

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

David Schuma

Fakulta zdravotnických studií

Vliv využívání ochranných pomůcek na redukci dávky rentgenového záření
pro lékařský personál angiografického pracoviště

David Schuma

Bakalářská práce

2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 15. dubna 2015

David Schuma

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce MUDr. Janu Hájkovi, Ph.D. za vstřícnost, odborné vedení a poskytnutí literatury. Rovněž bych chtěl poděkovat svým rodičům za trpělivost a podporu při studiu, své přítelkyni a přátelům a všem co mě vedli a pomáhali při studiu.

David Schuma

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Schuna**
Osobní číslo: **Z11292**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Využívání ochranných pomůcek na redukci dávky rtg záření
pro lékařský personál angiografického pracoviště**
Zadávatel katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

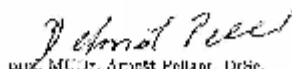
Zásady pro vypracování:

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešení problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

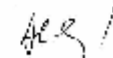
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

1. KLENER, V. **Principy a praxe radiační ochrany**. 1. vyd. Praha: Azin CZ, 2000. ISBN 80-238-3703-6
2. HUŠÁK, V. a kol. **Radiační ochrana pro radiologické asistenty**. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0
3. Státní úřad pro jadernou bezpečnost [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <<http://www.sujb.cz>>
4. Státní úřad radiační ochrany, v. v. i. [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <<http://www.suro.cz>>
5. International atomic energy agency. [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <<http://www.iaea.org>>
6. SÚKUPOVÁ, L. Lucie Sukupová. [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <<http://www.sukupova.cz>>

Vedoucí bakalářské práce: **MUDr. Jan Hájek**
Katedra informatiky, managementu a radiologie
Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2015**


MUDr. Arnost Pellaar, DrSc.
děkan

I.S.


Ing. Janz Kolář, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 11. března 2015

ANOTACE

Ve své bakalářské práci „Vliv využívání ochranných pomůcek na redukci dávky rentgenového záření pro lékařský personál angiografického pracoviště“ popisuji účinnost ochranných pomůcek pro redukci dávky rentgenového záření. Moje bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a část výzkumnou. V části teoretické se věnuji popisu problematiky radiační zátěže pracovníků angiografických pracovišť a její redukci pomocí ochranných pomůcek. V části výzkumné popisuji metodiky jednotlivých měření a analyzuji výsledky vlastních měření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ochranné pomůcky, rentgenové záření, angiografické pracoviště, dávky.

TITLE

The effect of using protective devices on reduction of radiation dose for angiographic medical personnel.

ANNOTATION

In my bachelor thesis "The effect of using protective devices on reduction of radiation dose for angiographic medical personnel" I generally describe protective devices on reduction of radiation dose used in medicine. I divided my bachelor thesis into theoretical and practical part. In the theoretical part I discuss problems of radiation dose on angiographic department and their reduce by protective devices. In the practical part I studied in angio room influence of protective devices on radiation dose in practice. I present my results of measurement in this part of work.

KEYWORDS

Protective devices, X ray, angiographic department, doses.

OBSAH

ÚVOD	12
1 CÍL	13
2 TEORETICKÁ ČÁST	14
2.1 Historie rentgenového záření	14
2.1.1 Život Wilhelma Conrada Röntgena	14
2.2 Základní veličiny a jednotky dozimetrie ionizujícího záření.....	15
2.3 Zdroje ozáření obyvatelstva.....	16
2.3.1 Přírodní ozáření.....	17
2.3.2 Umělé zdroje.....	18
2.4 Ionizující záření	19
2.5 Ionizační komory (dozimetrie ionizujícího záření)	21
2.6 Angiografie	21
2.6.1 Příprava pacienta před AG vyšetřením	21
2.6.2 Indikace AG vyšetření.....	22
2.6.3 Průběh AG vyšetření	22
2.6.4 Výhody AG vyšetření	23
2.6.5 Komplikace u AG vyšetření.....	23
2.6.6 Nevýhody AG vyšetření.....	24
2.7 Radiační ochrana na angiografickém pracovišti.....	24
2.7.1 Principy radiační ochrany	24
2.7.2 Základní metody radiační ochrany.....	26

2.7.3	Informace pro indikující lékaře	27
2.7.4	Radiační ochrana personálu při skiaskopických výkonech.....	28
2.7.5	Radiační ochrana pacientů při skiaskopických výkonech.....	29
3	Část výzkumná.....	30
3.1	Výzkumné otázky a hypotézy.....	30
3.2	Metodika	30
3.2.1	Využívání ochranné zástěry	30
3.2.2	Měření rozdílů v závislosti na využívání ochranného štítu a poloze přístroje	32
3.2.3	Měření velikosti dávky u detektoru nebo u rentgenky.....	32
3.2.4	Vliv ochranného štítu na dávku.....	32
3.3	Prezentace výsledků	33
3.3.1	Využívání ochranné zástěry	33
3.3.2	Měření rozdílů v závislosti na využívání ochranného štítu a poloze přístroje	35
3.3.3	Měření velikosti dávky u detektoru nebo u rentgenky.....	37
3.3.4	Vliv ochranného štítu na dávku.....	40
4	Diskuze	42
5	Závěr	46
6	Seznam použité literatury	47

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Graf č. 1: Zdroje ozáření obyvatelstva.....	17
Obr. č. 2: Vznik obou typů záření.....	20
Obr. č. 3: Dozimetr RADCAL model 9015.....	31
Obr. č. 4: Velkoobjemová ionizační komora Radacal MOD 10x5 – 1800.....	31
Obr. č. 5: RTG a detektor záření se zástěrou a bez zástěry	33
Graf č. 6: Působení RTG záření se zástěrou a bez zástěry	34
Obr. č. 7: Poloha rentgenky k vyšetřujícímu personálu.....	35
Graf č. 8: Rozdíly v nastavení štítu, vliv na ozáření personálu	36
Graf č. 9: Rozdíly v poloze rentgenky	37
Obr. č. 10: Nastavení měřiče záření u rentgenky nebo u detektoru.....	38
Graf č. 11: Rozdíl dávek pro personál v závislosti na postavení u detektoru nebo u rentgenky	39
Obr. č. 12: Využití ochranného štítu.....	40
Graf č. 13: Rozdíl velikosti dávky při využívání ochranného štítu	41

Tab. č. 1: Dávkové limity	25
Tab. č. 2: Redukce dávky rentgenového záření v závislosti na stínícím ekvivalentu Pb a anodovém napětí; přepracováno ze zdroje: (Klener, 2000, s. 299)	26
Tab. č. 3: Základní naměřené hodnoty při použití ochranné zástěry (Pb 0,25 mm).....	34
Tab. č. 4: Základní naměřené hodnoty při zkoumání velikosti dávky při různých polohách rentgenky	36
Tab. č. 5: Základní naměřené hodnoty při horizontálním postavení detektoru a rentgenky vůči postavení personálu.....	39
Tab. č. 6: Základní naměřené hodnoty zkoumající vliv užití štítu	41
Tab. č. 7: Redukce dávky záření při využití ochranné zástěry	42
Tab. č. 8: Srovnání teoretického úbytku dávky záření s výsledky vlastního měření.....	44

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AG - angiografie

APTT - aktivovaný parciální tromboplastinový čas

A – V - arterio – venózní

CO₂ - oxid uhličitý

EKG - elektrokardiogram

ICHDK - ischemická choroba dolních končetin

IK - ionizační komora

INR - internacional normalised ratio

KPR – kardio - pulmonální resuscitace

KO - krevní obraz

kV - kilovolt

mAs - miliampér sekunda (součin proudu a času)

mSv - milisievert

O₂ - kyslík

Pb - olovo

Ra - radon

RTG - rentgen

TK - tlak krve

U - uran

ÚVOD

Moje bakalářská práce pojednává o využívání ochranných pomůcek redukujících dávky rentgenového záření pro lékařský personál angiografických (AG) pracovišť. Zejména bych chtěl poukázat na význam základních tří metod ochrany před rentgenovým zářením a vlastním měřením prokázat, které pomůcky jsou nejúčinnější ochrannou před ionizujícím zářením.

Angiografie – z řeckého angeion = céva, jsou radiologická vyšetření a výkony, při nichž jsou zobrazovány cévy po předchozí aplikaci kontrastní látky a následné skiaskopické vizualizaci. Nejčastějším cílem vyšetření je zobrazení cév při aterosklerotickém postižení tepen dolních končetin – ischemická choroba dolních končetin (ICHDK), což je časté onemocnění pupalce v České republice. Dále jsou prováděny mozkové angiografie – diagnostika subarachnoidálního krvácení, detailní zobrazení arterio-venózních (A-V) malformací, diagnostika aterosklerotických změn tepen zásobujících mozek. V menší míře jsou zobrazovány cévy ve viscerální oblasti (játra, ledviny, trávicí trubice), plicní řečiště (potvrzení arterio-venózních zkratů) a tepny horních končetin.

Při těchto metodách je vystaven vyšší dávce ionizujícího záření nejen pacient, ale i zdravotnický personál angiografických sálů. Je proto důležité, aby se mimo pacienta, chránili i pracovníci angiografického pracoviště.

V současné době můžeme na trhu najít velké množství ochranných pomůcek, jako jsou ochranné zástěry, rukavice, brýle, ochrany štítné žlázy, stropní ochranné štíty, boční ochranné závěsy, stolní ochranné závěsy nebo mobilní stínící zástěny.

Současně ve své bakalářské práci zmiňuji i ostatní zdroje ozáření populace s důrazem na ozáření z přírodního pozadí, kterému jsme vystaveni bez ohledu na naši vykonávané činnosti a lékařské ozáření, které společně s ozářením z přírodního pozadí tvoří více než 99 % z celkového ozáření obyvatel České republiky.

