ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Úloha radiologického asistenta při intervenčních výkonech

The Assignment of Radiology Assistant in Interventional Procedures

Bakalářská práce

Studijní program : Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor : Radiologický asistent

Vedoucí práce : **doc. Ing. František Podzimek, CSc.**

Kristýna Lutovská

Kladno, květen 2018

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva Akademický rok: 2017/2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Kristýna Lutovská**

Obor: Radiologický asistent

Téma: **Úloha radiologického asistenta při intervenčních výkonech**

Téma anglicky: The Assignment of Radiology Assistant in Interventional Procedures

Zásady pro vypracování:

Bakalářská práce bude zaměřena na práci radiologického asistenta při intervenčních výkonech. V teoretické části studentka popíše intervenční výkony. Dále se zaměří na radiační ochranu pacienta a personálu při těchto výkonech. V praktické části zpracuje data, které získá díky různě přednastaveným režimům rentgenů měřením vstupní povrchové kermy a dávkového ekvivalentu za použití fantomů simulujících klasického a obézního pacienta. Experimentální část bude prováděna ve Fakultní nemocnici v Motole. Cílem bakalářské práce bude porovnání radiační zátěže pacienta a personálu při jednotlivých intervenčních výkonech.

Seznam odborné literatury:

[1] KRAJINA, Antonín a Jan H. Peregrin, Intervenční radiologie: miniinvazivní terapie, Hradec Králové: Olga Čermáková, 2005, ISBN 80-86703-08-8
[2] KLENER, V. a kol., Principy a praxe radiační ochrany, Praha: SÚJB, 2000, ISBN 80- 238-3703-6
[3] HUŠÁK, Václav, Radiační ochrana pro radiologické asistenty, ed. 1., Univerzita Palackého v Olomouci: Fakulta zdravotnických studií, 2009, ISBN 978-80-244-2350- 0

Zadání platné do: 20.09.2019

Vedoucí: doc. Ing. František Podzimek, CSc.

..... vedoucí katedry / pracoviště

..... děkan

V Kladně dne 19.02.2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Úloha radiologického asistenta při intervenčních výkonech vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 16.05.2018

…….
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Františku Podzimkovi, CSc. za vedení mé práce, cenné rady a ochotu při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Kamile Kulhové za pomoc při získání dat pro experimentální část práce a panu MUDr. Jiřímu Lacmanovi, Ph.D. za odborné konzultace.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá zjištěním radiační zátěže, které jsou vystaveni pacienti a personál při jednotlivých intervenčních výkonech. Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části jsou popsány intervenční výkony. Dále je práce zaměřená na úlohu radiologického asistenta při intervenčních výkonech. Jako poslední je popsaná radiační zátěž a radiační ochrana personálu i pacienta při intervenčních výkonech. V praktické části je zpracovaná povrchová kerma a dávkový ekvivalent, které byly změřeny u různě přednastavených režimů rentgenů a za použití fantomů, jež modeloval klasického a obézního pacienta.

V závěru práce je porovnaná radiační zátěž při jednotlivých intervenčních výkonech u pacienta a personálu.

Klíčová slova

Intervenční radiologie, vaskulární intervence, nevaskulární intervence, radiologický asistent, radiační zátěž, radiační ochrana

Abstract

The present thesis deals with determining the radiation dose to which patients and hospital staff are exposed during interventional procedures. The thesis is divided into a theoretical and a practical part.

The theoretical part outlines interventional procedures. Furthermore, it aims at the role of a radiologist assistant during interventional procedures. It also describes the radiation dose and the radiation protection of hospital staff and the patient during interventional procedures. The practical part focuses on surface air kerma and equivalent dose rate which were measured in various X-ray settings and using phantoms that modelled both a typical and an obese patient.

Finally, the thesis compares the radiation dose to which the patient and hospital staff are exposed during interventional procedures.

