činí 100 cm. Pouze snímek plic a srdce se standardně provádí ze 150 cm, protože nedochází ke zvětšení srdce a tím, ke zkreslení vzájemné velikosti srdce a plic. (20,37)

Stínící pomůcky: Pokud není předmětem vyšetření radiosenzitivní orgán, tak by radiologičtí asistenti měli vždy pacienta vybavit ochrannou zástěrou či nákrčníkem. Ochrana se týká především gonád a štítné žlázy. (5,20)

Fixační pomůcky: Jejich využití je žádoucí zvláště u dětí, které jsou neklidné a tím zvyšují riziko pohybových artefaktů, které mohou zapříčinit možnost opakování snímku. (5)

1.8.2 Ochrana pacientů při CT vyšetření

Je všeobecně známé, že zvláště u CT vyšetření by se mělo dbát na důslednou indikaci lékařů a správné nastavení parametrů radiologickými asistenty. Jako příklad může sloužit CT vyšetření hlavy, kterým obdržíme ekvivalentní dávku ozáření z přírodních zdrojů odpovídající délce přibližně 1 roku.

Oproti klasickým rentgenovým vyšetřením dochází u CT s rostoucím napětím na rentgence k růstu exponenciálně i dávky.

Při nižších hodnotách pitch, kdy se vrstvy spirály vzájemně překrývají, dochází k obdržení vyšší dávky záření.

Mezi proudem rentgenky, součinem mAs, dobou rotace a tloušťkou vrstvy vzhledem k dávce platí lineární závislost. Zdvojnásobením těchto hodnot dochází k rovnocennému zvýšení i dávky záření obdržené pacientem. (5)

1.8.3 Ochrana pacientů při skiaskopických vyšetřeních

Státní úřad radiační ochrany vydal desatero zásad, které by se měly dodržovat při skiaskopických a angiografických vyšetřeních.

1. Maximalizace vzdálenosti mezi rentgenkou a pacientem
2. Minimalizace vzdálenosti mezi pacientem a detektorem
3. Minimalizace skiaskopického času
4. Využití pulzní skiaskopie s co nejnižší frekvencí snímků (nutnost dodržení výtěžnosti požadované diagnostické informace)
5. Při dlouhých výkonech nezařovat stejnou oblast kůže různými projekcemi
6. Pamatovat, že při snímkování objemnějších pacientů se zvyšuje vstupní povrchová dávka
7. Užití šikmých projekcí zvyšuje vstupní povrchovou dávku
8. Neúčelné zvětšení obrazu zvyšuje vstupní povrchovou dávku
9. Minimalizace délky a počtu skiagrafičických sekvencí
10. Kolimace rentgenového svazku pouze na oblast zájmu

Dodržováním těchto pokynů snížíme nejen dávku, kterou obdrží pacient, ale také snížíme dávku, kterou obdrží zdravotnický personál. (33)

1.9 Informační systémy ve zdravotnictví

Množství každodenních informací a dat, která jsou získávána v lůžkových zdravotnických zařízeních, předurčují k vytvoření efektivního systému, který by všechna získaná data evidoval a umožnil jejich neustálý přístup. (34)

1.9.1 Nemocniční informační systém

Nemocniční informační systém (NIS) komplexně shromažďuje, přenáší, zpracovává a deponuje veškeré informace v rámci celé nemocnice. (35)

NIS je zpravidla realizován na podkladě vhodného databázového systému. Databáze je definována jako množina dat, která má definovanou strukturu a je uložena na vhodném paměťovém mediu. Databázové programy nám slouží k definování konkrétních dat, které jsou ukládány, k ověřování a formátování vzájemných vztahů mezi jednotlivými informacemi. Při manipulaci s velkým objemem dat máme možnost jejich třídění, filtrace či sumarizace. Data mohou být využita ke statistickému zpracování při výzkumech či klinických zkouškách v rámci zdravotnického zařízení. Definováním oprávnění jednotlivých uživatelů pro práci s daty můžeme docílit rozsah informací, které může daný zdravotnický pracovník získat. V rámci ochrany osobních údajů, dochází při každém nahlédnutí či při úpravách v dokumentaci k zaznamenání data, času a jména pracovníka, který se v dokumentaci daného pacienta nacházel. Prostřednictvím tohoto systému má lékař možnost ověření předchozích hospitalizací či jednotlivých vyšetření v ambulancích v rámci celého zdravotnického zařízení. Za předchůdce databáze lze považovat papírové kartotéky, které ale neměly zdaleka tak sofistikovaný systém.

Jádrem NIS je klinický informační systém (KIS). Plní funkci centrálního systému, který je lokalizovaný na hlavním serveru. Má zde přístup největší počet uživatelů.

NIS je dále tvořen dílčími podjednotkami, které mají již definovány konkrétní uživatele s možností prohlížení, či práci s touto dokumentací. Jedná se o aplikaci laboratorní informační systém (LIS), který slouží k evidenci vyšetření prováděných na pracovištích klinické biochemie a imunologie. Radiologický informační systém (RIS) nás informuje o výsledcích vyšetření prováděných pomocí zobrazovacích metod. RIS automaticky generuje provozní deník, který je nutný pro následnou archivaci žádank. Máme možnost zde vygenerovat řadu statistik, které pomohou zintenzivnit a zefektivnit provoz daného radiodiagnostického oddělení. (34,35,36)

1.9.2 Obrazová dokumentace v rámci NIS

Systém, který umožňuje zpracování obrazové informace a její následné prohlížení či posílání na různá pracoviště v rámci nemocnice se označuje jako PACS. Hlavním posláním tohoto zařízení je možnost uložení a přenosu digitálních dat. (35)

K výhodám tohoto systému řadíme možnost fungování radiodiagnostických oddělení nezávisle na filmovém materiálu. Dochází k šetření finančních prostředků za chemikálie, filmy, údržbu vyvolávacích automatů a v neposlední řadě také k šetření životního prostředí. Nespornou výhodou je spojení obrazové dokumentace s NIS, kde má lékař na oddělení okamžitě k dispozici nejen výsledný snímek, ale také popis. Zavedením této technologie se zjednodušila kontrola vyšetření zkušeným radiologem i z prostředí mimo zdravotnické zařízení. (12)

Problematickým aspektem PACSu je otázka kompatibility. Každý výrobce má svůj systém, který nemusí komunikovat se sítí jiného zdravotnického zařízení. Častým problémem při předávání výsledných snímků na přenosových mediích je nemožnost nahraná data zobrazit. Řešením se stal standard, který má zajistit kompatibilitu pro všechny uživatele a pro veškerá zobrazení. Tímto standardem je DICOM. (37)

DICOM se skládá z několika služeb, které umožňují širokou možnost pracovat s výslednou obrazovou dokumentací. Je zajištěna komunikace mezi PACS/RIS/NIS. Obsluhující personál získá informace o pacientovi (rodné číslo, alergie, těhotenství), informace o požadovaném vyšetření. DICOM datové soubory na přenositelných mediích mohou být čitelná i mimo zdravotnické zařízení, kde byla obrazová dokumentace pořízena. (34)

1.10 Zobrazovací protokoly historie ozáření pacienta

Výrobci zdravotnické techniky jsou si vědomi sílící poptávky po získávání dat, které by pomohly v evidenci dávek, které pacient obdržel v daném zdravotnickém zařízení. V budoucnosti by měla být data kompatibilní mezi všemi zařízeními v rámci celé České republiky. Myšlenka sjednocení systému v rámci celé Evropské unie se prozatím zdá nedosažitelnou.

1.10.1 DoseWatch – řešení pro dávkování

Společnost GE Healthcare vyvinula aplikaci, která nabízí možnost sběru dat pro analýzu dávek, které pacienti obdrželi na radiodiagnostickém pracovišti daného zařízení.

Software je kompatibilní s údaji o dávkování ve formátu DICOM. Lze aplikovat i na techniku, která není od společnosti GE, nebo která je staršího data výroby. Samozřejmostí je propojení s RIS a PACS, které nám umožní načíst požadavky daného vyšetření a případně získat informace o starších vyšetřeních, které jsou někdy nutné pro doplnění anamnézy.

U pacienta máme udržovány záznamy o hodnotách jeho BMI, o historii všech jeho vyšetření, o oblastech, které byly vyšetřovány a v neposlední řadě také hodnoty, ze kterých je možné vypočítat odhad efektivní dávky.

Všechna získaná data jsou statisticky zpracovávána v denních, měsíčních či ročních intervalech. Výstupy výsledků jsou v grafické podobě ve formátu Excel odesílány lékařům, fyzikům a vrchním radiologickým asistentům.

Program umožňuje nastavení hlídání dávek, které by při dodržení všech opatření neměly být překročeny. Dávky mohou být určeny SÚJBem, či je možné vložit vlastní standardy, které si vytvoří nemocnice. V Belgii se tímto způsobem podařilo snížit dávky o 30 až 40 %. Samotné kontrolování dávek, které pacient obdržel, vedlo radiologické asistenty k důslednějšímu dodržování zásad radiační ochrany.

Při překročení limitu, který je v systému zadán, dojde k odeslání informace primáři oddělení, fyzikovi a vrchnímu radiologickému asistentovi. Vždy se objeví příčina, která vedla k neefektivnímu zvýšení dávky na vyšetření. Jako příklad může sloužit špatná poloha pacienta, která je plně v odpovědnosti radiologického asistenta.

U každého pacienta získá zdravotnický pracovník informaci, zda ho může vyšetřovat nebo by bylo vhodné raději konzultovat s indikujícím lékařem přínos a efektivitu daného vyšetření. (38)



Obr. 1.5 – DoseWatch (38)

1.10.2 Dose Management – synchronizace práce

Společnost Siemens, která patří k jedněm z nejvýznamnějších dodavatelů techniky pro radiodiagnostická pracoviště, vytvořila také aplikaci, která pomáhá zjišťovat potenciální riziko vyplývající z ionizujícího záření obdrženého z lékařského ozáření.

Radiační dávka se automaticky registruje v diagnostickém protokolu. Všechna data jsou kompatibilní se systémem RIS a jsou kdykoliv k dispozici. Software od společnosti Siemens rovněž umožňuje grafický výstup jednotlivých dávek u pacientů, které je možné opět statisticky zpracovat. (39)



Obr. 1.6 – Dose Management (39)

1.10.3 Agfa HealthCare – IMPAX REM

Dr. Jamie Fraser, profesor na Dalhousie University a bývalý prezident Kanadské asociace radiologů, Dorrell Metcalfe a Susan Delaney z nemocnice v Halifaxu pracují na rozvoji projektu IMPAX REM se společností Agfa Healthcare. Jedná se o systém na monitorování radiačních expozičních dávek.