1 CÍL

Cílem mé bakalářské práce je ověření účinnosti ochranných pomůcek v podmínkách angiografických pracovišť a vyjádření míry redukce dávky pro zdravotnický personál, při jejich používání.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Historie rentgenového záření

Na angiografických pracovištích je stejně jako v jiných oblastech radiodiagnostiky používáno k zobrazování anatomických struktur lidského těla rentgenové záření. Rentgenové záření je elektromagnetickým zářením o vlnových délkách v rozmezí 10^{-9} až 10^{-13} metrů. RTG záření bylo objeveno 8. listopadu 1895 panem Wilhelmem Conradem Röntgenem ve městě Würzburg. Rentgenové záření bylo prvním poznaným druhem ionizujícího záření na světě a díky jeho objevu vznikaly mimo jiné i nové medicínské metody. Přínosem pro zdravotnictví bylo zobrazování tvrdých tkání lidského těla bez jakéhokoliv invazivního vyšetření a posléze i zobrazování cév a parenchymatózních orgánů. Tato metoda se využívá rovněž při angiografických vyšetřeních – zobrazení cév v lidském těle. (Klener, 2000)

Mimo kladného přínosu se objevily i negativní vlivy na lidský organismus, které ovšem nebyly v době objevu známé. Tyto vlivy daly vzniknout základům radiační ochrany. Na začátku se proti účinkům ionizujícího záření chránili pouze lékaři a personál, protože u běžné populace nebyla taková incidence onemocnění. (Klener, 2000)

2.1.1 Život Wilhelma Conrada Röntgena

Wilhelm Conrad Röntgen se narodil v městečku Lennepe u Düsseldorfu. Jeho rodina byla velmi bohatá, což mu pomáhalo v jeho pozdějším studiu. Ve třech letech se musel malý W. C. Röntgen s rodiči přestěhovat do Nizozemí za příbuznými své matky. Díky stěhování získal nizozemské občanství a studoval zde do 16 let školu v Apeldoornu. Poté se přestěhoval do Utrechtu, kde pokračoval ve studiu. Na technické škole byl úspěšným studentem, ale byl vyloučen kvůli karikatuře jednoho z profesorů, protože nechtěl prozradit, kdo byl jejím autorem. Jeho cílem bylo složit maturitu, tohoto cíle se nevzdal a v soukromí se sám dál vzdělával. V termínu jeho zkoušky naneštěstí jeden ze členů komise onemocněl a náhradníkem byl jeden z profesorů bývalé školy, ze které ho vyloučili. I přes jeho připravenost u zkoušky neuspěl. Nevzdal to a přihlásil se na univerzitu, kde navštěvoval přednášky z matematiky, zoologie, botaniky a byl veden jako mimořádný student.

Od svého bývalého spolužáka dostal W. C. Röntgen informaci, že na Polytechnice v Curychu přijímají uchazeče bez maturitního vysvědčení a stačí složit přijímací zkoušky. Studium na této škole ukončil 6. srpna 1868 diplomem strojního inženýra. W. C. Röntgena i nadále finančně podporoval jeho otec, a tak se mohl věnovat zálibě ve fyzice. Na zásadní objev svého života přišel 8. listopadu 1895, kdy zabalil černým kratonem katodovou trubici tak, že z ní nemohlo unikat světlo. Když potom katodovou trubici zapojil do elektrického proudu, a na stole se rozzářily krystaly z platnatokyanidu barnatého, usoudil, že trubice musí emitovat záření, které je schopné prostupovat hmotou jinak pro světlo neproniknutelnou. Záření, které vycházelo z katodové trubice, nazval W. C. Röntgen paprsky X. Se svým objevem vystoupil až 28. prosince 1895. Za šest let, tedy 10. prosince roku 1901, mu byla udělena Nobelova cena za fyziku. Svůj objev si W. C. Röntgen nenechal nikdy patentovat a umožnil tak rychlý rozvoj metody v mnoha oblastech lidské činnosti. W. C. Röntgen zemřel 10. února 1923 ve skromných poměrech. (TECHMANIA, 2008)

2.2 Základní veličiny a jednotky dozimetrie ionizujícího záření

„Předpokladem úspěšného používání dozimetrických veličin při lékařských aplikacích ionizujícího záření a v radiační ochraně je porozumění jejich definicím a jednotkám a způsobům jejich získání. Každá veličina má vymezenou oblast a podmínky, za nichž platí.“ (Hušák a kol., 2009, s. 15)

Aktivita

Aktivita je důležitá veličina pro radioaktivní látky, která charakterizuje radionuklidové zdroje. Jednotkou aktivity je Becquerel, 1 Bq se rovná jednomu radioaktivnímu rozpadu za jednu sekundu. (Hušák a kol., 2009, s. 15)

Absorbovaná dávka

Absorbovaná dávka je důležitou veličinou radiologické fyziky, „*absorbovaná dávka je definována jako poměr střední energie ionizujícího záření sdělené velmi malému objemovému elementu ozářené látky a hmotnosti tohoto elementu*“. Jednotkou absorbované dávky je gray, 1 Gy se rovná jednomu joulu energie předané objemu o hmotnosti jednoho kilogramu. (Hušák a kol., 2009, s. 16)

Kerma

Kerma je důležitou veličinou úzce související s absorbovanou dávkou, její využití je omezeno výhradně pro nepřímo ionizující záření (gama a rentgenové záření, neutrony). „*Kerma je součet počátečních kinetických energií všech nabitých částic (elektronů, protonů) uvolněných nenabítenými ionizujícími částicemi v určitém objemovém elementu látky o hmotnosti dm .*“ Jednotkou kermy je gray, 1 Gy se rovná jednomu joulu energie předané objemu o hmotnosti jednoho kilogramu. (Hušák a kol., 2009, s. 17)

Vztah mezi dávkou a kermou

Platí-li rovnováha nabitých sekundárních částic, kerma se rovná absorbované dávce. (Hušák a kol., 2009, s. 17)

2.3 Zdroje ozáření obyvatelstva

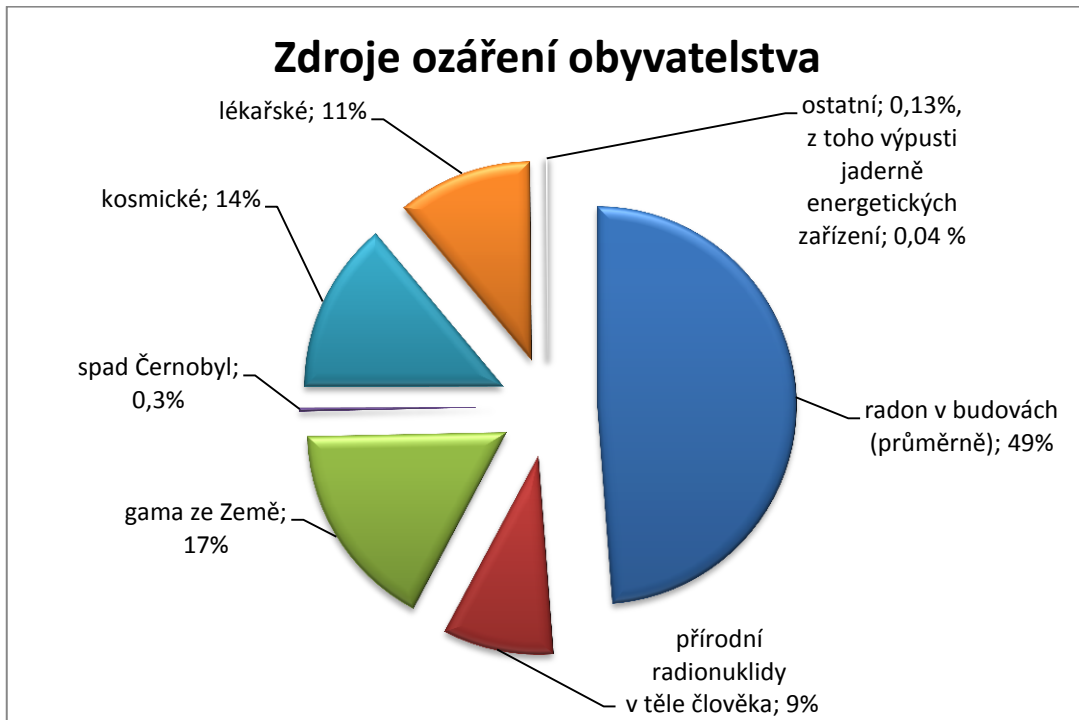
Máme dvě základní skupiny zdrojů ozáření obyvatelstva, přírodní a umělé zdroje. Na grafu č. 1 můžeme vidět, jaké procentuální zastoupení mají jednotlivé zdroje záření. Největší podíl na radiační zátěži obyvatel České republiky má radon a jeho dceřiné produkty. Ve volné přírodě je koncentrace radonu uvolňujícího se z podloží velmi nízká a na lidské zdraví nemá prakticky žádný vliv. Problematika poškozování lidského zdraví je spojena s inhalací vysokých koncentrací radonu v budovách. Radon je radioaktivní plyn, produkt uran – radiové rozpadové řady. Mezi dceřiné produkty patří rovněž polonia – 218 a 214, která se významnou měrou podílejí na ozáření plicního parenchymu a nárůstu rizika nádorového onemocnění plic. Koncentrace radonu v budovách je jedním z nejvýznamnějších faktorů spojených s radiační zátěží obyvatel České republiky, na protiradonová opatření vynakládá stát nemalé prostředky. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 a)

Druhou významnou složkou ozáření obyvatelstva je záření gama Země, proti tomuto ozáření nelze činit rozumně dosažitelná účinná opatření. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 a)

Kosmické záření přichází z otevřeného vesmíru a jeho negativní účinky se zvyšují s nadmořskou výškou. Největší radiační zátěží jsou vystaveny posádky letadel. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 a)

Lékařské ozáření, představuje největší podíl radiační zátěže z umělých zdrojů ionizujícího záření. Největší význam v oblasti lékařských aplikací připisujeme

radiodiagnostice, a to především výpočetní tomografií. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)



Graf č. 1: Zdroje ozáření obyvatelstva

2.3.1 Přírodní ozáření

„Přírodní ozáření je způsobeno dvěma odlišnými zdroji: kosmickým zářením a přírodními radionuklidy, které mají pozemský původ.“ (Hušák a kol., 2009, s. 25)

„**Kosmické záření** je mimozemským zdrojem ozáření člověka. Tu část záření, která dopadá na zemskou atmosféru, nazýváme primární složkou kosmického záření. Primární záření sestává hlavně z protonů (86%), částic alfa (11%) a elektronů (2%), zbytek tvoří těžká jádra (1%). Záření vytvořené v jaderných reakcích působením primárního záření na jádra a elektronové obaly atomů v atmosféře se označuje jako sekundární složka, jejíž hlavní podíl jsou miony s energií 1 – 20 GeV s příměsí fotonů, elektronů a neutronů.“ (Hušák a kol., 2009, s. 25)