Keywords

Interventional radiology, vascular intervention, nonvascular intervention, radiologist assistant, radiation dose, radiation protection

Obsah

1 Úvod 9

2 Současný stav 10

2.1 Intervenční radiologie 10

2.1.1 Seldingerova technika 10

2.1.2 Perkutánní transluminální angioplastika 11

2.1.3 Digitální substrakční angiografie 13

2.1.4 Vaskulární a nevaskulární intervence 14

2.1.5 Žilní trombóza dolních končetin 17

2.1.6 Příprava pacienta před výkonem 19

2.1.7 Péče o pacienta po výkonu 20

2.1.8 Vybavení pracoviště intervenční radiologie 21

2.2 Úloha radiologického asistenta při intervenčních výkonech 24

2.3 Radiační zátěž, radiační ochrana a monitorování 26

2.3.1 Radiační zátěž 26

2.3.2 Radiační ochrana 28

2.3.3 Monitorování 31

2.4 Radiační ochrana při intervenčních výkonech 36

3 Cíl práce 38

4 Metodika 39

5 Výsledky 45

6 Diskuze 57

7 Závěr 59

8 Seznam použitých zkratek 60

9 Seznam použité literatury 63

10 Seznam použitých obrázků 66

11 Seznamu použitých tabulek.....67

1 ÚVOD

Intervenční výkony na radiodiagnostických odděleních jsou již po mnoho let nedílnou součástí pracovní náplně jak lékařů, tak i radiologických asistentů. Rozvoj nových léčebných postupů spolu s vývojem léčebných pomůcek vedou k nutnosti vzdělávání asistentů i v této oblasti. Moderní radiodiagnostické oddělení bez možnosti provádění intervenčních výkonů by již nebylo konkurenceschopné. Proto jsou kladeny stále nové nároky na teoretické znalosti i praktické zkušenosti celého intervenčního týmu. Radiologický asistent, jako jeho součást, musí být nositelem řady specifických vědomostí a dovedností. Tato bakalářská práce by měla poukázat na zmíněná specifika.

Intervenční radiologie nabízí pacientům širokou řadu výkonů jak na cévách (vaskulární intervence) či mimo ně (nevaskulární intervence). Jde o výkony diagnostické či léčebné, prováděné pod různými zobrazovacími modalitami – nejčastěji pod CT či pod skiaskopickou (angiografickou) kontrolou.

Základní rozdělení výkonů bylo již zmíněno v minulém odstavci, tedy na vaskulární či nevaskulární intervence. Další možností je rozdělení výkonů z pohledu intervenované oblasti – výkony abdominální, končetinové, krční, mozkové…či z pohledu na samotnou proceduru – punkce, opich, drenáž, stenting, embolizace, angioplastika, vertebroplastika, embolektomie a řada dalších. Všechny tyto intervence mají řadu společných rysů – jednak již zmíněné využití různých zobrazovacích metod, tak i nutnost různě velké invazivity, která se liší každým typem výkonu.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Intervenční radiologie