Společnost vyvíjí a neustále zlepšuje systém evidence dávkových parametrů. Neustále upravuje software dle údajů, které získává z klinického pracoviště v nemocnici v Halifaxu. Tvůrci doufají, že se dostane do většího povědomí a stane se jednou z hlavních systémů pro celonárodní databázi.

Nyní je systém ve stadiu, že využívá nejnovější DICOM standardy při sledování údajů v rámci jednotlivých modalit a mezi jednotlivými prodejci zdravotnické techniky. Informuje o dávkách, které mohou být ihned využity v rámci zlepšení péče o pacienty. Poskytuje pokyny pro dávky, které pacient obdržel a umožňuje rychle reagovat na případné odchylky od normálu. Usnadňuje zavedení a využívání osvědčených postupů, které brání zbytečnému nadměrnému vystavení ionizujícímu záření. Neustále zlepšuje a podporuje mapování dávek, které pacienti obdrželi během vyšetření ve zdravotnickém zařízení. (40)



Obr. 1.7 – Agfa HealthCare – IMPAX REM (40)

1.11 Právní úprava evidence dávkových parametrů

Od 1. května 2004, kdy vstoupila Česká republika do Evropské unie, se také stala členem Evropského společenství pro atomovou energii (Euratom). Všechny smlouvy či nařízení, které jsou platné v rámci Evropské unie, jsou v České republice řízeny a publikovány SÚJBem.

1.11.1 Evropské společenství pro atomovou energii (EURATOM)

K základním cílům tohoto společenství patří:

- Podpora výzkumu v jaderné problematice
- Vytvoření jednotného trhu, který zajišťuje volný pohyb nejen materiálu, ale také odborných pracovníků
- Zajištění ochrany zdraví obyvatel a pracovníků, kteří se dostávají do kontaktu s ionizujícím zářením
- Vytvoření jednotných bezpečnostních standardů v oblasti radiační ochrany a systémů kontrol u dodržování těchto standardů
- Vytvoření systému kontrol nad využitím jaderného materiálu a zamezení jeho zneužívání k jiným, než oprávněným účelům

Prozatím nebylo dosaženo jednotných právních úprav v oblastech radiační ochrany pro všechny členské státy Evropské unie. V každém z členských států existuje samostatný úřad, který spravuje danou problematiku a upravuje si nařízení a doporučení EURATOMu. (41)

1.11.2 Právní úprava evidence dávkových parametrů v ČR

Základním legislativním materiálem pro pracoviště s ionizujícím zářením je zákon číslo 18/1997 Sb., atomový zákon. (26)

Jediná právní úprava týkající se evidence dávkových parametrů na radiodiagnostických pracovištích je vyhláška číslo 307/2002 Sb, o radiační ochraně, která nám říká, že u každého lékařského ozáření se zaznamenávají veličiny a parametry umožňující stanovení dávky u každé vyšetřované nebo léčené osoby pro konkrétní

zvolený radiologický postup. O způsobu evidence na jednotlivých pracovištích nám zákon nic neříká. (26)

Zákon číslo 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách s vyhláškou číslo 410/2012 Sb., o stanovení pravidel a postupů při lékařském ozáření nás informuje pouze o pravidlech a postupech při radiační ochraně osob v rámci lékařského ozáření. (42)

Evidence obdržených dávek ionizujícího záření v rámci osobních radiačních průkazů je dnes povinná dle vyhlášky číslo 419/2002 Sb., o osobních radiačních průkazech pouze pro pracovníky vystavené riziku ionizujícího záření v průběhu jejich činnosti v kontrolovaném pásmu. Týká se pracovníků kategorie A, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv za rok. (43)

2 Výzkumná otázka a metodika výzkumu

2.1 Cíle práce

Ve své bakalářské práci jsem si stanovila tyto cíle:

- Zhodnocení současné legislativy spojené s evidencí dávkových parametrů
- Porovnání evidence dávkových parametrů ve dvou srovnatelných zdravotnických zařízeních

2.2 Výzkumná otázka

V bakalářské práci byla stanovena jedna výzkumná otázka:

Liší se způsob a efektivita evidence dávkových parametrů na dvou srovnatelných radiodiagnostických pracovištích?

2.3 Metodika

Teoretická část bakalářské práce byla zpracována s pomocí aktuálně dostupné literatury nejen v knižní, ale také v internetové podobě. Byla popsána charakteristika ionizujícího záření, jeho účinky na lidský organismus a zároveň základní principy radiační ochrany, které se využívají ke snížení negativních účinků na lidské tělo. Zabývala jsem se také mechanismy poškození buněk ionizujícím zářením. Důležitost zmínit mechanismy, kterými dochází k poškození buněk, vidím v tom, že názorně ukazují potřebu toho, proč je nutné se zabývat evidencí dávkových parametrů. Pozornost byla věnována dozimetrii, nemocničním informačním systémům a legislativě, která aktuálně upravuje evidenci dávkových parametrů. K získání informací ohledně automatizovaného systému zaznamenávajícího historii ozáření pacienta jsem se

zúčastnila semináře, který byl věnován prezentaci produktu DoseWatch od společnosti GE Healthcare. Získala jsem informace, které nejsou v běžných zdrojích dostupné. Zjišťovala jsem nejaktuálnější data o průměrné hodnotě body mass indexu v dospělé české populaci.

Praktická část bakalářské práce byla zpracována metodou kvalitativního výzkumu, který je charakterizován menším zkoumaným souborem, jenž nemusí být statisticky reprezentativní.

Zdrojem informací pro první část bakalářské práce byla pozorování a spoluúčast na evidenci dávkových parametrů ve dvou srovnatelných zdravotnických zařízeních. Navštívila jsem Radiodiagnostické oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory a Kliniku zobrazovacích metod 2. LF UK FN Motol. Pozorovala jsem způsoby evidence dávkových parametrů na jednotlivých pracovištích a u jednotlivých přístrojů. Záměrně jsem se soustředila pouze na oblast konvenční radiodiagnostiky, mamografie a vyšetření pomocí výpočetní tomografie. Sledovala jsem, kdo a jakým způsobem získává informace ohledně výšky a hmotnosti pacienta, zda se na pracovišti počítá hodnota body mass indexu a zda se tato hodnota zohledňuje při evidenci dávkových parametrů. Získané výsledky pozorování jsem konzultovala s pracovníky pověřenými evidencí dávkových parametrů, především s radiologickými fyziky a radiologickými asistenty.

Oběma srovnatelným zdravotnickým zařízením jsem položila 10 totožných otázek:

- 1) Evidujete dávkové parametry jednotlivých vyšetření?
- 2) Která data konkrétně evidujete u RTG, MAMOGRAFIÍ a CT?
- 3) Jakým způsobem získáváte potřebná data k evidenci dávkových parametrů?
- 4) Disponuje Vaše pracoviště programem sloužícím k vyhodnocování databáze dávkových parametrů?
- 5) Jak dlouho tuto databázi využíváte? Jak dlouho zpětně je možné data získat?

- 6) Které informace je možné získat z Vaší databáze?
- 7) Evidujete u Vašich pacientů hodnotu body mass indexu? Je tato hodnota uvedena ve Vaší databázi?
- 8) Třídí systém Vaší databáze pacienty dle vyšetřované oblasti?
- 9) Umožňuje Váš systém upozornit lékaře či radiologického asistenta na radiační dávky, které již pacient v minulosti obdržel ve Vašem zdravotnickém zařízení?
- 10) Vidíte přínos v evidenci dávkových parametrů?

Ve výsledcích jsou záměrně uvedena citovaná zdravotnická zařízení jako radiodiagnostické pracoviště A a radiodiagnostické pracoviště B, a to z důvodů etických. Na požádání je možné doložit skutečné relace.

Dále jsem se v praktické části bakalářské práce zabývala zpracováním databáze evidovaných dávkových parametrů. Jednalo se o soubor vyšetření, která byla provedena na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory v období od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014. Bylo zpracováno 3 208 mamografických vyšetření, 9 162 konvenčních rentgenových vyšetření a 2 464 vyšetření pomocí výpočetní tomografie. U RTG vyšetření jsem pracovala s hodnotou DAP, u mamografií s orgánovou dávkou a u výpočetní tomografie s hodnotou DLP. Všechny přístroje pro skiografii na tomto oddělení jsou vybaveny expozičními automaty, které po dosažení určité úrovně signálu ukončí expozici. Vzhledem k charakteru vyhodnocovaných dat, která představovala pouze sumární dávkový parametr pro celé vyšetření, jsem mohla statisticky zpracovat dostupné údaje jen s ohledem na celkovou velikost fyzikální dávky, kterou byl pacient ozářen. Bližší analýza ozáření jednotlivých částí těla možná nebyla. Snažila jsem se vystihnout význam radiačních údajů dostupných v centrální databázi z hlediska hodnocení radiační zátěže pacienta, sledování kvality zobrazovacího procesu a z dalších hledisek.

Z důvodu mimořádně vysoké dávky, kterou pacienti obdrží při vyšetření pomocí výpočetní tomografie, jsem následně analyzovala 20 nejvyšších hodnot DLP, které byly zaznamenány v rámci jednoho CT vyšetření na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň - Bory od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014. Zjišťovala jsem, o jaké vyšetření se jednalo a co mohlo zapříčinit toto enormní zvýšení fyzikální dávky oproti ostatním vyšetřením ve zkoumaném souboru. Zaměřila jsem se na hodnotu body mass indexu. Z důvodu neúplnosti informací ohledně výšky a hmotnosti pacienta v nemocničním informačním systému jsem analyzovala pouze ta vyšetření, u kterých byla tato data dostupná. Srovnávala jsem dvě vyšetření stejného druhu, u nichž byl významný rozdíl obdržené dávky. Analyzovala jsem příčinu tohoto významného rozdílu. Potřebná data jsem získala v nemocničním informačním systému Fakultní nemocnice Plzeň - WinMedicalc. V rámci ochrany osobních údajů pacientů, jsem veškerá data analyzovala v nemocničním zařízení. U analyzovaných pacientů bylo známo jejich křestní jméno, příjmení, zaslepené rodné číslo, datum vyšetření, číslo obálky vyšetření, evidenční číslo popisujícího lékaře a celková hodnota DLP, kterou pacient obdržel. Samostatně jsem u pacientů vyhledávala údaje o hmotnosti, výšce či body mass indexu. Zjišťovala jsem dílčí hodnoty jednotlivých akvizičních protokolů, které vedly k celkové hodnotě DLP. Zjišťovala jsem, zda se jednalo o vyšetření, které se provádí nativně či po aplikaci kontrastní látky. Z důvodu ochrany osobních údajů, jsou jednotliví pacienti uváděni pod číslem, dle velikosti hodnoty DLP od největší po nejmenší v analyzovaném souboru 20 nejhorších obdržených dávek. U tří z těchto pacientů s různým druhem CT vyšetření jsem provedla porovnání DLP s náhodně vybraným pacientem, který neměl dle BMI obezitu a absolvoval zcela obdobný rozsah vyšetření ve stejné oblasti. Analyzovala jsem takto celkem 3 typy vyšetření a výsledky jsem následně graficky zpracovala.