„Radiační zátěž z kosmického záření se zvyšuje zejména s rostoucí nadmořskou výškou. Na hladině moře je dávkový příkon z kosmického záření přibližně $0,03 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$; za každých 1800 m výšky se zdvojnásobuje. Průměrná roční efektivní dávka obyvatele České republiky pouze od kosmického ozáření se odhaduje na 0,3 mSv.“ (Hušák a kol., 2009, s. 25)

„Přírodní radionuklidy jsou obsaženy ve všech složkách zemského prostředí. Přírodní radionuklidy se rozdělují do třech skupin.“ (Hušák a kol., 2009, s. 26)

- „kosmogenní radionuklidy vznikající průběžně jadernými reakcemi při interakci kosmického záření hlavně ve vnějším atmosférickém obalu Země.“ (Hušák a kol., 2009, s. 26)

- „původní primordiální radionuklidy pocházející z raných stadií vesmíru; z důvodu dlouhého poločasu přeměny, většího než 10^8 roků, se dosud vyskytují na Zemi ve významném množství. Řada dalších původně přítomných radionuklidů s kratším poločasem již vymřela nebo jsou prakticky nedetekovatelné.“ (Hušák a kol., 2009, s. 26)

- „radionuklidy, jež vznikají sekundárně z původních radionuklidů tvořících přeměnové řady; v uran-radiové řadě počínající ^{238}U je nejvýznamnější ^{226}Ra .“ (Hušák a kol., 2009, s. 26)

2.3.2 Umělé zdroje

„Umělé zdroje vytvořené člověkem zahrnují hlavně generátory (rentgenky a urychlovače), umělé radionuklidy a jaderné reaktory.“ (Hušák a kol., 2009, s. 31)

„Rentgenky (rentgenová zařízení). V těchto zařízeních jsou elektrony emitované z katody urychlovány přiloženým napětím k ohnisku na anodě, v němž je dopadem elektronů buzeno elektromagnetické záření nazývané rentgenové. Rozlišuje se záření brzdné a charakteristické. Brzdné záření vzniká při změně rychlosti pohybu elektronu v elektromagnetickém poli jader atomů anody. Spektrum brzdného záření je spojitě.“ (Hušák a kol., 2009, s. 31)

„V lékařských rentgenkách se energie elektronů dopadajících na anodu pohybuje od několika desítek keV až do 500 keV při proudu 50 mA až 1 A. Charakteristické rentgenové záření s čárovým energetickým spektrem je emitováno při přechodu elektronu v materiálu anody z vyšší energetické hladiny elektronového obalu atomu na nižší - energie fotonu je rovna energetickému rozdílu mezi hladinami. Rentgenky jsou jediným zdrojem záření pro rentgenová vyšetření, v nichž se využívá hlavně brzdného záření; pouze mamografie je založena na používání charakteristického záření.“ (Hušák a kol., 2009, s. 31)

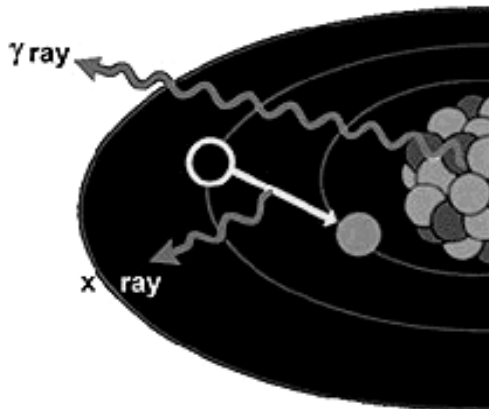
2.4 Ionizující záření

Pojmem ionizující záření rozumíme taková záření, která ionizují prostředí, jímž procházejí. Patří sem záření vznikající rozpadem radioaktivních látek alfa (α), beta (β) nebo gama (γ), rentgenové záření vznikající dopadem urychlených elektronů na kovovou anodu rentgenky, záření vyvolané částicemi urychlenými v urychlovačích nebo neutronové záření, pocházející například z jaderného reaktoru nebo z některých jaderných reakcí. (KUSALA, 2004)

„Alfa částice- jsou prostými heliovými jádry složenými ze dvou protonů a dvou neutronů, tedy mají kladný elektrický náboj. Při jejich interakci s atomy předávají část své energie elektronům. Tyto elektrony v orbitách atomů jsou převážně ionizovány, tj. odloučí se od atomu za vzniku iontu, anebo excitovány, přejdou do vyšší energetické hladiny (a zpravidla se vrací do původního místa v orbitě za vyzáření části své energie pomocí fotonů). Elektrony pak mohou předávat část své energie dalším orbitálním elektronům a sekundárně tak způsobit další ionizace. Vzhledem k husté interakci alfa částic s elektrony není jejich dolet velký.“ (Österreicher a Vávrová, 2003, s. 6)

„Beta částice – jsou identické s orbitálními elektrony, leč vznikají při štěpení atomových jader. Stejně jako alfa částice mohou předávat svojí energii orbitálním elektronům. Druhým způsobem interakce beta částic s hmotou je tzv. brzdné záření. To vzniká při interakci elektronů s jádry atomů spojené s předáním části energie elektronu a zpravidla odražení elektronu od jádra v ostrém úhlu. Atomová jádra pak přijatou energii vyzáří ve formě fotonu. Tedy, brzdné záření má charakter fotonu emitovaného z atomového jádra po interakci s beta částicí. Beta částice jako všechny elektrony mají záporný elektrický náboj.“ (Österreicher a Vávrová, 2003, s. 6)

„RTG a gama záření – mají velmi malou vlnovou délku, řádově 10^{-17} až 10^{-23} m. Oba typy záření vznikají jinou cestou. Zatím co fotony RTG jsou emitovány elektrony při přechodu do nižší energetické hladiny, gama záření je vyzařováno samotnými atomovými jádry (obr. č. 2). Stejně jako alfa a beta částice interagují s orbitálními elektrony za vzniku ionizace atomu (Comptonův jev) či excitace elektronu (fotoelektrický jev). V elektrickém poli se chovají neutrálně, tj. jsou bez elektrického náboje.“ (Österreicher a Vávrová, 2003, s. 6)



Obr. č. 2: Vznik obou typů záření

Zdroj: Österreicher, J. a Vávrová, J., 2003, s. 7

„neutrony – jsou elektricky neutrálními částicemi a jsou stavebními kameny atomových jader. Ačkoliv neutrony interagují s orbitálními elektrony, důležitý je jejich účinek při nárazu do atomových jader. Ty mohou neutron zachytit (záchyt neutronu), odrazit jej v různých úhlech, anebo se jádro působením neutronu může rozštěpit. Záchyt neutronu je zpravidla provázen vznikem nestability jádra působící jeho další radioaktivní rozpad. Tento mechanismus vysvětluje vznik indukované radioaktivity v nejrůznějších materiálech v místech působení neutronového záření, zejména pak v epicentrech jaderných výbuchů. Jádro, po interakci s neutronem a jeho následném odrazu, emituje nadbytečnou energii fotony ve formě gama záření. Posledním důležitým typem interakce neutronu je rozštěpení atomových jader. Při rozštěpení atomových jader vznikají dva nestabilní a různě veliké fragmenty, které bezprostředně reagují s okolní hmotou. Praktické využitelnosti bylo dosaženo při štěpení velmi těžkých jader, $^{235}\text{Uranu}$ a $^{239}\text{Plutonia}$. Při štěpení těchto jader jsou uvolňovány další 2 – 3 neutrony, které aktivně rozštěpí okolní atomy.“ (Österreicher a Vávrová, 2003, s. 7-8)

2.5 Ionizační komory (dozimetrie ionizujícího záření)

Ionizační komory patří mezi plynové detektory ionizujícího záření. Ionizační komory (IK) pracují v saturačním režimu. Aby docházelo k přijmutí všech nosičů náboje, musí být napětí dostatečně vysoké. Když je napětí příliš vysoké, dochází k plynovému zesílení. (KAŠAOVÁ, 2013)

Základní uspořádání elektrod v ionizačních komorách: desková, válcová, sférická – rozdíl mezi tímto uspořádáním je rozložení intenzity elektrického pole v aktivním objemu. (KAŠAOVÁ, 2013)

Ionizační komory můžeme dělit podle způsobu vyhodnocení signálu:

***Proudové:** měříme proud, jehož hodnota odpovídá počtu vytvořených iontových párů za jednotku času*

***Impulsní:** měření jednotlivých impulsů, každý představuje odezvu komory na jednotlivé detekované částice. Velikost výstupního impulsu je úměrná vytvořenému náboji od částice.* (KAŠAOVÁ, 2013)

2.6 Angiografie

Angiografická pracoviště umožňují zobrazování cévního řečiště, díky podání kontrastní látky. Na každém pracovišti musí být toto vybavení, bez kterého by se angiografické vyšetření neobešlo. Zdroj a detektor záření, vyšetřovací stůl, injekční pumpa na podání kontrastní látky, ochranné pomůcky proti ionizujícímu záření a erudovaný personál. U prováděného vyšetření pomocí skioskopie musí být vyšetřující lékař, radiologický asistent a zdravotní sestra. Každý z nich má nezastupitelnou funkci. Lékař provádí samotné vyšetření s pomocí asistující zdravotní sestry, radiologický asistent se podílí na vyšetření a zejména je garantem co nejnižších a optimálních dávek RTG záření během vyšetření. Asistent volí optimální vyšetřovací protokol a snaží se o maximální redukci dávky pro personál. (FN BRNO, 2015)

2.6.1 Příprava pacienta před AG vyšetřením

Nejprve je třeba zjistit osobní anamnézu, která je zaměřená na funkci ledvin a alergie, zda pacient nemá antikoagulační léčbu nebo metabolické nemoci. Nemocného krátce hospitalizujeme, obvykle 24-48 hod po AG vyšetření. Pacient je před AG vyšetřením poučen a je požádán o podepsání informovaného souhlasu s výkonem. Provádíme odběry krve na INR, APTT, KO a trombo. Místo vpichu musí být oholené a dezinfikované. Před vyšetřením

je zapotřebí zvýšené hydratace a 6 hodin před výkonem pacient lační. Premedikace se podává 2 hodiny před vyšetřením – antihistaminika, kortikoidy jsou nutné u alergických pacientů, ke snížení rizika alergické reakce na kontrastní látku. (FN BRNO, 2015)