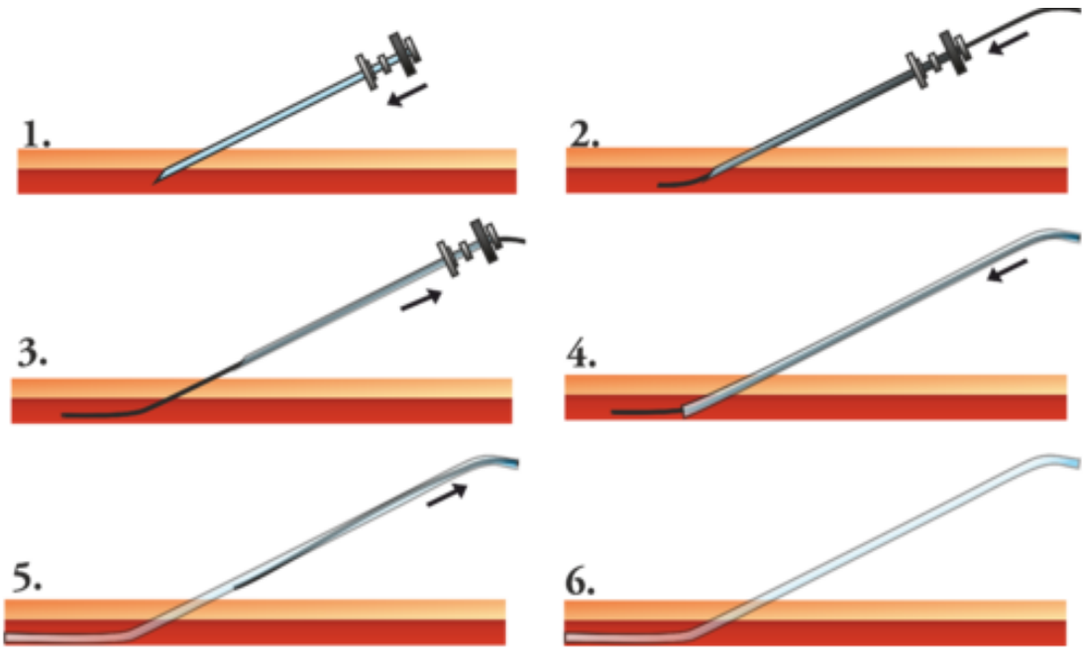
Intervenční radiologie je moderní se rozvíjející obor, který usnadňuje nebo úplně nahrazuje některé chirurgické výkony. Díky svojí miniivazivitě má intervenční radiologie nezastupitelnou roli v diagnostice, a hlavně v léčbě některých orgánových postižení. (VOMÁČKA, 2015 str. 58)

Intervenční radiologie se dělí na vaskulární a nevaskulární intervence. Na samotném cévním systému nebo skrze něj se provádějí vaskulární výkony. Mimo cévní systém se vykonávají nevaskulární intervence. Zajímavé a perspektivní intervenční metody se rozvíjejí v onkologické problematice. Jsou to výkony jak vaskulární (chemoembolizace, radioembolizace), tak i nevaskulární (radiofrekvenční ablace, drenáže žlučových cest aj.) (NEKULA, 2001 str. 180; ČLS, 2017)

Intervenční tým se nejčastěji skládá z lékaře, radiologického asistenta a zdravotní sestry. Výkony by měl provádět lékař, který má specializaci v intervenční radiologii. Diagnostikuje pacienta a zároveň se mu stává lékařem, který se podílí i na jeho léčbě. (ČLS, 2017)

2.1.1 Seldingerova technika

Dodnes se pro vstup do žilního nebo arteriálního řečiště používá tzv. Seldingerova technika. Princip Seldingerovy metody je následující. Zvolí se místo vpichu, nejčastěji jde o přístup přes a. femoralis communis pod tříselným vazem, kde je tepna dobře hmatatelná. Pokud je toto místo postiženo aterosklerózou a punkce není bezpečná, lze zvolit přístup přes druhostrannou femorální tepnu či přes tepnu brachiální. Celý výkon je prováděn v lokální anestezii za sterilních podmínek. Tenkostěnnou jehlou se provede punkce tepny. Správné napíchnutí jehly se pozná podle pulzatilního vystřikování krve z jehly. Po zavedení vodiče přes jehlu, se jehla vytáhne a po vodiči se zasune katétr či sheath. Zaváděcí pouzdro (sheath) je zakončeno chlopní. Chlopeň zajišťuje nepronikání krve vně. Poté už následuje zavedení vodícího drátu a katétru a případný terapeutický nebo diagnostický výkon. (SEIDL, 2012 str. 223; VOMÁČKA, 2015 str. 58)