Veškerá data jsem zpracovala v Microsoft Office Word 2010 a Microsoft Office Word Excel 2010.

3 Výsledky

3.1 Evidence dávkových parametrů na radiodiagnostických pracovištích – současný stav

Na základě pozorování a rozhovorů s pověřenými pracovníky, jsem získala informace ze dvou srovnatelných zdravotnických zařízení.

3.1.1 Radiodiagnostické pracoviště A

Otázka číslo 1: Evidujete dávkové parametry jednotlivých vyšetření?

- *„Ano, jak nám ukládá současná legislativa.“*

Otázka číslo 2: Která data konkrétně evidujete u RTG, MAMOGRAFIÍ a CT?

- *„U RTG evidujeme hodnotu DAP. U CT vyšetření hodnotu DLP. Mamografická vyšetření obsahují informace o kV a mA.“*

Otázka číslo 3: Jakým způsobem získáváte potřebná data k evidenci dávkových parametrů?

- *„Všechny přístroje přímé digitalizace odesílají příslušná data automaticky. U přístrojů, které jsou starší nebo pracují systémem nepřímé digitalizace, dochází k evidenci zápisem příslušné hodnoty radiologickým asistentem do provozního deníku.“*

Otázka číslo 4: Disponuje Vaše pracoviště programem sloužícím k vyhodnocování databáze dávkových parametrů?

- *„Ano. Naše pracoviště je vybaveno programem na databázi od společnosti VF, a.s. Černá Hora, která se zabývá dozimetrickými službami. Data jsou automaticky odesílána. Veškerá data jsou také zaznamenána v PACSu.“*

Otázka číslo 5: Jak dlouho tuto databázi využíváte? Jak dlouho zpětně je možné data získat?

- *„V tomto systému jsou data dohledatelná přibližně 2 roky zpětně. Tudíž vyšetření provedena od roku 2012.“*

Otázka číslo 6: Které informace je možné získat z Vaší databáze?

- *„Je možné provést statistické šetření provedených výkonů pro konkrétní dny. U každého vyšetření jsou diagnostické referenční úrovně pro konkrétní typ přístroje, které když jsou u pacienta překročeny, tak dojde ke zvýraznění údajů o dávce. Je možné pořídit výpis konkrétního pacienta o vyšetření a konkrétních dávkách, které v našem zdravotnickém zařízení obdržel. V systému je možné nalézt řadu grafů, které vyjadřují potřebné dávky u jednotlivých vyšetření.“*

Otázka číslo 7: Evidujete u Vašich pacientů hodnotu body mass indexu? Je tato hodnota uvedena ve Vaší databázi?

- *„Na našem pracovišti hodnotu body mass indexu nezjišťujeme. Administrativní pracovnice pouze zapisují na žádanky informace ohledně výšky a hmotnosti pacienta. V databázi jsou tyto informace uvedené.“*

Otázka číslo 8: Třídí systém Vaší databáze pacienty dle vyšetřované oblasti?

- *„Tento systém třídění zatím bohužel v našem systému databáze není možný. V budoucnosti by tato možnost být měla.“*

Otázka číslo 9: Umožňuje Váš systém upozornit lékaře či radiologického asistenta o dávkách, které již pacient obdržel ve Vašem zdravotnickém zařízení?

- *„Ne, automaticky tato informace není poskytována.“*

Otázka číslo 10: Vidíte přínos v evidenci dávkových parametrů?

- *„V současné době vidím velký přínos v možnosti kontroly jednotlivých přístrojů. Při jakýchkoliv nesrovnalostech s dávkami, které daný přístroj aplikuje, je možné hledat příčiny tohoto zvýšení. Přínos pro pacienta je zatím na té nejzákladnější úrovni.“*

3.1.2 Radiodiagnostické pracoviště B

Otázka číslo 1: Evidujete dávkové parametry jednotlivých vyšetření?

- *„Samozřejmě. Vše evidujeme dle současné platné legislativní úpravy.“*

Otázka číslo 2: Která data konkrétně evidujete u RTG, MAMOGRAFIÍ a CT?

- *„U rentgenových vyšetření eviduje naše pracoviště hodnotu DAP. U vyšetření výpočetní tomografií hodnotu DLP. U mamografických vyšetření je pro nás důležitá orgánová dávka. Samozřejmostí je informace o kV a mA v PACSu.“*

Otázka číslo 3: Jakým způsobem získáváte potřebná data k evidenci dávkových parametrů?

- *„U všech moderních přístrojů odcházejí data automaticky do databáze. U starších přístrojů evidujeme příslušné hodnoty v písemné podobě v provozních denících. Data jsou zapisována radiologickým asistentem.“*

Otázka číslo 4: Disponuje Vaše pracoviště programem sloužícím k vyhodnocování databáze dávkových parametrů?

- *„Speciální program na databázi nemáme. Máme vlastní systém, do kterého potřebná data odcházejí.“*

Otázka číslo 5: Jak dlouho tuto databázi využíváte? Jak dlouho zpětně je možné data získat?

- *„Data odcházejí do databáze od roku 2009.“*

Otázka číslo 6: Které informace je možné získat z Vaší databáze?

- *„Z informací, která jsou obsažená v naší databázi, je možné zachytit a analyzovat odchylky od běžné normy u téhož zařízení. Je možné sestavit statistiky podle dat, která jsou v databázi evidována.“*

Otázka číslo 7: Evidujete u Vašich pacientů hodnotu body mass indexu? Je tato hodnota uvedena ve Vaší databázi?

- *„Hodnotu body mass indexu neevidujeme. Informace o výšce a hmotnosti pacienta se píše pouze na žádanky k vyšetření. V databázi zatím tato hodnota uvedena není.“*

Otázka číslo 8: Třídí systém Vaší databáze pacienty dle vyšetřované oblasti?

- *„Data jsou evidována do jednotné databáze. Třídění jednotlivých hodnot dle druhu vyšetřované oblasti zatím není možné.“*

Otázka číslo 9: Umožňuje Váš systém upozornit lékaře či radiologického asistenta o dávkách, které již pacient obdržel ve Vašem zdravotnickém zařízení?

- *„Automaticky se tato hodnota u pacienta nezobrazuje.“*

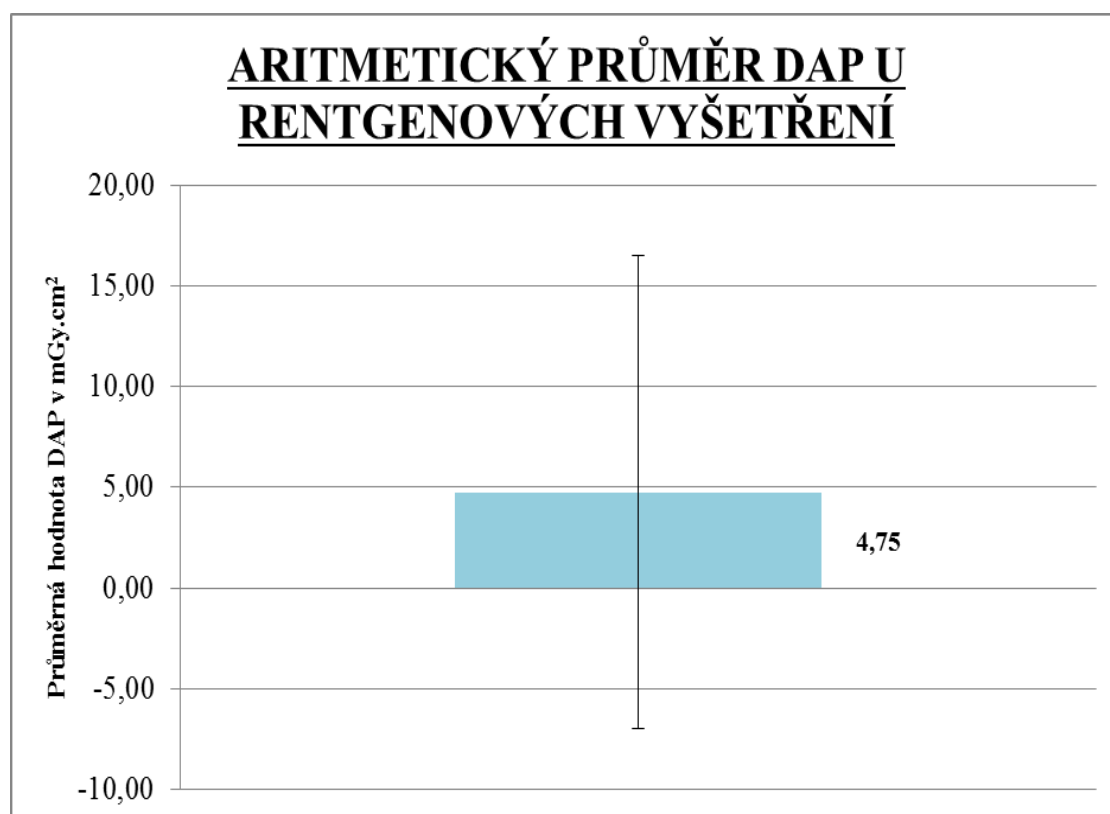
Otázka číslo 10: Vidíte přínos v evidenci dávkových parametrů?