Angiografické vyšetření lze provádět i v celkové anestezii. Provádí se pouze u rizikových či nespolupracujících pacientů. Podstatnou věcí je také vysazení 1 den před a 1 den po vyšetření metforminových preparátů u pacientu s diabetem z důvodů prevence laktátové acidózy. Pacienti s hypertyreózou nebo strumou 2 – 3 dny před vyšetřením požívají tyreostatika. (FN BRNO, 2015)

2.6.2 Indikace AG vyšetření

Indikace vyšetření cévního systému jsou: stenózy, různé uzávěry nebo poruchy průchodnosti cév (trombózy, embolie), zvýšená vaskularizace (nádorová onemocnění). Pomocí angiografického vyšetření také máme možnost posoudit anatomické poměry jednotlivých oblastí. Lze také prokázat aktivní krvácení, např. do zažívacího traktu či pouřazová a dále i smrt mozku. (FN BRNO, 2015)

2.6.3 Průběh AG vyšetření

Pacient je vyšetřován vleže a musí se řídit přesně pokyny zdravotnického personálu. Důležitá je taky ochrana pacienta před ionizujícím zářením. Využíváme různá krytí, podle toho, kde se provádí vyšetření. Samotný výkon na angiografickém pracovišti se zpravidla začíná po dezinfekci, vpichu a vstupu do cévního systému jehlou, kterou zavádíme nejčastěji v oblasti třísel, popřípadě využíváme jiných punkčních míst. (FN BRNO, 2015)

Místo vpichu nejprve obezřetně dezinfikujeme a poté sterilně zakryjeme. Následuje lokální anestezie vpichem injekcí 1% mesocain. V určitých případech (dítě, nespolupracující) může být pacient v celkové anestezii. Po punkci je do cévy přes sheath postupně zavedeno instrumentarium, které nám umožní vykonat dané vyšetření. Při aplikaci kontrastní látky, může vyšetřovaný pacient pociťovat „teplo v těle“, tento pocit po krátké době přejde. Při pokračování vyšetření už by neměly být pacientem pociťovány žádné nepříjemné pocity nebo bolest. Po výkonu je zpravidla hned po angiografickém vyšetření vytažen sheath z cévy. Místo, kde byl zaveden, manuálně komprimujeme, následně použijeme tlakovou bandáž. Prevencí vážných krvácivých komplikací je 24 hodin úplný klid na lůžku s bandáží. V dnešní době existují i různá uzavírací zařízení, která snižují rizika krvácení po vyšetření, Angioseal, Exoseal aj., která zkracují dobu klidu na lůžku, čímž současně zvyšují komfort pro pacienty. (FN BRNO, 2015)

2.6.4 Výhody AG vyšetření

Prakticky můžeme říci, že jsme schopni zobrazit kvalitně všechny cévy lidského těla a přímo terapeuticky zasáhnout na většině z nich. Výhodou angiografického vyšetření je především jeho minimální invazivita, tedy malá náročnost zejména pro staré a polymorbidní pacienty a krátká doba hospitalizace ve srovnání s chirurgickými zákroky. (FN BRNO, 2015)

2.6.5 Komplikace u AG vyšetření

Komplikace u AG vyšetření dělíme na dvě základní:

Časné – jsou reakce, které nastanou v průběhu vyšetření nebo krátce po něm: krvácení, alergické reakce, vznik hematomu, vagová reakce.

Pozdní – jsou reakce, které nastanou později po vyšetření: krvácení z místa vpichu, krvácení do dutiny břišní, pozdní alergická reakce a renální selhání.

Angiografické vyšetření je relativně bezpečné, i přesto mohou nastat některé komplikace, avšak závažnější komplikace oproti jiným invazivním vyšetřením jsou takřka mizivé. Výskyt takovýchto závažných komplikací je cca 1%. Nejčastější komplikace u angiografického vyšetření je krvácení z místa vpichu (hematom), který však během následujících týdnů tělo samovolně vstřebá. Závažnější komplikací mohou být poranění stehenní tepny při nešetrné manipulaci zavedeným katétrem, kdy mohou vznikat nepravé výdutě (pseudoaneuryzmata) nebo spojky (píštěle) mezi tepnou a žilou. (II. INTERNÍ KLINIKA KARDIOLOGIE A ANGIOLOGIE, 2006)

Další výjimečnou komplikací může být brnění popřípadě bolest v končetině, což může být způsobeno poraněním nervu v místě vpichu. Tyto obtíže mají přechodný charakter a nevyžadují žádnou speciální léčbu. Alergické reakce na kontrastní látku díky anamnestickým údajům, které musí pacient vždy před vyšetřením vyplnit, už v dnešní době takřka nevidáme, přesto jsou angiografická pracoviště vybavena protialergickými léky. (II. INTERNÍ KLINIKA KARDIOLOGIE A ANGIOLOGIE, 2006)

Velmi vzácnou komplikací při vyšetření může být embolizace (vytvoření krevní sraženiny v cévním systému). Projevuje se řadou příznaků podle místa, které vyšetřujeme. Tyto procedurální komplikace řeší lékaři obvykle během výkonu, nebo se pacient posílá na cévní chirurgii k operačnímu vyšetření. (II. INTERNÍ KLINIKA KARDIOLOGIE A ANGIOLOGIE, 2006)

Vyšetřující personál je kvalifikovaný a vyškolen jak v prevenci těchto komplikací, tak v kardiopulmonální resuscitaci a na sále je stále připravené dostatečné přístrojové vybavení pro KPR. Proto je důležité udržovat kontakt pacienta a personálu. Pacient je také po celou dobu výkonu monitorován EKG, TK, pulz, saturace O². (II. INTERNÍ KLINIKA KARDIOLOGIE A ANGIOLOGIE, 2006)

2.6.6 Nevýhody AG vyšetření

Zásadní nevýhodou angiografického vyšetření jsou negativní účinky využívaného ionizujícího záření, proto je třeba dbát na diagnostickou výtěžnost a brát ohled na radiační zátěž pacienta. Další nevýhodou je případná alergická reakce na kontrastní látku, která jak jsem již zmiňoval, není sice tak častá, ale vyskytnout se může, proto je třeba o ni vědět. Pacient může být eventuelně vyšetřen alternativní kontrastní látkou, kterou je oxid uhličitý (CO₂), vzácně lze použít i paramagnetické kontrastní látky: Gadovist aj. Nevýhodou těchto kontrastních látek je cena, která je až 3x větší než u jodových kontrastních látek. (KN LIBEREC, 2015)

2.7 Radiační ochrana na angiografickém pracovišti

2.7.1 Principy radiační ochrany

Princip zdůvodnění činností a zdrojů

„Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo zásahy k omezení ozáření v důsledku radiačních nehod, musí dbát na to, aby každá činnost byla zdůvodněna přínosem, který vyváží rizika, jež při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout.“

(Hušák a kol., 2009, s. 63)

Optimalizace ochrany před zářením

Důležité při využívání ionizujícího záření je udržení takové úrovně radiační ochrany, která redukuje velikost individuální dávky nakolik je rozumně dosažitelná jak po stránce ekonomické, tak technické. Tomuto principu se také říká princip ALARA As low as reasonably achievable – tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout. (Klener, 2000)

Dávkové limity

Funkce dávkových limitů je odvozena od prahových dávek deterministických účinků. Limity dělíme na Základní limity pro pracovníky se zdroji, které se vztahují na pracovníky kategorie A, kteří jsou při výkonu práce ozáření. Základní limity pro učně a studenty jsou pro osoby, které se připravují na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření. Musejí být poučeni o rizicích spojených s tímto zářením a jejich přítomnost je na pracovišti dobrovolná. Základní obecné limity se vztahují na všechna ostatní ozáření kromě lékařského ozáření a ozáření osob podílejících se na zásazích u radiačních nehod, na které se vztahují speciální limity. (Klener, 2000)

Tab. č. 1: Dávkové limity

Limitovaná veličina	Obecný limit	Limit pro radiační pracovníky	Limit pro učně a studenty
<i>Součet efekt. dávek ze zevního ozáření a úvazků efekt. dávek z vnitř. ozáření</i>	1 mSv/rok	100 mSv/5 roků 50 mSv/rok	6 mSv/rok
<i>Ekvivalentní dávka v oční čočce</i>	15 mSv/rok	150 mSv/rok	50 mSv/rok
<i>Průměrná efektivní dávka v 1 cm² kůže</i>	50 mSv/rok	500 mSv/rok	150 mSv/rok

Zajištění bezpečnosti zdrojů

Jedná se zejména o fyzické zabezpečení zdrojů ionizujícího záření proti nežádoucímu úniku nebo kontaminaci prostředí radionuklidy a současně zabezpečení technického stavu a bezpečnosti zdrojů vzhledem k jejich zneužití nebo zcizení. (ULLMAN, 2015)

Radiační ochrana má za úkol snížení absorbované dávky ionizujícího záření v organismu, kvůli vyloučení nežádoucích deterministických účinků a snížení rizika vzniku stochastických účinků záření. Dávku, kterou lze obdržet, ovlivňuje několik faktorů: intenzita, druh a energie emitovaného záření, doba, jakou jsme expozici vystaveni, vzdálenost a stínění. (Klener, 2000)

2.7.2 Základní metody radiační ochrany

Čas:

„Ochrana časem využívá skutečnosti, že radiační zátěž pracovníka roste s dobou, po kterou pobývá v blízkosti zdroje ionizujícího záření.