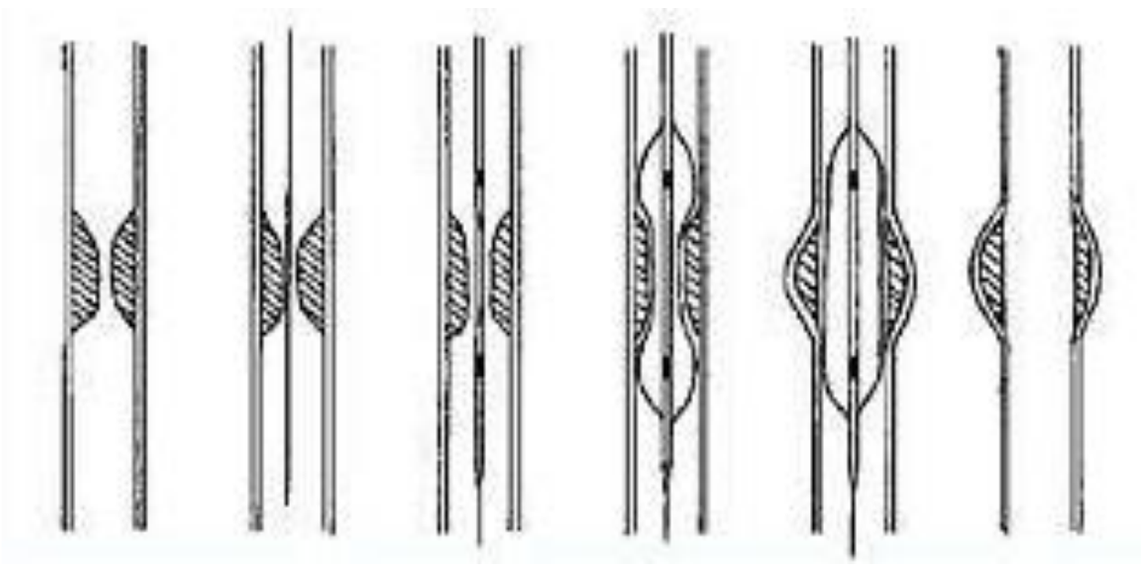
Obrázek 1: Seldingerova metoda

(MACHOVÁ, 2015)

2.1.2 Perkutánní transluminální angioplastika

Postižení žilního a tepenného systému se léčí vaskulárními intervencemi. Perkutánní transluminální angioplastika (PTA) je nejstarší metodou vaskulárních intervencí. K léčbě stenóz tepen a žil se používá perkutánní transluminální angioplastika. U této metody se rozšiřuje průměr postižené cévy na původní. Zúženým luminem cévy proniká vodič až do zdravé části cévy. V některých případech může být ale průnik obtížný, proto jsou využívány i speciální vodiče, které mají hydrofilní povrch nebo lze s nimi rotovat. Jak už jsem zmínila, vodič proniká přes okluzi nebo stenózu až do zdravé části cévy. Poté je po vodiči zaveden do postižené oblasti balónkový katétr různých rozměrů. Délka balónku je stejná či větší než délka postižení a šířka odpovídá průměru cévy, maximálně je o 10 procent širší. Místo zúžení se v důsledku naplnění balónku rozšíří. Po vyprázdnění balónku zůstává místo zúžení rozšířené a tok krve je tímto úsekem obnoven. Během plastiky dochází k poranění stěny cévy a k ná-

sledným autoreparativním procesům, které mohou v určitém malém procentu vést k trombóze či pozdější k restenóze. Je tedy nutné, aby každý pacient podstoupil během i po výkonu PTA medikamentózní léčbu. (KRAJINA, 2005 str. 91; VOMÁČKA, 2015 str. 59)