- *„V rámci ochrany lidského zdraví vidím veliký přínos v evidenci dávkových parametrů. O historii ozáření pacienta by se měl zajímat každý pracovník radiodiagnostického pracoviště.“*

3.2 Zkoumaná databáze pro evidenci dávkových parametrů

Tab. 3.1 – Základní statistické hodnoty rentgenových vyšetření

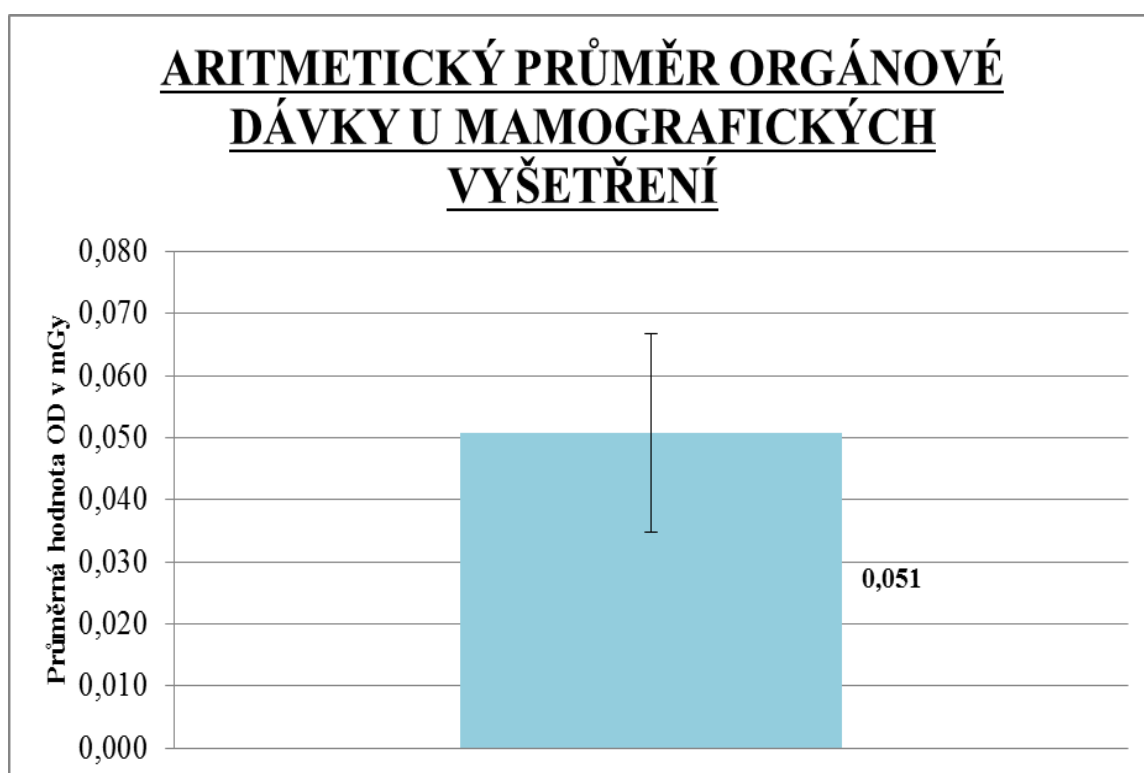
RENTGENOVÁ VYŠETŘENÍ	
Rozsah souboru (n)	9 162
Maximum (MAX)	458,83 mGy.cm ²
Minimum (MIN)	0,01 mGy.cm ²
Medián (Me)	1,02 mGy.cm ²
Aritmetický průměr (\bar{x})	4,75 mGy.cm ²
Rozptyl (s^2)	137,81 mGy.cm ²
Směrodatná odchylka (s)	11,74 mGy.cm ²
Střední chyba průměru (SE)	0,12 mGy.cm ²



Graf 3.1 – Aritmetický průměr DAP u rentgenových vyšetření provedených od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014 na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory se znázorněním chybové úsečky (směrodatné odchylky)

Tab. 3.2 – Základní statistické hodnoty mamografických vyšetření

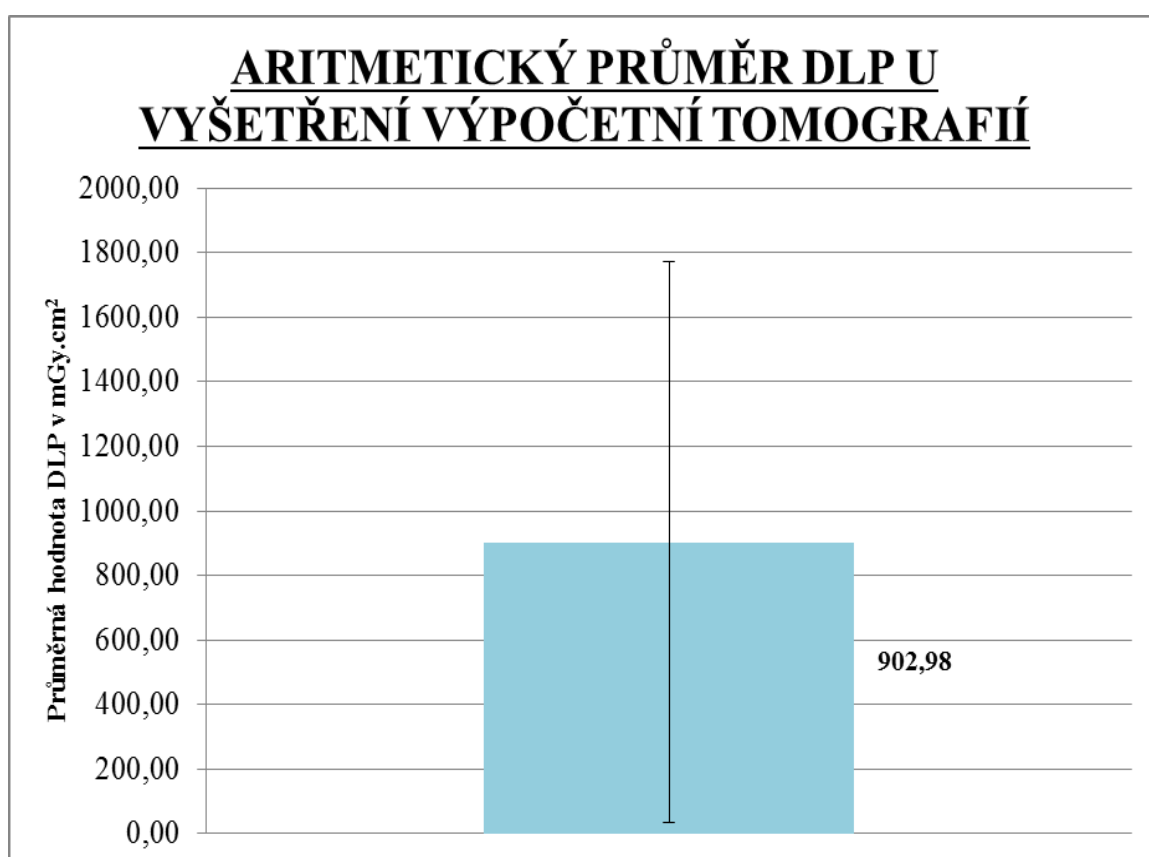
MAMOGRAFICKÁ VYŠETŘENÍ	
Rozsah souboru (n)	3208
Maximum (MAX)	0,166 mGy
Minimum (MIN)	0,004 mGy
Medián (Me)	0,049 mGy
Aritmetický průměr (\bar{x})	0,051 mGy
Rozptyl (s^2)	0,00026 mGy
Směrodatná odchylka (s)	0,016 mGy
Střední chyba průměru (SE)	0,0003 mGy



Graf 3.2 – Aritmetický průměr orgánové dávky u mamografických vyšetření provedených od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014 na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory se znázorněním chybové úsečky (směrodatné odchylky)

Tab. 3.3 – Základní statistické hodnoty vyšetření výpočetní tomografií

VYŠETŘENÍ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFÍÍ	
Rozsah souboru (n)	2464
Maximum (MAX)	8790,92 mGy.cm ²
Minimum (MIN)	32,05 mGy.cm ²
Medián (Me)	565,19 mGy.cm ²
Aritmetický průměr (\bar{x})	902,98 mGy.cm ²
Rozptyl (s ²)	753523,11 mGy.cm ²
Směrodatná odchylka (s)	868,23 mGy.cm ²
Střední chyba průměru (SE)	17,36 mGy.cm ²

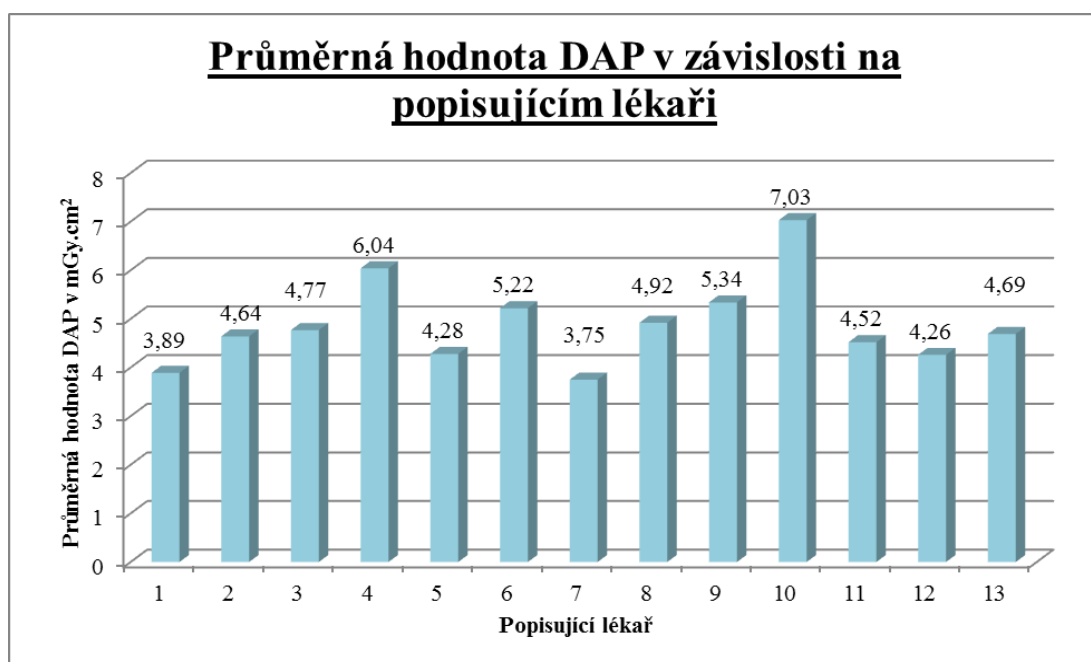


Graf 3.3 – Aritmetický průměr DLP u vyšetření výpočetní tomografií provedených od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014 na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory se znázorněním chybové úsečky (směrodatné odchylky)

3.2.1 Průměrná hodnota DAP v závislosti na popisujícím lékaři

Tab. 3.4 – Počet vyšetření a průměrná hodnota DAP dle popisujících lékařů

Popisující lékař	Počet vyšetření	Průměrná hodnota DAP
1	145	3,89
2	1018	4,64
3	836	4,77
4	832	6,04
5	752	4,28
6	1053	5,22
7	819	3,75
8	183	4,92
9	170	5,34
10	208	7,03
11	1025	4,52
12	1043	4,26
13	1078	4,69