Platí vztah: dávka = dávkový příkon \times doba pobytu, vyjádřeno pomocí známých symbolů:

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

Zkrátí-li se doba pobytu t , bude menší i dávka záření D . Pracovník nesmí pobývat v blízkosti zdroje záření v těch časových úsecích, kde jeho přítomnost není bezpodmínečně důležitá.“ (Hušák a kol., 2009, s. 64)

Tab. č. 2: Redukce dávky rentgenového záření v závislosti na stínícím ekvivalentu Pb a anodovém napětí; přepracováno ze zdroje: (Klener, 2000, s. 299)

napětí na rentgence (kV)	50	75	100	150
ekvivalent Pb (mm)	Redukce dávky			
0,13	98,00%	90,00%	75,00%	60,00%
0,25	99,65%	97,00%	90,00%	80,00%
0,35	99,95%	98,50%	94,50%	89,00%
0,40	99,97%	99,00%	95,50%	92,00%
0,50	99,99%	99,30%	97,00%	94,50%
1		99,95%	99,50%	99,00%

Vzdálenost:

„Ochrana vzdáleností využívá skutečnosti, že dávka resp. dávkový příkon záření gama nebo rentgenového záření klesají s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje ionizujícího záření. Zvětší-li se vzdálenost od zdroje např. na dvojnásobek, dávka klesne na čtvrtinu původní hodnoty; totéž platí o dávkovém příkonu. Naopak, jestliže se vzdálenost od zdroje zmenší na polovinu, dávka vzroste čtyřikrát.“ (Hušák a kol., 2009, s. 64)

Stínění:

„Ochrana stíněním se realizuje tím, že mezi zdroj záření a pracovníka se umístí vrstva vhodného materiálu, která podstatně zeslabuje svazek záření a tím i dávku. Pro záření gama v případě tzv. geometrie úzkého svazku, kdy se berou v úvahu jen fotony, které prošly absorbatorem, a nebyly v něm rozptýleny, lze vyjádřit dávku za stíněním výrazem:

$$D = D_0 e^{-\mu d}$$

kde D_0 je dávka měřená bez přítomnosti stínící vrstvy, e je základ přirozených logaritmů ($e = 2,7183$), μ je lineární součinitel zeslabení záření gama (cm^{-1}), který závisí na energii záření a hustotě materiálu, d je tloušťka stínící vrstvy v cm. Obdobný vztah platí samozřejmě i pro dávkový příkon.“ (Hušák a kol., 2009, s. 66)

2.7.3 Informace pro indikující lékaře

Pro ochranu pacienta před ionizujícím zářením je důležitý správný výběr a zdůvodnění zvolené metody pro indikované vyšetření. Při současných možnostech je nezbytné dbát na zdůvodnění především u vyšetření s vysokou radiační zátěží, například CT, které přináší vysokou úroveň diagnostické informace, avšak pro pacienta je spojené s vysokou radiační zátěží a je nezbytné důkladně zvažovat použití této vyšetřovací metody. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

V případě dotazu je třeba při indikaci radiologického vyšetření pacienta informovat, že účinky ionizačního záření jsou spojené s nižším rizikem, než pokud vyšetření odmítne a tím bude znemožněno určení správné diagnózy. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Indikující lékař by měl znát závažnost a charakter účinků ionizujícího záření, které závisí na velikosti dávky v různých orgánech a tkáních a míře rizika, které je pacient při radiodiagnostických vyšetřeních vystaven. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Účinky ionizujícího záření se dělí na deterministické (prahové) a stochastické (pravděpodobnostní). (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Deterministické – jsou účinky, které nastávají až po dosažení definovaných dávkových prahů, které jsou pro různé orgány a tkáně odlišné. Můžeme se s nimi setkat při lékařském ozáření v radioterapii nebo výjimečně i při delších a náročnějších intervenčních výkonech. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Stochastické – jsou účinky, které mohou nastat i při nižších dávkách. Projevují se až po určité době latence. V jejich důsledku dochází k mírnému zvýšení výskytu zhoubných nádorů v populaci, která byla vystavena ionizujícímu záření. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Indikace vyšetření u gravidních žen je možná pouze v neodkladných případech a život ohrožujících stavech, o graviditě je nezbytné informovat v požadavku k rentgenovému vyšetření, které musí být provedeno s co nejnižší dávkou v oblasti dělohy. V případě, kdy byla pacientka těhotná, a o graviditě se před vyšetřením nevědělo, lze předpokládat, že dávka v oblasti uteru bude při ozáření končetin, hlavy, krční páteře a jiných vzdálenějších částí lidského těla pro plod zanedbatelná. V případě náročnějších vyšetření, kdy je děloha v oblasti zájmu, by měla být dávka pro plod individuálně stanovena. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

2.7.4 Radiační ochrana personálu při skiaskopických výkonech

Ochrana vzdáleností – po dobu skiaskopické expozice by měly všechny osoby, jejichž přítomnost v blízkosti pacienta není bezpodmínečně nezbytná, zvětšit svou vzdálenost od vyšetřované oblasti. Již dva kroky mohou velmi výrazně snížit radiační zátěž, viz 2.7.2 Základní metody radiační ochrany; vzdálenost. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Poloha rentgenky a receptoru obrazu vůči personálu – personál by měl stát na straně receptoru obrazu, kde je nižší podíl rozptýleného záření. Rentgenka by měla být pokud možno pod vyšetřovacím stolem, tak aby významnější díl rozptýleného záření směřoval dolů, kde je vzhledem k malému výskytu radiosenzitivních orgánů ozáření méně závažné. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Používání ochranných pomůcek – personál skiaskopických pracovišť by měl využívat všech dostupných ochranných pomůcek s vhodným ekvivalentem Pb. Tam kde je to vhodné a zdravotníci se v průběhu skiaskopických výkonů pohybují ve vyšetřovně, by měly být využívány ochranné pláště nebo komplety: vesta a sukně, které poskytují ochranu před ionizujícím zářením i v zádové části. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Není-li to nezbytné, neměl by výkon provádějící lékař nikdy vkládat ruce do primárního svazku. V případě nutnosti by měl využít ochranné rukavice. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Ochranné brýle – vzhledem k nejnovějším poznatkům v otázce dávkového prahu pro deterministické poškození oční čočky je důležitá ochrana očí a to především u pracovníků, kteří provádějí intervenční výkony. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Ochranné závěsy a zástěny – je-li to klinicky možné, měl by personál skiaskopických pracovišť v maximální míře využívat stropní ochranné závěsy, boční stínění, stolní závěsy a mobilní ochranné zástěny. Tyto prostředky mají vzhledem k vysokému ekvivalentu Pb významný stínící účinek, a to bez fyzické zátěže pro personál skiaskopických vyšetřoven. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

2.7.5 Radiační ochrana pacientů při skiaskopických výkonech

Vzdálenost rentgenka – pacient – receptor obrazu – v zájmu redukce radiační zátěže pacienta by měla být maximální vzdálenost mezi rentgenkou a pacientem, naopak pacient by měl být co nejbližší receptoru obrazu. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Skiaskopický čas – radiologický asistent musí vždy důsledně sledovat činnost týmu skiaskopické vyšetřovny a dbát na minimalizaci času skiaskopické expozice. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Pulzní režim – vždy, když je to klinicky možné, by měla být používána pulzní skiaskopie s co nejnižší frekvencí snímků. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Postavení svazku záření – při dlouhých a náročných výkonech je vhodné provádět změny polohy svazku záření, tak aby se dávka na kůži nekumulovala do jedné oblasti. Bočná a šikmá projekce vzhledem k tělu pacienta by měla být vzhledem k vyšší tloušťce prozařovaného objemu a souvisejícímu nárůstu radiační zátěže minimalizována. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Využívání clon – pole rentgenového záření by mělo být omezeno pouze na nezbytnou oblast. Důsledné clonění vede ke snížení radiační zátěže pacienta, personálu a k zlepšení kvality obrazu. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

Zvětšení a režim s vysokým dávkovým příkonem – funkce ZOOM a režimy s vysokým dávkovým příkonem by měly být využívány pouze v odůvodněných případech. (STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, 2015 b)

3 Část výzkumná

3.1 Výzkumné otázky a hypotézy

Otázka číslo 1

Jak významný vliv na redukci dávky mají ochranné pomůcky: stropní ochranný štít, ochranná zástěra, ochranné rukavice, ochranné brýle, krční límec na ochranu štítné žlázy aj. na AG pracovišti?

„Domnívám se, že ochranné pomůcky přispívají významnou měrou k redukci radiační zátěže personálu AG pracovišť.“

Otázka číslo 2

Jak velký vliv má poloha rentgenky k pacientu, poloha rentgenky k vyšetřujícímu personálu a umístění ochranného štítu na redukci dávky?

„Domnívám se, že poloha rentgenky a umístění ochranného štítu vzhledem k poloze pacienta a vyšetřujícího personálu má významný vliv na redukci dávky.“

3.2 Metodika

Měření jsem prováděl na pracovištích Radiologické kliniky Fakultní nemocnice v Hradci Králové.

Přestože všechna měření byla realizována ve veličinách kerma ve vzduchu a kermový příkon ve vzduchu, uvádím vzhledem k dodržení podmínky rovnováhy nabitých sekundárních částic (Hušák, 2009, s. 17) v rámci všech měření v další části práce pro lepší srozumitelnost v textu výsledky měření ve veličinách dávka a dávkový příkon.

3.2.1 Využívání ochranné zástěry

K zjišťování vlivu na redukci dávky ochranné zástěry jsem využil mobilního skiagrafického rentgenového přístroje značky Technix TMS 150, jako fantom simulující vyšetřovanou oblast těla pacienta jsem použil barel naplněný 5 l vody. Pro vlastní měření jsem používal dozimetr značky Radacal, model 9015 (obr. č. 3) s velkoobjemovou ionizační komorou Radacal MOD 10x5 – 1800 (obr. č. 4).

Nejprve jsem provedl měření velikosti dávky záření bez ochranné zástěry (ekvivalent Pb 0,25 mm), kdy jsem nastavil vzdálenost od dozimetru 50 cm. RTG přístroj jsem během měření obsluhoval z chráněné ovladovny. Měření jsem vždy opakoval 3x. Následně jsem mezi zdroj záření a ionizační komoru připevnil ochrannou zástěru a měřil opět 3x.

Uvedená měření jsem následně opakovat při vzdálenostech 100, 150 a 200 cm.



Obr. č. 3: Dozimetr RADCAL model 9015



Obr. č. 4: Velkoobjemová ionizační komora Radacal MOD 10x5 – 1800

3.2.2 Měření rozdílů v závislosti na využívání ochranného štítu a poloze přístroje

V dalším měření jsem zkoumal velikost dávky měření při postavení rentgenky nad a pod vyšetřovacím stolem, současně jsem měnil i polohu ochranného štítu s ekvivalentem Pb 0,5 mm. Jako fantom jsem opět použil 5 l barel naplněný vodou. Měření jsem prováděl na skiagraficko – skiaskopickém kompletu značky Philips MultiDiagnost ELEVA. Dávkový příkon jsem měřil dozimetrem značky RADCAL model 9015 s velkoobjemovou ionizační komorou RADCAL MOD 10x5-1800. Každé měření jsem prováděl 3x. Nejprve jsem měřil dávkový příkon v pracovních místech obsluhy bez ochranného štítu, s rentgenkou šikmo nahoře, následně se štítem u pacienta a nakonec se štítem nad pacientem. Poté jsem skiagraficko – skiaskopický komplet s C – ramenem otočil rentgenkou šikmo dolů a provedl všechna měření tak, jako při poloze rentgenky šikmo nahoře. Při měření jsem byl vždy v chráněné ovladovně.