Obrázek 2: Perkutánní transluminální angioplastika

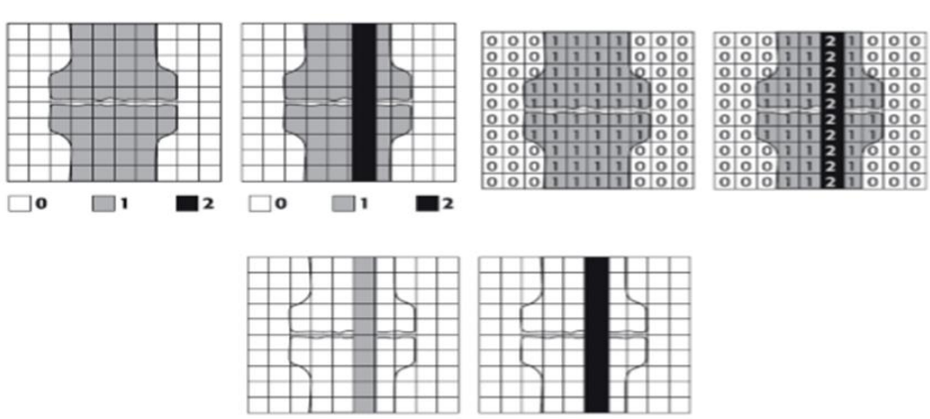
(VOMÁČKA, 2015 str. 58)

Po případném neuspokojivém výsledku PTA (elastický recoil, či více jak 30% restenóza) se často zavádí do cév stenty. Tyto kovové výztuže zachovávají dlouhodobou průchodnost cévy. Kontraindikací k použití stentu jsou hyperkoagulační stavy či problémy se zavedením stentu. Stenty jsou rozdělovány na samoexpandibilní a balon-expandibilní. Jejich předností je především elasticita a tvarová teplotní paměť. V komprimovaném stavu je stent ve tvaru pružiny umístěn v katétru nebo je na něj fixovaný. Po uvolnění dojde k rozšíření stentu na určený rozměr. Jelikož jsou stenty málo kontrastní, musí se konce označit rentgenovým kontrastním materiálem. Využití samoexpandibilních stentů je převážně u vinutých nebo dlouhých stenóz. Naopak u krátkých a nevinutých stenóz se používají balon-expandibilní stenty. Na balónkovém katétru jsou navlečené a pomocí něho také kontrolovaně expandovatelné. U léčby výdutí nebo disekcí velkých cév či zástavy krvácení perforovaných nebo rupturovaných cév se uplatňují stentgrafty – tedy stenty potažené polytetrafluorethylenem. (NEKULA, 2001 str. 183; VOMÁČKA, 2015 str. 59)

Akutní hemostatické nebo elektivní výkony jsou indikacemi pro embolizaci cévy. Tato metoda má za cíl zastavit krvácení nebo mu předejít. Lze jí i embolizovat patologické útvary v celém těle. Provádí se nejčastěji pomocí embolizačních materiálů (lepidlo, spirály, polyvinylalkohol aj). Embolizační materiál se obecně dělí dle chemických a fyzikálních vlastností. Zaprvé na materiál v těle resorbovatelný, kam patří např. želatinová pěna. A zadruhé na neresorbovatelný materiál v těle, to je například kovová spirála či tkáňové lepidlo. (VOMÁČKA, 2015 str. 60)