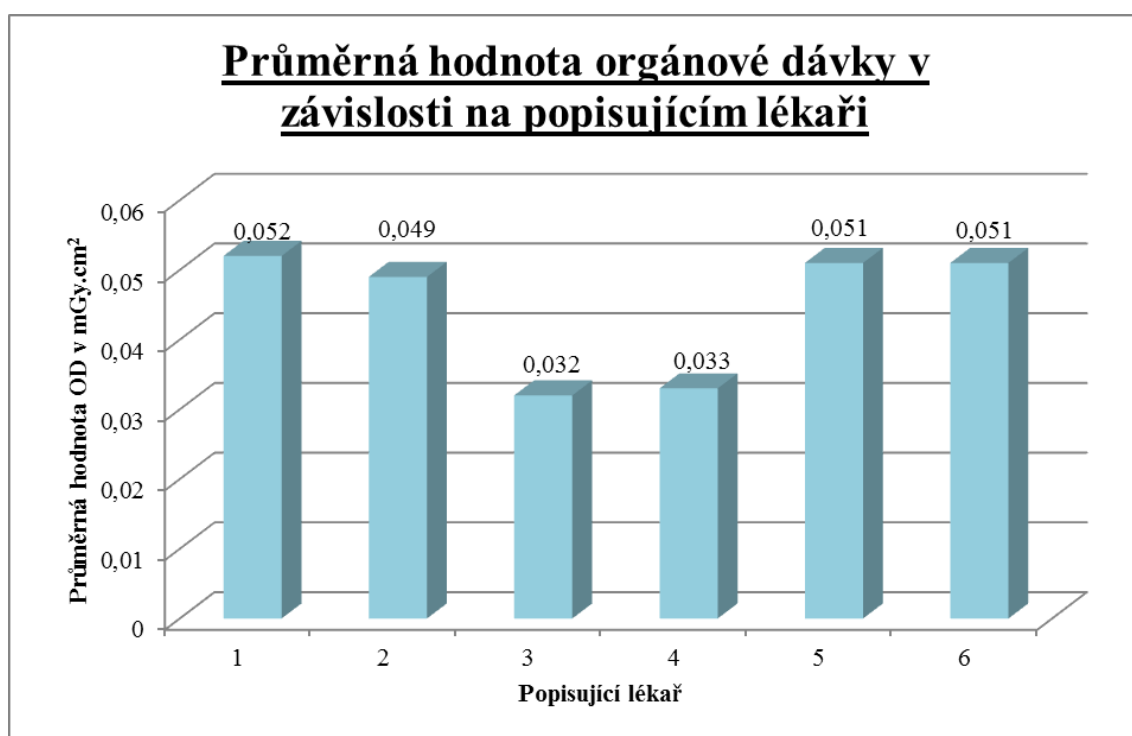


Graf 3.4 – Průměrná hodnota DAP v závislosti na popisujícím lékaři

3.2.2 Průměrná hodnota OD v závislosti na popisujícím lékaři

Tab. 3.5 – Počet vyšetření a průměrná hodnota OD dle popisujících lékařů

Popisující lékař	Počet vyšetření	Průměrná hodnota OD
1	1275	0,052
2	196	0,049
3	47	0,032
4	2	0,033
5	1015	0,051
6	673	0,051

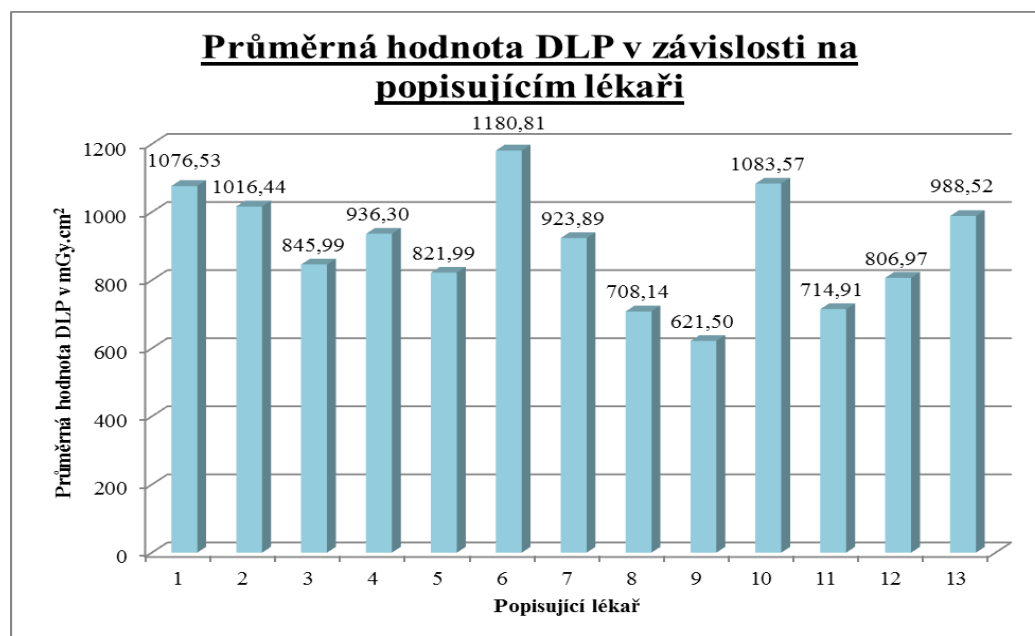


Graf 3.5 – Průměrná hodnota OD v závislosti na popisujícím lékaři

3.2.3 Průměrná hodnota DLP v závislosti na popisujícím lékaři

Tab. 3.6 – Počet vyšetření a průměrná hodnota DLP dle popisujících lékařů

Popisující lékař	Počet vyšetření	Průměrná hodnota DLP
1	24	1076,53
2	270	1016,44
3	396	845,99
4	314	936,30
5	214	821,99
6	234	1180,81
7	89	923,89
8	74	708,14
9	80	621,50
10	91	1083,57
11	334	714,91
12	101	806,97
13	243	988,52



Graf 3.6 – Průměrná hodnota DLP v závislosti na popisujícím lékaři

3.3 Analýza 20 největších dávek obdržených pacientem při vyšetření výpočetní tomografií

Tab. 3.7 – Analýza 20 CT vyšetření

Číslo pacienta	Pohlaví	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI (kg/m ²)	Oblast vyšetření	Hodnota DLP (mGy.cm ²)	Rozpis DLP (mGy.cm ²)
1	ženské	125	1,64	46,5	CT ledvin	8790	Topogram 7
							Abdomen 1502
							Abdomen 2561
							Abdomen 2606
2	mužské	101	1,72	34,1	CT mozku, Th páteře	6682	Topogram 4
							Brain 1308
							Brain 1307
							Th spine 4051
3	mužské	125	1,85	36,5	CT břicha	6581	Topogram 7
							Abdomen 1196
							Abdomen 1761
							Abdomen 1830
4	mužské	142	1,72	48,0	CT břicha a pánve	5062	Topogram 7
							Abdomen 3125
							Abdomen 1930
5	mužské	115	1,75	37,6	CT VUG	4706	Topogram 6
							Abdomen 1274
							Abdomen 1132
							Abdomen 1144

Číslo pacienta	Pohlaví	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI (kg/m ²)	Oblast vyšetření	Hodnota DLP (mGy.cm ²)	Rozpis DLP (mGy.cm ²)
6	ženské	90	1,70	31,1	CT břicha a pánve	4671	Topogram 7
							Abdomen 1188
							Abdomen 1149
							Abdomen 1178
7	mužské	98	1,67	35,1	CT břicha, ledvin, třísel	4586	Topogram 7
							Abdomen 617
							Abdomen 1426
							Abdomen 1432
8	mužské	120	1,90	33,2	CT břicha, pánve, jater	4567	Topogram 7
							Abdomen 590
							Abdomen 1984
9	mužské	115	1,84	34,0	CT břicha a pánve	4537	Topogram 7
							Abdomen 1411
							Abdomen 1555
10	mužské	100	1,85	29,2	CT břicha a pánve	4500	Topogram 7
							Abdomen 589
							Abdomen 1325
							Abdomen 1251
11	ženské	102	1,48	46,6	CT břicha a pánve	4433	Topogram 7
							Abdomen 591
							Abdomen 1810
							Abdomen 377

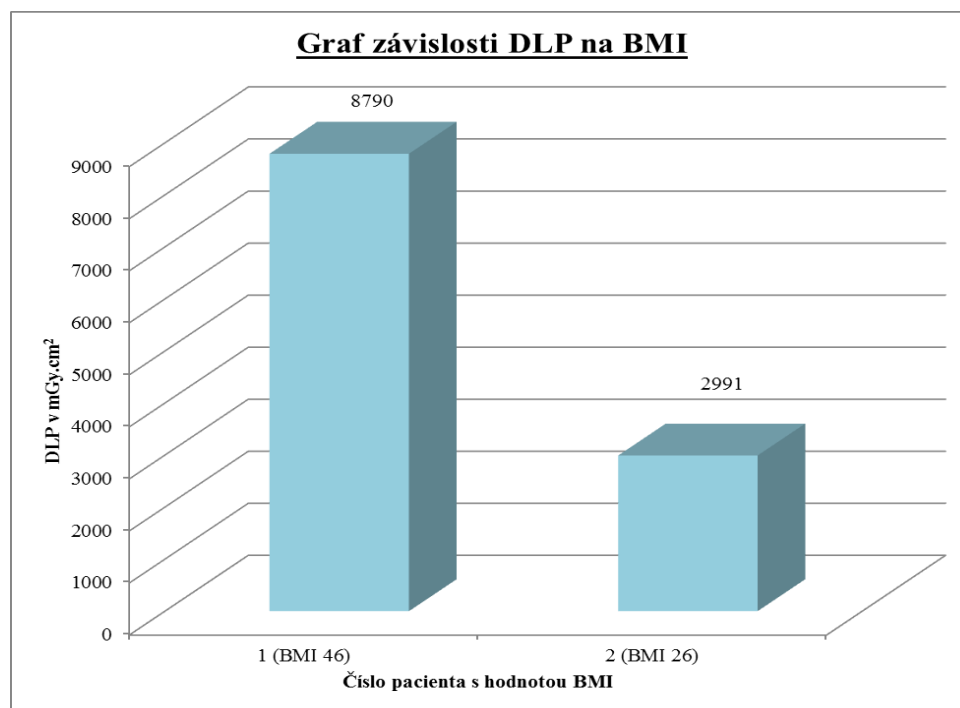
Číslo pacienta	Pohlaví	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI (kg/m ²)	Oblast vyšetření	Hodnota DLP (mGy.cm ²)	Rozpis DLP (mGy.cm ²)
12	mužské	108	1,78	34,1	CT břicha	4116	Topogram 7
							Abdomen 645
							Abdomen 1459
							Abdomen 1008
							Abdomen 997
13	mužské	92	1,74	30,4	CT hrudníku, břicha, pánve	4034	Topogram 7
							Abdomen 676
							Abdomen 1610
							Abdomen 1234
							Topogram 7
14	mužské	107	1,80	33,0	CT břicha	3958	Abdomen 500
							Topogram 7
							Abdomen 838
							Abdomen 1553
							Abdomen 1560
15	mužské	133	1,86	38,4	CT břicha	3930	Topogram 7
							Abdomen 1964
							Abdomen 1959
16	mužské	102	1,75	33,3	CT jater	3864	Topogram 6
							Abdomen 536
							Abdomen 829
							Abdomen 827
							Abdomen 833
17	ženské	90	1,70	31,1	CT břicha a pánve	3755	Abdomen 833
							Topogram 7
							Abdomen 1914
							Abdomen 1834