3.2.3 Měření velikosti dávky u detektoru nebo u rentgenky

Při horizontálním postavení osy rentgenky a receptoru obrazu jsem zkoumal velikost dávky pro AG personál, pokud při vyšetření stojí na straně detektoru nebo na straně rentgenky. Skiagraficko – skiaskopický přístroj jsem použil stejný jako při zkoumání dávkového příkonu při předchozím měření, stejně jako 5 l barel naplněný vodou, dozimetr a ionizační komoru. Měření jsem opakoval 3x na straně detektoru a 3x na straně rentgenky.

3.2.4 Vliv ochranného štítu na dávku

Při posledním měření jsem se zaměřil na vliv ochranného štítu na redukci dávky pro AG personál při postavení rentgenky kolmo dole. Dozimetr, ionizační komoru, skiagraficko – skiaskopický komplet i 5 l barel naplněný vodou jsem použil stejný jako v předchozím měření. Nejprve jsem nastavil rentgenku kolmo dole, umístil jsem barel do centrálního svazku a ionizační komoru nastavil do polohy vyšetřujícího personálu. Měření jsem prováděl z chráněné ovladovny. Následně jsem mezi ionizační komoru a barel simulující vyšetřovanou oblast těla pacienta umístil ochranný štít a měření opakoval opět 3x.

3.3 Prezentace výsledků

Ve své bakalářské práci jsem se snažil zjistit míru redukce dávky ionizujícího záření pro personál na angiografickém pracovišti při používání ochranných pomůcek, dále vliv nastavení přístroje a vliv pracovních míst personálu a jeho vzdálenosti od zdroje záření.

3.3.1 Využívání ochranné zástěry

V tabulce číslo 3 můžeme vidět hodnoty, které jsem naměřil při využívání ochranné zástěry a zvyšování vzdálenosti od zdroje záření. Použité expoziční parametry při měření: 70 kV; 10 mAs. Naměřené hodnoty jsou uváděny v nGy. Průměrné hodnoty, ze kterých jsem vytvořil graf číslo 6, ukazují redukce dávek bez a za stíněním při současném zvětšování vzdálenosti personálu od zdroje ionizujícího záření. Díky směřodatné odchylce můžeme dokázat, že naše měření jsou průkazná. Na fotografii (obr. č. 5) můžeme vidět praktickou ukázkou, jak bylo měření prováděno.

Při měření vlivu ochranné zástěry na redukci dávky pro AG personál, jsem zkoumal, jaký vliv má tato ochranná pomůcka a také jsem zjišťoval, jaký význam má na redukci dávky vzdálenost od zdroje záření. Podle mého měření (tab. č. 3) mohu konstatovat, že ochranu stíněním a vzdálenosti lze považovat za velmi významné metody ochrany, které dokážou snížit radiační zátěž personálu AG pracovišť až na zlomky procent z původních hodnot.



Obr. č. 5: RTG a detektor záření se zástěrou a bez zástěry

Tab. č. 3: Základní naměřené hodnoty při použití ochranné zástěry (Pb 0,25 mm)

Vzdálenost:	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
se zástěrou	82,40	28,90	14,40	8,40
	83,40	28,30	14,40	8,40
	85,40	28,90	13,20	7,80
bez zástěry	1730,00	483,10	216,30	119,70
	1720,00	484,20	217,10	119,30
	1730,00	483,60	215,90	120,30
průměrné hodnoty: \bar{x}				
se zástěrou	83,73	28,70	14,00	8,20
bez zástěry	1726,67	483,63	216,43	119,77
směrodatné odchylky:				
se zástěrou	1,53	0,35	0,69	0,35
bez zástěry	5,77	0,55	0,61	0,50
redukce dávky:				
se zástěrou	95,2%	98,3%	99,2%	99,5%
bez zástěry		72,0%	87,5%	93,1%



Graf č. 6: Působení RTG záření se zástěrou a bez zástěry

3.3.2 Měření rozdílů v závislosti na využívání ochranného štítu a poloze přístroje

Další měření, které jsem prováděl, bylo využití ochranného štítu, poloha ochranného štítu, zda je nastaven přímo u pacienta nebo nad ním a poloha rentgenky a detektoru. Zjistil jsem, že poloha rentgenky a detektoru vykazuje rozdíl, který není zanedbatelný (tab. č. 4). V této tabulce máme uvedeno, že když je rentgenka nahoře a štít nad pacientem, tak je dávka pro personál cca o 37% nižší, než když je rentgenka dole. Se štítem u pacienta se dávka snižuje ještě více, cca o 52%, což je z hlediska radiační ochrany pro angiografický personál dle mého názoru významné. Musím však zmínit, že nelze vždy nastavit přístroj do polohy, která nám zajistí nejnižší dávku a záleží na zvyku vyšetřujícího lékaře a anatomické oblasti, kterou vyšetřuje. RTG hodnoty při měření byly při nastavení rentgenky šikmo nahoře: 73kV 1,1 mAs, při postavení rentgenky šikmo dole: 74kV 1,1 mAs. Směrodatná odchylka dokazuje zanedbatelnou odchylku v měření. Názornou ukázkou měření můžeme vidět na fotografii (obr. č. 7).

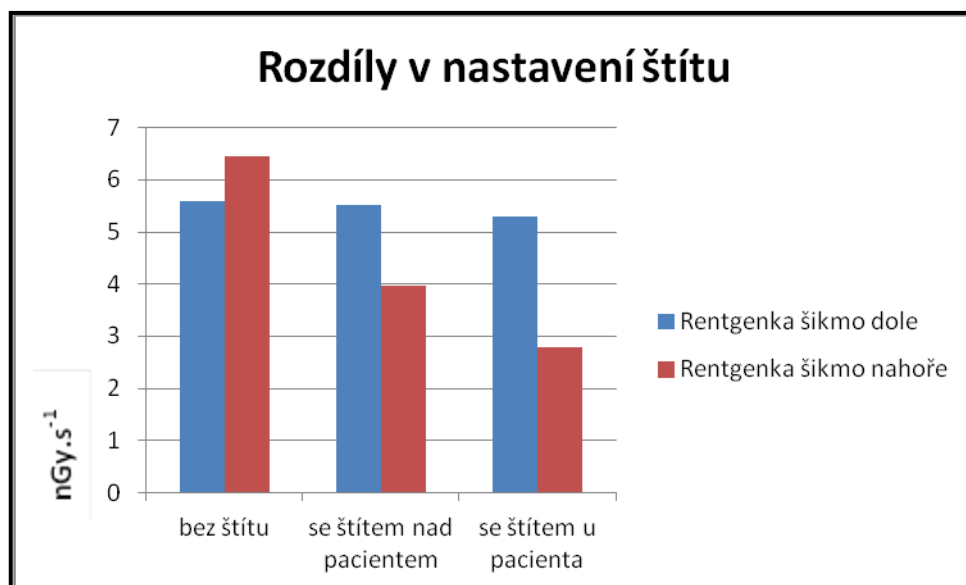


Obr. č. 7: Poloha rentgenky k vyšetřujícímu personálu

Tab. č. 4: Základní naměřené hodnoty při zkoumání velikosti dávky při různých polohách rentgenky

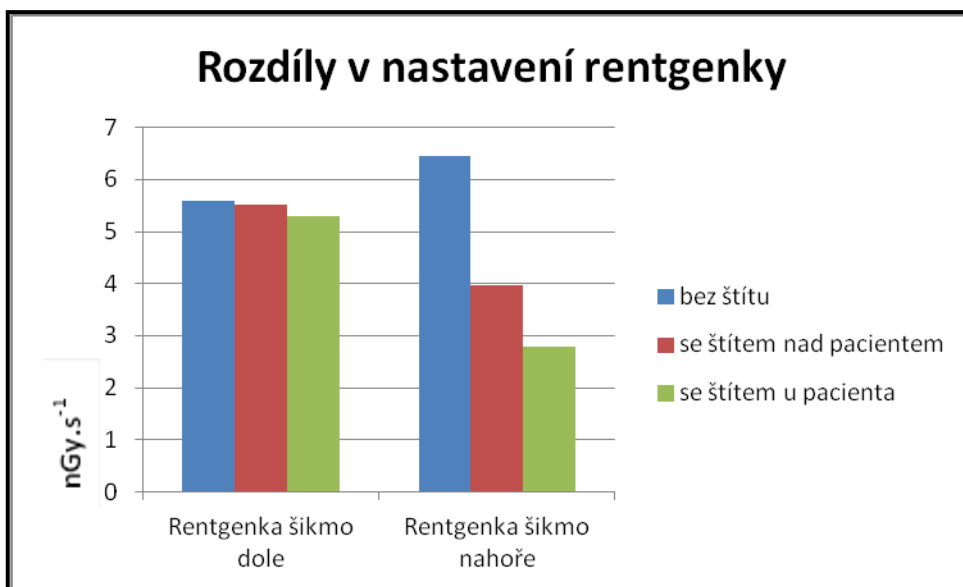
Nastavení rentgenky	Rentgenka šikmo dole	Rentgenka šikmo nahoře
bez štítu (nGy . s ⁻¹)	5,59	6,47
	5,63	6,50
	5,56	6,39
se štítem nad pacientem (nGy . s ⁻¹)	5,52	4,00
	5,54	4,01
	5,51	3,91
se štítem u pacienta (nGy . s ⁻¹)	5,35	2,74
	5,24	2,78
	5,27	2,81
průměrné hodnoty (nGy . s ⁻¹):		∅
bez štítu	5,59	6,45
se štítem nad pacientem	5,52	3,97
se štítem u pacienta	5,29	2,78
směrodatné odchylky:		
bez štítu	0,14	0,66
se štítem nad pacientem	0,02	0,06
se štítem u pacienta	0,10	0,71
Redukce dávky:		
bez štítu	0%	0%
se štítem nad pacientem	1%	38%
se štítem u pacienta	5%	57%

Na grafickém znázornění (Graf. č. 8) můžeme vidět velikost dávky při nastavení rentgenky šikmo dole nebo šikmo nahoře.



Graf č. 8: Rozdíly v nastavení štítu, vliv na ozáření personálu

Na dalším grafu (Graf č. 9) můžeme vidět rozdíly v nastavení ochranného štítu, kdy záleží, zda je tato ochranná pomůcka přímo u pacienta, nad ním nebo ji vůbec nevyužijeme.



Graf č. 9: Rozdíly v poloze rentgenky

3.3.3 Měření velikosti dávky u detektoru nebo u rentgenky

Zjistil jsem, že další důležitou součástí ochrany před ionizujícím zářením je postavení personálu k přístroji. Základní naměřené hodnoty (tab. č. 5), ze kterých jsem vypočítal průměrné hodnoty, nám ukazují, že dávka u detektoru rentgenového záření je o cca 50% nižší, než když stojí vyšetřující personál u rentgenky. Směrodatná odchylka ukazuje zanedbatelnou odchylku měření. Hodnoty jsou uváděny v nGy.

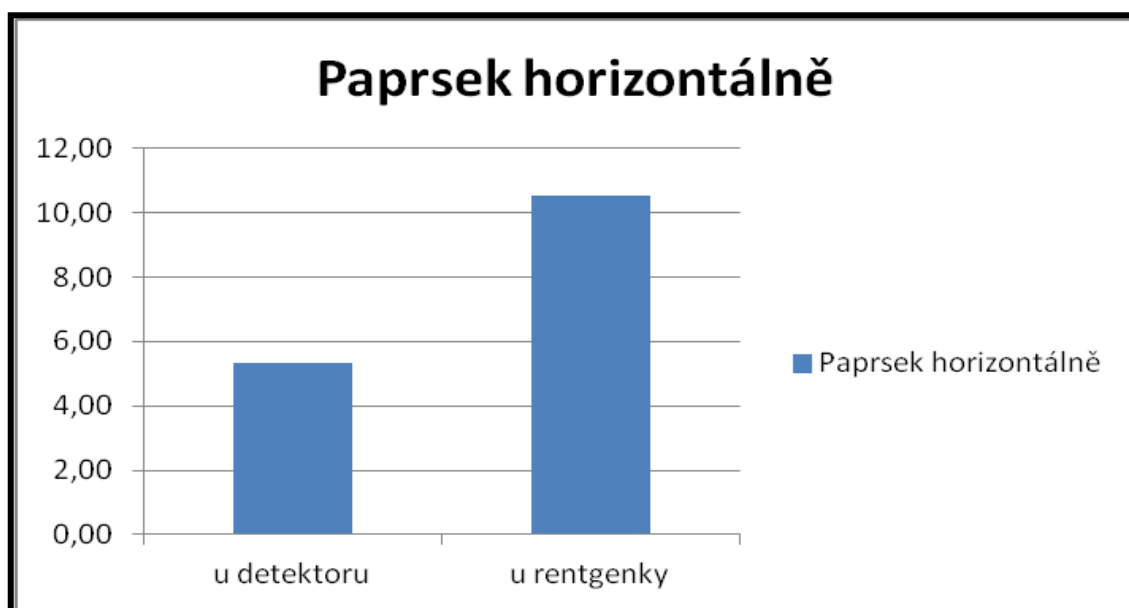


Obr. č. 10: Nastavení měřiče záření u rentgenky nebo u detektoru

Tab. č. 5: Základní naměřené hodnoty při horizontálním postavení detektoru a rentgenky vůči postavení personálu

	základní naměřené hodnoty	Průměrné hodnoty $\bar{\varnothing}$	Směrodatné odchylky	Vliv postavení na redukci dávky
Papřsek horizontálně u detektoru (nGy . s ⁻¹)	5,33	5,31	0,02	50%
	5,30			
	5,31			
u rentgenky (nGy . s ⁻¹)	10,78	10,53	0,22	0%
	10,40			
	10,40			

Na grafu číslo 11 je znázorněna velikost dávky, jaké je vystaven personál, pokud stojí u rentgenky nebo u detektoru. Její snížení je cca 50%, pokud vyšetřující lékař stojí u detektoru. Praktická ukázka měření je na obrázku číslo 10.



Graf č. 11: Rozdíl dávek pro personál v závislosti na postavení u detektoru nebo u rentgenky

3.3.4 Vliv ochranného štítu na dávku

Další významnou ochrannou pomůckou na angiografickém pracovišti, kterou využívá personál, je ochranný štít. V základních naměřených hodnotách (tab. č. 6), ze kterých jsem vytvořil průměr, můžeme vidět rozdíl, který je uveden v procentech cca 78%, což je z hlediska radiační ochrany významné snížení zátěže pro personál, který je tomuto záření vystaven. Směrodatná odchylka ukazuje zanedbatelnou odchylku měření. Hodnoty jsou uváděny v $\text{nGy}\cdot\text{s}^{-1}$.

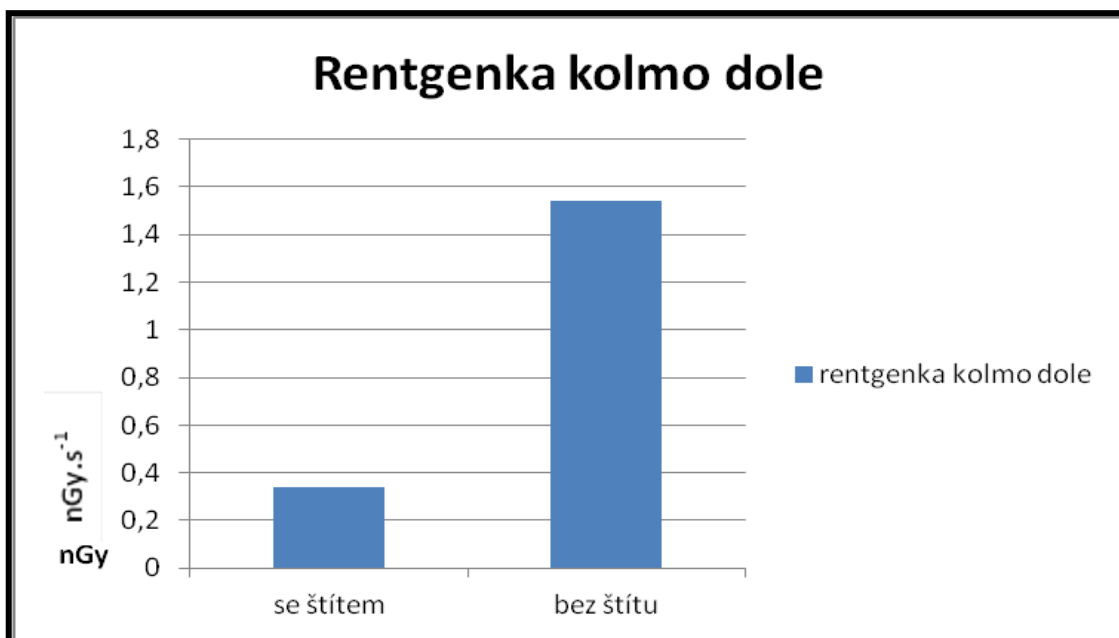
Na fotografiích (obr. č. 12) můžeme vidět způsob měření, kterým jsem získal základní naměřené hodnoty.



Obr. č. 12: Využití ochranného štítu

Tab. č. 6: Základní naměřené hodnoty zkoumající vliv užití štítu

rentgenka kolmo dole	základní naměřené hodnoty	průměrné hodnoty $\bar{\varnothing}$	směrodatné odchylky	Redukce dávky
se štítem (nGy . s ⁻¹)	0,34	0,34	0	78%
	0,34			
	0,34			
bez štítu (nGy . s ⁻¹)	1,56	1,54	0,02	0%
	1,54			
	1,52			



Graf č. 13: Rozdíl velikosti dávky při využívání ochranného štítu

4 Diskuze

Ve své bakalářské práci jsem se věnoval vlivu využívání ochranných pomůcek na redukci dávky rentgenového záření pro lékařský personál angiografických pracovišť. Toto téma jsem si vybral vzhledem k jeho technickému zaměření a zajímavé problematice testování metod vedoucích k redukci vysoké radiační zátěže pracovníků angiografických pracovišť.

V teoretické části práce jsem nahlédl do života W. C. Röntgena, historie rentgenového záření, definoval jsem zdroje ozáření obyvatelstva a základy dozimetrie ionizujícího záření. Samostatnou část jsem věnoval problematice vaskulární intervenční radiologie a zabezpečení podmínek radiační ochrany na těchto, ale i dalších radiologických pracovištích.

Na angiografických pracovištích se využívají různé ochranné pomůcky: ochranné zástěry, ochranné brýle, ochrany štítné žlázy, stropní ochranné štíty, ochranné rukavice, stolní závěsy, mobilní stínící zástěny apod.

Ve svých měřeních jsem se zaměřil na testování účinnosti ochranných pomůcek, ale i dalších metod radiační ochrany.

Stínění

Jednou ze základních ochranných pomůcek AG sálů je ochranná zástěra. Její účinnost je závislá na použitém anodovém napětí rentgenky a ekvivalentu olova, který je uveden na každé ochranné pomůcce.

Teoretickou účinnost ochranného stínění uvádí Klener (2000, s. 199). Redukce dávky záření při anodovém napětí 75 kV a ekvivalentu stínění 0,25 mm Pb je podle uvedeného zdroje 97 %. V rámci mých měření jsem při anodovém napětí 70 kV dosáhl s ochrannou zástěrou s nominálním ekvivalentem 0,25 mm Pb zeslabení v rozsahu 93,2 – 95,2 %. Viz následující tabulka.

Tab. č. 7: Redukce dávky záření při využití ochranné zástěry

vzdálenost od zdroje	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
bez zástěry (nGy)	1726,67	483,63	216,43	119,77
se zástěrou (nGy)	83,73	28,70	14,00	8,20
redukce dávky	95,2%	94,1%	93,6%	93,2%

Určitý rozdíl v nominálním a naměřeném zeslabení si vysvětlují jednak ne zcela přesně definovaným ekvivalentem Pb uvedeným na ochranné zástěře a současně možným rozdílem ve filtraci a lepší eliminaci fotonů nižších energií, spojeným s vyšší tvrdostí výstupního svazku záření a s tím spojenou lepší pronikavostí stínícím materiálem.