Číslo pacienta	Pohlaví	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI (kg/m ²)	Oblast vyšetření	Hodnota DLP (mGy.cm ²)	Rozpis DLP (mGy.cm ²)
18	mužské	110	1,89	30,8	CT břicha	3738	Topogram 7
							Abdomen 647
							Abdomen 1535
							Abdomen 1549
19	ženské	95	1,76	30,7	CT plic, mediastina, břicha, pánve, CTAG plicnice	3734	Topogram 11
							Premonitoring 1
							Monitoring 20
							ChestPain 1071
							Abdomen 1312
							Abdomen 1319
20	ženské	90	1,67	32,3	CT břicha	3708	Topogram 7
							Abdomen 1851
							Abdomen 1850

3.3.1 CT ledvin u 2 pacientů s rozdílným body mass indexem

Tab. 3.8 – CT vyšetření ledvin 2 pacientů s rozdílnou hodnotou BMI

Číslo pacienta	Pohlaví	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI (kg/m ²)	Oblast vyšetření	Hodnota DLP (mGy.cm ²)	Rozpis DLP (mGy.cm ²)
1	ženské	125	1,64	46	CT ledvin	8790	Topogram 7
							Abdomen 1502
							Abdomen 2561
							Abdomen 2114
2	ženské	90	1,86	26	CT ledvin	2991	Topogram 6
							Abdomen 777
							Abdomen 701
							Abdomen 732

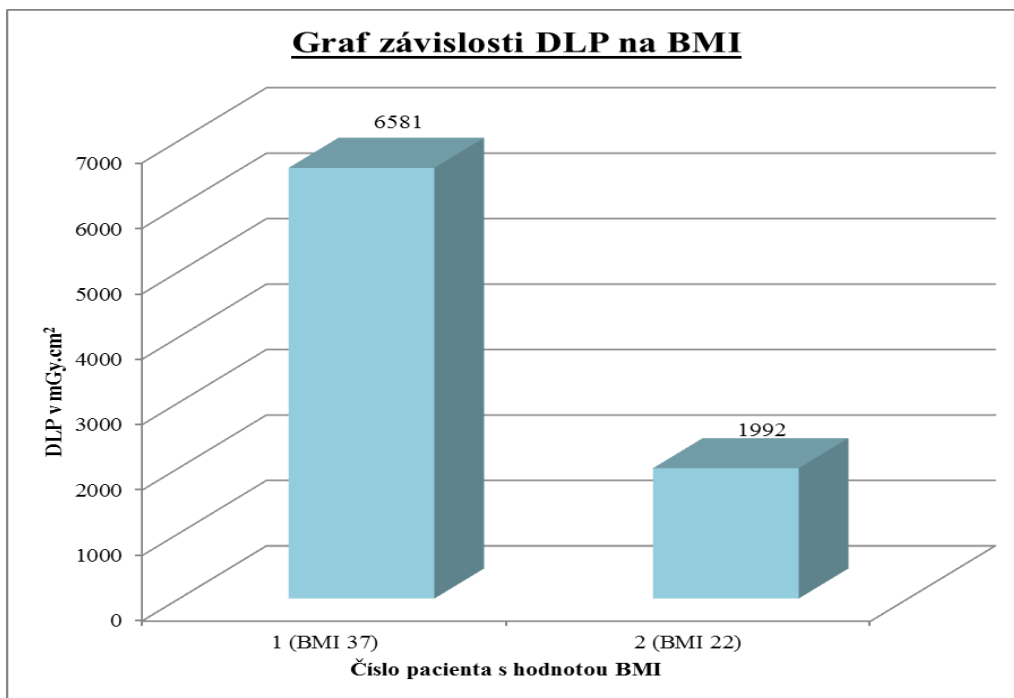


Graf 3.7 – Závislost DLP na hodnotě BMI při CT vyšetření ledvin

3.3.2 CT břicha a pánve u 2 pacientů s rozdílným body mass indexem

Tab. 3.9 - CT vyšetření břicha a pánve 2 pacientů s rozdílnou hodnotou BMI

Číslo pacienta	Pohlaví	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI (kg/m ²)	Oblast vyšetření	Hodnota DLP (mGy.cm ²)	Rozpis DLP (mGy.cm ²)
1	mužské	125	1,85	37	CT břicha a pánve	6581	Topogram 7
							Abdomen 1196
							Abdomen 1761
							Abdomen 1830
2	mužské	63	1,69	22	CT břicha a pánve	1992	Topogram 7
							Abdomen 283
							Abdomen 567
							Abdomen 564

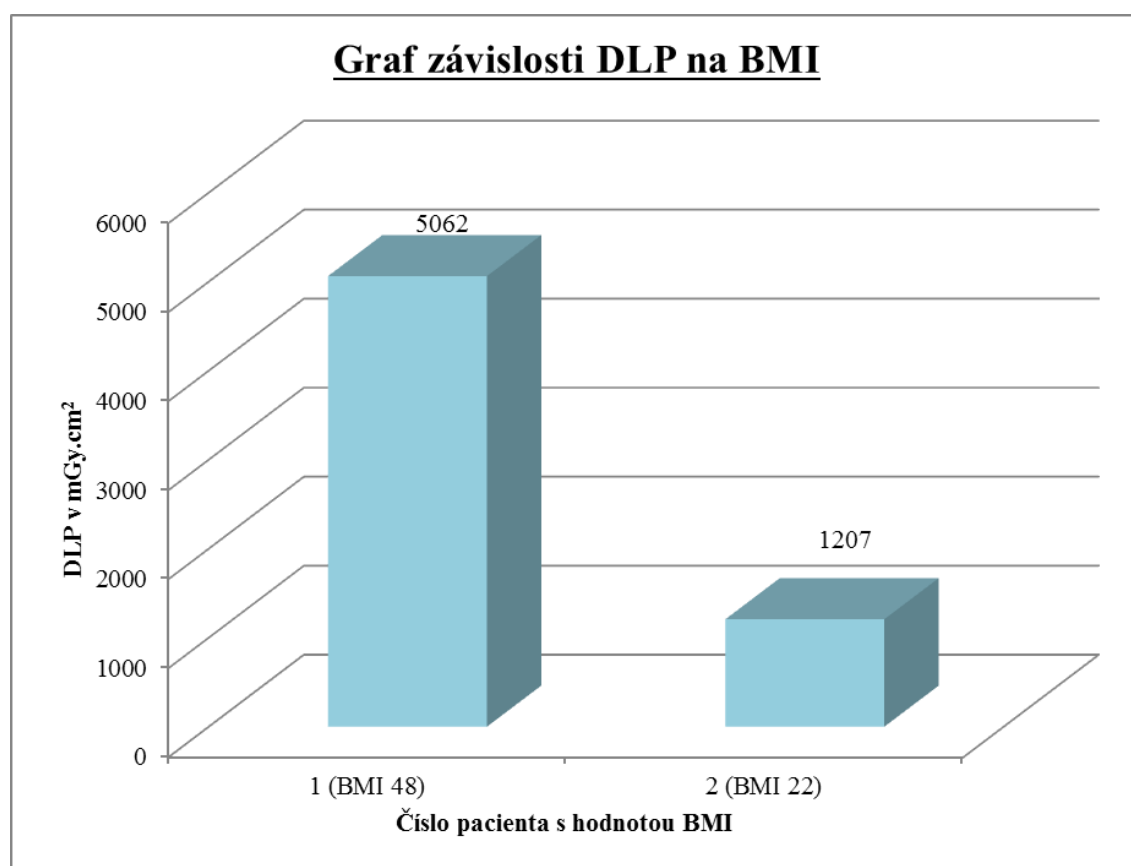


Graf 3.8 - Závislost DLP na hodnotě BMI při CT vyšetření břicha a pánve

3.3.3 CT břicha u 2 pacientů s rozdílným body mass indexem

Tab. 3.10 - CT vyšetření břicha 2 pacientů s rozdílnou hodnotou BMI

Číslo pacienta	Pohlaví	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI (kg/m ²)	Oblast vyšetření	Hodnota DLP (mGy.cm ²)	Rozpis DLP (mGy.cm ²)
1	mužské	142	1,72	48	CT břicha	5062	Topogram 7
							Abdomen 3125
							Abdomen 1930
2	mužské	56	1,59	22	CT břicha	1207	Topogram 6
							Abdomen 602
							Abdomen 599



Graf 3.9 - Závislost DLP na hodnotě BMI při CT vyšetření břicha

4 Diskuze

V bakalářské práci: „Evidence dávkových parametrů na radiodiagnostických pracovištích – současný stav“ jsem se aktivně zabývala způsobem a efektivitou evidence dávek, které pacienti obdrželi při konvenčních rentgenových vyšetřeních, mamografiích a vyšetření pomocí výpočetní tomografie. Zjištěné výsledky jsem porovnávala s aktuální legislativou, která je dostupná na internetových stránkách SÚJB.

Z pozorování a individuálních rozhovorů s pracovníky, kteří se na pracovištích mnou zkoumaných zdravotnických zařízení zabývají evidencí dávek, jsem zjistila, že obě pracoviště splňují aktuální požadavek SÚJB. V zákoně je nařízeno evidovat veličiny, ze kterých je možné následně stanovit dávky, kterým byl pacient během vyšetření pomocí ionizujícího záření vystaven. Zákon nestanoví formu, ve které je nutné tato data evidovat. Obě zdravotnická zařízení shromažďují data do databází, ze kterých je možné následně požadované informace získat. Liší se typem databáze a veličinami, které se evidují u mamografií. Radiodiagnostické pracoviště A je vybaveno komerčním produktem, který nabízí veškerý komfort pro práci s daty. Definováním požadovaných rozmezí systém samostatně zpracuje tabulky a grafy, se kterými je možné následně pracovat. U mamografických vyšetření pracuje s hodnotami kV a mA. Oproti tomu radiodiagnostické pracoviště B disponuje vlastním databázovým řešením, které vyžaduje větší samostatnost a vzdělanost v práci s požadovanými daty. Pokud je ale zaměstnanec, který má tuto problematiku dostatečně erudovaný, může se ve výsledku vlastní databázový systém vyrovnat s komerčním produktem. U mamografických vyšetření evidují orgánovou dávku, kV a mA.

Na obou pracovištích data z moderních přístrojů odcházejí bez vnějšího zásahu lidského faktoru. Jsou tudíž ihned k dispozici v databázi a připravena k analýze. Data ze starších přístrojů je nutné stále zapisovat do provozních deníků, tudíž je ucelenost a přesnost dat ovlivněna lidským faktorem. Povinnost evidovat hodnoty fyzikálních veličin, ze kterých je následně možno stanovit efektivní dávku je dána zákonem, na pracovištích za ni odpovídají vedoucí pracovníci a v případech, kdy není zajištěna

automatickým systémem, bývá praktická realizace delegována radiologickým asistentům. Data jsou potom většinou zapisována do provozních deníků jednotlivých zdrojů ionizujícího záření.

S modernizací a nákupem nových přístrojů dojde v budoucnosti k plně automatickému odchodu požadovaných dat do příslušného systému. Data budou úplná a budou moci posloužit k představě, jaká fyzikální dávka ionizujícího záření byla u konkrétního pacienta použita během jednotlivých radiačních vyšetření na všech pracovištích daného zdravotnického zařízení. Myšlenka sjednocení dat všech zdravotnických zařízení v České republice je v dohledné budoucnosti nereálná z důvodu finančních, technických, personálních a dalších.

Myslím, že by bylo vhodné, aby v budoucnosti obdržel zdravotnický personál během načtení identifikačních údajů pacienta při jeho příchodu na radiodiagnostické oddělení informaci, která upozorní jak lékaře, tak i radiologického asistenta na skutečnost, že byl pacient již vystaven velkým dávkám. Lékař by mohl znovu zvážit alternativu radiačně závažného vyšetření, a navrhnout postup bez ionizujícího záření, či protokol méně dávkově náročný. Jako příklad může posloužit náhrada vyšetření výpočetní tomografií za vyšetření pomocí magnetické rezonance, pokud je to klinicky možné. Radiologický asistent by byl pečlivější v clonění primárního svazku záření a efektivněji by využíval ochranné pomůcky a další možnosti protiradiační ochrany.

Ze zjištěných informací jsem došla k závěru, že způsob a efektivita evidence dávkových parametrů se ve dvou srovnatelných zdravotnických zařízeních liší. Rozdíl je převážně ve způsobu evidence, ale i ve zpracování dat a vyhodnocování výsledků. Obě pracoviště disponují daty, se kterými je možno následně provádět rozsáhlá statistická šetření. Až proběhne zdokonalení systému evidence dávkových parametrů ve smyslu třídění získaných dat dle jednotlivých vyšetřovaných oblastí, bude možné získat ucelenější představu o vlivech, které ovlivňují velikost dávky, kterou pacient obdržel u stejných vyšetřovacích protokolů. Nedostatek v současném stavu evidence dávkových parametrů vidím v tom, že s daty se v současné době pracuje méně, než je potenciálem

získaných dat. Pracovníci se příliš nezajímají o dávku, kterou jejich pacienti již obdrželi. Měli by více aktivně vyhledávat data a snažit se snižovat dávku, kterou pacient obdrží. Velkým problémem zůstává vztah mezi kvalitou obrazu a dávkou. Zdravotnický personál má dnes spíše tendenci preferovat naléhavější forenzní hledisko špatného vyhodnocení nálezu (tedy kvalitu obrazu), před ochranou pacienta vůči „pouze“ pravděpodobným stochastickým účinkům záření, které se mohou, ale nemusí dostavit ve vzdálené budoucnosti.

Další oblastí, kterou jsem se v bakalářské práci zabývala, byla práce s daty v databázi. Z důvodu nemožnosti rozdělení rozsáhlého souboru podle jiných hledisek (například zasažené oblasti těla), jsem rozdělila celý soubor pouze na tři hlavní podobory RTG, MAMOGRAFIE a CT vyšetření, u kterých se používá vždy specifická fyzikální veličina k vyjádření dopadlé fyzikální dávky. Jelikož jsem v bakalářské práci využívala kvalitativní výzkum, tak nepokládám za chybu, že data nejsou plně statisticky významná. V souborech se totiž mísí vyšetření stejného typu, která jsou dávkově méně náročná s vyšetřeními, která k získání adekvátní obrazové informace vyžadují dávku několikanásobně vyšší. Jako příklad uvedu CT vyšetření hlezna a CT VUG. Je proto samozřejmé, že směrodatná odchylka pro takto rozsáhlý a polymodální soubor dosahuje vysokých hodnot. Statisticky významná data by bylo možné získat zpracováním všech vyšetření jedné konkrétní oblasti. Databáze, ve které jsem výsledky zpracovávala, tuto možnost nedávala. Zpracování celého souboru pokládám i tak za užitečné, protože názorně ukazuje některé možnosti práce se získanými daty.

Z databáze je možné extrahovat také informace o počtech vyšetření, která prováděl konkrétní lékař a vypočítat hodnotu průměrné dávky, kterou jeho pacienti obdrželi. Systém bohužel zatím neumožňuje třídění pacientů dle konkrétních vyšetřovaných oblastí. Z databáze dávkových parametrů jsem zjistila, že mezi lékaři, s přibližně srovnatelnými a současně vyššími počty výkonů v daném podoboru (RTG, MG, CT) nejsou výrazné rozdíly v průměrné hodnotě sledovaného znaku. U některých lékařů docházelo k významné odchylce od průměrné hodnoty sledovaného znaku a příčina

byla nejčastěji v tom, že daný lékař měl malý počet pacientů. Jednalo se tudíž o chybu z nedostatečně velkého souboru pacientů.

U 20 pacientů, kteří byli vyšetřeni od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014 na CT pracovišti Radiodiagnostického oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory a měli nejvyšší hodnotu DLP, jsem se zabývala otázkou, proč obdrželi vyšší dávku oproti ostatním pacientům. Po analýze dat z nemocničního informačního systému a zjištění hodnoty jejich body mass indexu, jsem došla k závěru, že všech 20 pacientů absolvovalo vyšetření s ozářením velkého objemu tkáně, často s několikanásobnou akvizicí dat v tomtéž okrsku těla a všichni byli současně obézní. Všech 20 analyzovaných pacientů mělo vyšší hodnotu body mass indexu od průměru, který byl naposledy zjišťován epidemiologickou studií v roce 2005. Novější analýza není zatím bohužel k dispozici. Lze ale předpokládat, že průměrná hodnota body mass indexu českého dospělého je dnes v roce 2014 opět o něco vyšší. Lze na to usuzovat z porovnání výsledků z roku 2000 až 2001 s rokem 2005, kdy došlo ke zvýšení o 0,63 tedy o 3 %.

Abych doložila rozdíly ve fyzikální dávce, která je vyzářena při vyšetření obézního pacienta a pacienta normostenického, uvádím 3 různé druhy vyšetření, které se provedly stejným vyšetřovacím protokolem u dvou pacientů s výrazně odlišným BMI a to při zapnuté expoziční automatické CT zařízení. Z výsledku je zřejmé, že obézní pacienti budou vždy vystaveni vyšším dávkám ionizujícího záření při shodném vyšetřovacím protokolu oproti pacientům s normálním habitem. Z tohoto důvodu je nanejvýš žádoucí důsledné evidování aktuální hmotnosti a výšky pacienta před každým vyšetřením. Dnes jsou data v nemocničních informačních systémech neúplná, nebo jsou evidována pouze na žádankách ke konkrétním vyšetřením. U velké části nemocných není tato informace v klinickém informačním systému uvedena vůbec. Pokud data nezjistí příslušná administrativní pracovnice, měl by tuto informaci získat od pacienta sám radiologický asistent.

5 Závěr

Otázka evidence dávkových parametrů u zdrojů ionizujícího záření v medicíně je aktuální a do budoucna velice naléhavá díky nezpochybnitelné existenci stochastických účinků záření. Tato činnost by měla být prováděna zodpovědně a pečlivě. Měla by být důsledně využívána v systému radiační ochrany. Každý pracovník radiodiagnostického oddělení by se měl aktivně podílet na snižování dávek, kterým jsou jeho pacienti vystaveni. Současně by se měl aktivně zajímat o historii předchozích radiačně závažných vyšetření a terapeutických výkonů, které pacient již absolvoval, protože vznik sekundárních zhoubných nádorů a genetických poruch vlivem účinků ionizujícího záření je dnes již dokázaný.

V současné době je zaváděna databázová evidence dávkových parametrů ve zdravotnických zařízeních, která je, bohužel, vytvářena pro každé zařízení individuálně. Velkým přínosem je při tom automatizace měření a přenosu zjištěných dat do klinického informačního systému u moderních přístrojů. Do budoucna by bylo žádoucí, kdyby se systém evidencí dávkových parametrů sjednotil a každý pacient by měl elektronický radiační průkaz s historií všech vyšetření a zákroků, které jsou spojené s ionizujícím zářením.

Odpověď na moji výzkumnou otázku po získání a zpracování veškerých dat je následující: „Evidence dávkových parametrů ve dvou srovnatelných zdravotnických zařízeních se liší především ve způsobu a efektivitě vyhodnocení. Liší se systémem, který získaná data zpracovává a některými evidovanými daty.“

Zdravotnická zařízení dnes evidují všechna potřebná data dle aktuální platné legislativy, i když namnoze bez využití výhod databázového systému. Nedostatek vidím v tom, že se s daty následně více neparuje a nezpracovávají se statistická šetření, se kterými by byli seznamováni všichni pracovníci daného oddělení. Myslím, že vytvářením validních statistických dat, by docházelo aktivně ke snižování dávek záření,

kterým jsou pacienti vystaveni během vyšetření na radiodiagnostických odděleních a klinikách.