Mírné snížení redukce dávky se vzrůstající vzdáleností ionizační komory od zdroje záření si spojují se změnou geometrie svazku záření a nárůstem významu sekundárního záření, které mohlo pronikat pod a okolo ochranné zástěry a jeho rozptylem od podlahy a stěny vyšetřovny.

Ochranný štít

Nejvýznamnější rozdíly oproti nominálním hodnotám stínění jsem zjistil při měření s ochranným štítem. Teoretická účinnost stínění štítem s ekvivalentem 0,5 mm Pb při anodovém napětí 73 resp. 74 kV je více než 99 %. Tomuto výsledku se nepřibližují výsledky praktických měření v žádné z testovaných geometrií. Velmi významně se projevuje závislost redukce dávky na poloze ochranného štítu. Velké rozdíly jsem zjistil i při změnách v geometrii přístroje: zda je rentgenka pod vyšetřovacím stolem nebo nad pacientem, zda je kolmo nebo šikmo k vyšetřovacímu stolu.

Výsledky měření se štítem ukazují na jeho významnou účinnost v případech, kdy je štít umístěn přímo mezi pacientem a vyšetřujícím lékařem. V této konfiguraci s rentgenkou kolmo pod vyšetřovacím stolem jsem zjistil největší dosaženou redukci dávky, a to 78 %.

Při měření s rentgenkou šikmo pod operačním stolem a štítem umístěným kolmo k dlouhé ose pacienta, byly naměřené hodnoty redukce dávky 5 % se štítem přímo u povrchu těla pacienta a pouze 1 % se štítem cca 10 cm nad povrchem těla pacienta.

Při měření s rentgenkou šikmo nad pacientem a štítem umístěným kolmo k dlouhé ose pacienta, byly naměřené hodnoty redukce dávky 57 % se štítem přímo u povrchu těla pacienta a 38 % se štítem cca 10 cm nad povrchem těla pacienta.

Rozdílné hodnoty oproti nominálnímu zeslabení si vysvětlují polohou štítu u pacienta a možnostmi šíření rozptýleného záření nestíněnými směry. Výrazně lepších výsledků by dle mého předpokladu bylo dosaženo změnou polohy štítu směrem k vyšetřujícímu lékaři, což by zamezilo šíření sekundárního záření ve směrech, které nejsou v případě větší vzdálenosti štítu od vyšetřujícího lékaře štítem pokryty.

Skioskopická geometrie

V rámci vlastních měření jsem se věnoval jednak zeslabení svazku záření prostřednictvím stínícího účinku ochranných pomůcek, současně jsem však ověřoval i velikost redukce dávky, které lze dosáhnout změnami ve vzájemné poloze rentgenky a personálu AG pracovišť dle doporučení uvedených v posterech Státního ústavu radiační ochrany (2015b).

Doporučený prostor pro pracovní místa personálu při horizontální poloze osy rentgenka – receptor obrazu je na straně receptoru obrazu. Měřením jsem ověřoval velikost dávkového příkonu v teoretických pracovních místech na straně rentgenky a na straně zesilovače obrazu. Výsledky měření potvrdily doporučení Státního ústavu radiační ochrany. Dávkový příkon na straně receptoru obrazu představoval 50 % z hodnoty naměřené v odpovídajícím místě na straně rentgenky.

Výsledky tohoto měření mi potvrdily rovněž doporučení pro polohu rentgenky pod operačním stolem. Vzhledem k dvojnásobné hodnotě dávkového příkonu na straně rentgenky a anatomická poloha orgánů s vysokou senzitivitou k ionizujícímu záření a rizikem vzniku stochastických účinků, je vhodné, aby tato výrazně vyšší dávka nesměřovala do oblasti trupu, hlavy a krku, ale k nohám personálu AG pracoviště.

Vzdálenost

Z dostupných zdrojů jsem zjistil, že tzv. zeslabení vzdáleností je založeno na geometrii svazku rentgenového záření a dávka klesá s druhou mocninou (čtvercem) vzdálenosti. Toto pravidlo platí obecně pro bodové zdroje ionizujícího záření. Při vlastním měření jsem vyhodnocoval vývoj naměřené dávky záření při vzdálenosti ionizační komory 50, 100, 150 a 200 cm od vodního fantomu simulujícího vyšetřovanou oblast těla pacienta.

Teoretický úbytek dávky záření můžeme vyjádřit v procentech. Uvažujeme-li 50 cm za vzdálenost „1“ a dávku naměřenou v této vzdálenosti za 100 % a porovnáme-li teoretický vývoj redukce dávky záření se skutečně naměřenými hodnotami, získáme následující tabulku.

Tab. č. 8: Srovnání teoretického úbytku dávky záření s výsledky vlastního měření

vzdálenost:	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
teoretický úbytek	-	75%	89%	94%
vlastní měření	-	72%	88%	93%

Z nevýznamných rozdílů ve vypočtených a naměřených hodnotách je patrné, že nebodovost zdroje záření, představovaná použitým vodním fantomem neměla na redukci dávky záření významný vliv a uvedené pravidlo „čtverce vzdálenosti“ lze v podmínkách AG sálů aplikovat bez významných změn.

Ochrana časem

Další důležitou metodou radiační ochrany je čas. Snížení radiační zátěže personálu angiografických pracovišť je možné dosáhnout již prostým střídáním více operačních týmů. V rámci dosahování vysoké erudice jednotlivých profesí, je však žádoucí, aby nebyla účast odborníků u specializovaných výkonů radiační ochranou omezována a redukce osobních dávek radiačních pracovníků bylo dosahováno jinou cestou. Erudovaný personál, provádějící vysoce specializované výkony vaskulární intervenční radiologie pravidelně, dokáže lépe vyhodnotit situaci a celý výkon koordinovat i s ohledem na minimalizaci skiaskopického času a je tím nejlepším nástrojem pro zkrácení výkonu snížení radiační zátěže pacienta i zdravotnických pracovníků AG sálů.

Vyjma výše uvedených metod založených na ochraně vzdáleností a stíněním lze velmi efektivně využívat i snižování radiační zátěže pacienta a současně personálu angiografických pracovišť redukcí reálného skiaskopického času. Významným nástrojem této oblasti je důsledné využívání pulsního skiaskopického režimu. Zde, jak je uvedeno v posterech Státního ústavu radiační ochrany (2015b), je důležitým parametrem zvolený počet pulsů za sekundu. Jistého redukce dávky lze dosáhnou i změnou šíře (času) jednotlivých pulsů.

Primární clona

Neopomenutelnou metodou ochrany pacienta a současně personálu AG pracoviště je rovněž důsledné využívání ochranných clon rentgenového přístroje. V souvislosti s vymezením svazku záření výhradně na vyšetřovanou oblast a optimalizací jeho pole na dosažitelné minimum, je významně redukována radiační zátěž vyšetřovaného pacienta a současně s menším ozařovaným objem se snižuje i produkce rozptýleného záření, to je zdrojem radiační zátěže obsluhy a současně se podílí na zvýšeném obrazovém šumu. Důsledné clonění vede nejen ke snižování dávek pacienta i personálu AG pracoviště, je však i významným nástrojem pro zlepšení kvality rentgenového obrazu.

5 Závěr

- moje bakalářská práce a doložená měření potvrzují fakt, že využívání ochranných pomůcek na AG pracovištích vede k významné redukci nežádoucího ionizujícího záření pro personál
- měření dále prokazují významný vliv na redukci dávky, zejména při užívání stropního štítu
- dalším významným prvkem radiační ochrany je vzdálenost personál od zdroje ionizujícího záření
- toto laboratorně prováděné měření a nastavení stroje neodpovídají vždy možnostem a způsobům vyšetřování v klinické praxi, což však nesnižuje význam práce výsledků v ní prezentovaných
- lze předpokládat, že jiné postupy a postavení stroje a rentgenky, jež v „laboratorních“ podmínkách, že při reálném vyšetření není vždy možné dodržet z hlediska radiační ochrany nejvhodnější postavení ochranných pomůcek např.: z důvodu anatomických či z důvodů tělesné konstrukce pacienta

6 Seznam použité literatury

- 1 KLENER, Vladislava kol., 2000. *Principy a praxe radiační ochrana*. Praha: SÚJB. ISBN 80-238-3703-6.
- 2 ÖSTERREICHER, Jan a Jiřina VÁVROVÁ, 2003. *Přednášky z radiobiologie*. Praha: Manus. ISBN 80-86571-01-7.
- 3 HUŠÁK, Václav a kol., 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Karolinum. ISBN 978-80-244-2350-0.
- 4 TECHMANIA, 2008. [online]. *Röntgen Wilhelm Conrad* [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: http://techmania.cz/edutorium/art_vedci.php?key=528
- 5 KUSALA, Jaroslav 2004. [online]. *Ionizující záření* [cit. 2015-02-14] Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k22.htm>
- 6 FN BRNO, 2015. [online]. *Angiografie* [cit. 2015-02-14] Dostupné z: <http://www.fnbrno.cz/nemocnice-bohunice/radiologicka-klinika/angiografie/t4354>
- 7 II. INTERNÍ KLINIKA KARDIOLOGIE A ANGIOLOGIE, 2006. [online]. *Angiografie, perkutánní transluminární angioplastika (PTA), zavedení stentu* [cit. 2015-03-21] Dostupné z: <http://int2.lf1.cuni.cz/angiografie-perkutanni-transluminarni-angioplastika-pta-zavedeni-stentu>
- 8 KN LIBEREC, 2015 *Angiografické pracoviště (pracoviště Digitální subtrakční angiografie – DSA)* [online]. [cit. 2015-03-21] Dostupné z: <http://www.nemlib.cz/web/index.php?m=232>
- 9 ULLMAN, Vojtěch, *Biologické účinky ionizujícího záření* [cit. 2015-04-11] Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana/htm>
- 10 *Státní ústav radiační ochrany* [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.suro.cz/cz/prirodnioz>
- 11 *Státní ústav radiační ochrany* [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.suro.cz/cz/lekarske>
- 12 KAŠAOVÁ, Linda, 2013 *RFD17_detektory IZ.pdf*. Univerzita Pardubice