Prudký rozvoj zobrazovacích metod přinesl nevídané možnosti v oblasti diagnostiky a terapie. Je ovšem důležité mít na paměti, že dávky ionizujícího záření, kterým byl pacient vystaven, se sčítají a mohou v budoucnosti způsobit vážná onemocnění maligního charakteru.

Byla bych velice ráda, kdyby tento text posloužil studentům, nejen oboru radiologický asistent, ke zkvalitnění výuky a ke zlepšení informovanosti z oblasti dávek a o možnostech jejich evidence.

Personál radiodiagnostického pracoviště by měl důsledně dodržovat všechny zásady radiační ochrany tak, aby pacient obdržel co nejnížší možnou dávku při zajištění dostatečné diagnostické informace.

6 Seznam informačních zdrojů

- 1) HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009. ISBN 978-802-4423-500.
- 2) Švec Jiří: Radioaktivita a ionizující záření. [online]. [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/050/.content/sys-cs/resource/PDF/studijni-materialy/zareni.pdf>
- 3) Radiobiologie: Charakteristika ionizujícího záření. [online]. [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/13/131.html>
- 4) KUNA, Pavel a Leoš NAVRÁTIL. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Manus, 2005. ISBN 80-865-7109-2.
- 5) SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha, 2012, 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4108-6.
- 6) WikiSkripta: Fotoelektrický jev. [online]. [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Fotoelektrick%C3%BD_jev
- 7) ANDRYSEK, Oskar. *Radiologická fyzika*. Praha: Avicenum, 1984.
- 8) CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Osveta, 1993. ISBN 80-217-0571-x.
- 9) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1*. 3., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011, 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.
- 10) L. CARLOS JUNQUEIRA, L. José Carneiro a [z angličtiny přeložil Richard JELÍNEK]. *Základy histologie*. 3., upr. a dopl. vyd. Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Jinočany: H, 1997, 534 s. ISBN 80-857-8737-7.

- 11) LEDVINA, Miroslav, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMAN. *Biochemie pro studující medicíny*. 2. vyd. Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Praha: Karolinum, 2009, 534 s. ISBN 978-802-4614-144.
- 12) NEČAS, Emanuel, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMAN. *Obecná patologická fyziologie*. 1. dotisk 2. vyd. Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Praha: Karolinum, 2007, 377 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-802-4612-911.
- 13) KOLEKTIV, Oldřich Nečas a. *Obecná biologie pro lékařské fakulty*. 3., přeprac. vyd., V nakl. H. Jinočany: H. ISBN 80-860-2246-3
- 14) KOČÁREK, Eduard, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMAN. *Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika*. 1. vyd. Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Praha: Scientia, 2004, 377 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-718-3326-6
- 15) Ústav lékařské chemie a biochemie: Výukové materiály. [online]. [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: http://www.lfp.cuni.cz/biochemie/dokumenty/AOX_theorie.pdf
- 16) SCHOLZ, Roland. *Ohrožení života radioaktivním zářením*. 3. nové, přepracované a rozšířené vyd. Berlín: IPPNW, 1997.
- 17) MAČÁK, Jiří a Jana MAČÁKOVÁ. *Patologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 347 s., 24 s. barev. příl. ISBN 80-247-0785-3.
- 18) RADIOBIOLOGIE: Stabilní chromozomové aberace. In: [online]. [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/3-kapitola/32/322.html>
- 19) DAVID FELTL, Jakub Cvek a Jana MAČÁKOVÁ. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2004, 347 s., 24 s. barev. příl. ISBN 978-807-3111-038.
- 20) SINGER, Jan. *Dozimetrie ionizujícího záření*. 1. vyd. V Českých Budějovicích, 2005. ISBN 80-704-0752-2

- 21) JINDŘIŠKA HEŘMANSKÁ, Jan Singer. *Klinická dozimetrie*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2005. ISBN 80-704-0759-X.
- 22) RADIOBIOLOGIE: Elektrické detektory. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/16/161.html>
- 23) GERNDT, Josef. *Detektory ionizujícího záření*. Praha: ČVUT, 1994, 164 s. ISBN 80-010-1229-8.
- 24) ULLMAN, Vojtěch: Detekce ionizujícího záření. [online]. [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>
- 25) SINGER, Jan a Jindřiška HEŘMANSKÁ. *Principy radiační ochrany*. 1. vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zdravotně sociální fakulta, 2004. ISBN 80-7040-708-5
- 26) SÚJB: Atomový zákon. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy_zakon_20120103.pdf
- 27) CHUDÁČEK, Zdeněk. *CT - radiační ochrana: Přednášky*
- 28) VacuTec: DAP meter. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.vacutec-gmbh.de/en/products/medical/vacudap.html>
- 29) VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012, 153 s. ISBN 978-802-4431-260
- 30) CHROBÁK, Ladislav. *Propedeutika vnitřního lékařství*. Nové, zcela přeprac. vyd. doplněné testy. Ilustrace Josef Bavor. Praha: Grada, c2007, 246 s. ISBN 978-802-4713-090

- 31) ČESKÁ OBEZITOLOGICKÁ SPOLEČNOST. [online]. [cit. 2014-08-02].
Dostupné z: http://www.obesitas.cz/download/dospeli_web.ppt
- 32) SÚRO: Lékařské ozáření. [online]. [cit. 2014-04-09]. Dostupné z:
<http://www.suro.cz/cz/lekarske>
- 33) SÚRO: Desatero radiační ochrany pacientů při skiaskopii. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://www.suro.cz/cz/lekarske/Skiaskopie_info_pro_pacienty.pdf
- 34) MÜNZ, Jan. *Informační technologie ve zdravotnictví: informační systémy*. 1. vyd. České vysoké učení technické, 2011, 304 s. ISBN 978-80-01-04720-0.
- 35) SVAČINA, Štěpán a Miloslav ŠPUNDA. *Výpočetní technika a informatika ve zdravotnictví*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 205 s. ISBN 80-706-6720-6.
- 36) ŠPUNDA, Miloslav a Jaroslav DUŠEK. *Zdravotnická informatika*. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 978-80-246-1378-9.
- 37) NEKULA, Josef a Jana CHMELOVÁ. *Vybrané kapitoly z konvenční radiologie*. Vyd. 1. Ostrava, 2005, 97 s. ISBN 80-736-8057-2
- 38) GE HEALTHCARE [online]. [cit. 2014-06-04]. Dostupné z:
http://www3.gehealthcare.co.uk/en-GB/Products/Dose_Management/DoseWatch
- 39) DOSE MANAGEMENT [online]. [cit. 2014-06-04]. Dostupné z:
<http://www.healthcare.siemens.com/medical-imaging/low-dose/low-dose-information-by-modality/cross-modality-approaches/syngo-radiation-dose-management-solution>
- 40) DIAGNOSTIC IMAGING. [online]. [cit. 2014-08-02]. Dostupné z:
<http://view.email.cmpmedica-usa.com/?j=fe601674716c06797412&m=fed015717767017e&ls=fdee11777766027e7c107876&l=fe951574706c057976&s=fe2610727366017b761178&jb=ffcf14&ju=fe2b17717d64077f721177&r=0>

- 41) SÚJB: EURATOM. [online]. [cit. 2014-07-20]. Dostupné z: [http://www.sujb.cz/evropska-unie/evropske-spolecenstvi-pro-atomovou-energii-
euratom/](http://www.sujb.cz/evropska-unie/evropske-spolecenstvi-pro-atomovou-energii-euratom/)
- 42) MZČR: Zákon o specifických zdravotních službách. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/>
- 43) SÚJB: Vyhláška o osobních radiačních průkazech. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/>

7 Seznam obrázků

Obr. 1.1 - Schéma fotoelektrického jevu (6)

Obr. 1.2 - Schéma Comptonova rozptylu (8)

Obr. 1.3 - Schéma ionizační komory (24)

Obr. 1.4 - DAP metr (28)

Obr. 1.5 - DoseWatch (38)

Obr. 1.6 - Dose Management (39)

Obr. 1.7 - Agfa HealthCare – IMPAX REM (40)

8 Seznam tabulek

Tab. 1.1 - Příklad diagnostické referenční úrovně pro skiografii (26)

Tab. 1.2 - Konverzní faktory u nejčastěji prováděných vyšetření (1)

Tab. 1.3 - Hodnoty tkáňových váhových faktorů stanovené vyhláškou (5)

Tab. 3.1 - Základní statistické hodnoty rentgenových vyšetření

Tab. 3.2 - Základní statistické hodnoty mamografických vyšetření

Tab. 3.3 - Základní statistické hodnoty vyšetření výpočetní tomografií

Tab. 3.4 - Počet vyšetření a průměrná hodnota DAP dle popisujících lékařů

Tab. 3.5 - Počet vyšetření a průměrná hodnota OD dle popisujících lékařů

Tab. 3.6 - Počet vyšetření a průměrná hodnota DLP dle popisujících lékařů

Tab. 3.7 - Analýza 20 CT vyšetření

Tab. 3.8 - CT vyšetření ledvin 2 pacientů s rozdílnou hodnotou BMI

Tab. 3.9 - CT vyšetření břicha a pánve 2 pacientů s rozdílnou hodnotou BMI

Tab. 3.10 - CT vyšetření břicha 2 pacientů s rozdílnou hodnotou BMI

9 Seznam grafů

Graf 3.1 – Aritmetický průměr DAP u rentgenových vyšetření provedených od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014 na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory se znázorněním chybové úsečky (směrodatné odchylky)

Graf 3.2 – Aritmetický průměr orgánové dávky u mamografických vyšetření provedených od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014 na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory se znázorněním chybové úsečky (směrodatné odchylky)

Graf 3.3 – Aritmetický průměr DLP u vyšetření výpočetní tomografií provedených od 1. ledna 2014 do 15. dubna 2014 na Radiodiagnostickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň – Bory se znázorněním chybové úsečky (směrodatné odchylky)

Graf 3.4 – Průměrná hodnota DAP v závislosti na popisujícím lékaři

Graf 3.5 – Průměrná hodnota OD v závislosti na popisujícím lékaři

Graf 3.6 – Průměrná hodnota DLP v závislosti na popisujícím lékaři

Graf 3.7 – Závislost DLP na hodnotě BMI při CT vyšetření ledvin

Graf 3.8 – Závislost DLP na hodnotě BMI při CT vyšetření břicha a pánve

Graf 3.9 – Závislost DLP na hodnotě BMI při CT vyšetření břicha