2.1.3 Digitální substrakční angiografie

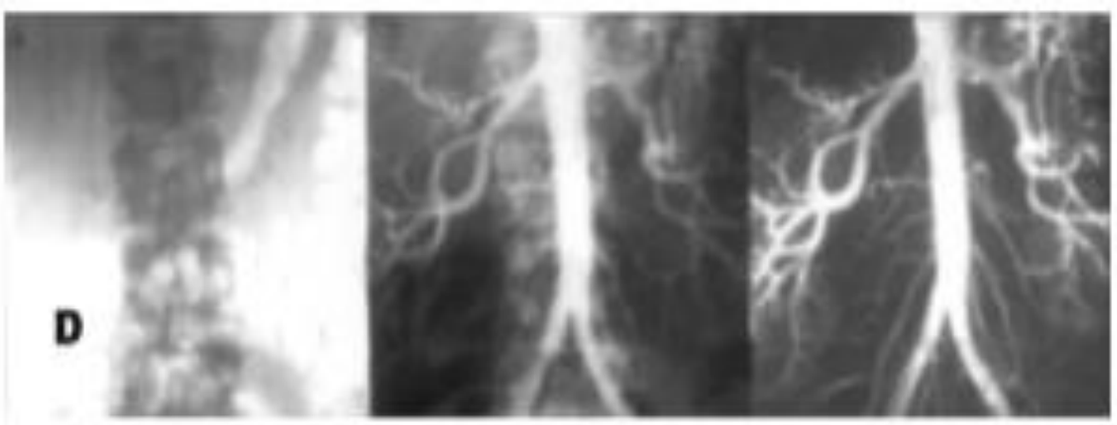
„Digitální subtrakční angiografie (DSA) slouží k zobrazení cévního řečiště." (CMP-manuál) *„Tento způsob zobrazení cév začal být používán v 80. letech v souvislosti s digitalizací rentgenového obrazu (převedení rentgenogramu na bodové obrazové jednotky – pixely, které jsou strukturované do matrice na ploše zobrazení o straně 1024 bodů. Každý bod má souřadnici x a y, určující jeho polohu v matrici, třetí souřadnice určuje odstín šedi odpovídající místnímu zčernání.)"* (KRAJINA, 2005 str. 70) Je to vybavení pro všechny moderní přístroje v angiografii. Metoda spočívá v počítačové substrakci. Do paměti počítače se jako první nasnímá vyšetřované místo nativním RTG obrazem (tzv. maska). Od tohoto snímku je odečten snímek pořízený po užití kontrastní látky do cév. Digitální substrakcí vymizí nezměněné struktury, které jsou na obou snímcích stejné a v tomto případě zůstanou naplněné cévy kontrastní látkou, kterými se snímky liší. Jde o metodu substrakce a masky. (SEIDL, 2012 str. 38)



Obrázek 3: Digitální substrakce

(KRAJINA, 2005 str. 71)

DSA se používá nejčastěji k diagnostickému zobrazení cévního systému, k posouzení anatomie či patologických stavů – např. k hodnocení aneuryzmatu, AVM, píštěle nebo k hodnocení okluze či stenózy. DSA, stejně jako každá intervence, přináší velmi malé procento možných komplikací, jsou to však komplikace, které nebývají klinicky významné.



Obrázek 4: Reálná digitální substrakce

(KRAJINA, 2005 str. 71)

2.1.4 Vaskulární a nevaskulární intervence

Mezi vaskulární i nevaskulární intervence patří řada intervenčních výkonů:

a) vaskulární neurointervence

První skupinou jsou např. intervenční výkony v neurochirurgii a neurologii. Patří sem např. endovaskulární léčba aneuryzmat mozkových tepen – tzv. koiling. K této léčbě se používají platinové odpoutatelné spirálky. Ty jsou zavedeny mikrokatétrem do vaku výdutě a tam jsou odpoutány. Cílem je vyplnit vak aneuryzmatu, vytvořit trombus a zabránit tak riziku ruptury a fatálního subarachnoideálního krvácení.

Do této skupiny patří také endovaskulární léčba při ischemických cévních příhodách mozku. V současné době se tato léčba standardně provádí aplikací intravenózního trombolytika. Pokud je ale u této léčby předpokládaný malý efekt nebo jsou kontraindikace

k provedení, preferuje se mechanická embolektomie. V současnosti je trend začít s mechanickou trombektomií co nejdříve. Při této endovaskulární léčbě je snaha zavést pomocí mikrokatétru speciální stent (tzv. stentretriever) za embolus v uzavřené tepně a pomocí stažení otevřeného stentu obturující embolus stáhnout z tepny.

Jako další intervenční výkon je v této neurovaskulární skupině považováno stentování karotid. Jde o výkon na krčním úseku karotidy při ošetření kritické či rizikové stenózy. Stent je zaveden přes stenózu ve vnitřní karotidě, tam uvolněn a ponechán. Cílem stentování je obnovit původní šíři tepny a překrýt a stabilizovat rizikový plát.

Obdobou tohoto výkonu je angioplastika (PTA) či stenting vertebrálních tepen. Stenózy vertebrálních tepen se můžou objevit jak v extrakraniálních (typicky v odstupu z podklíčkové tepny), tak i v intrakraniálních úsecích.

Mezi vzácnější endovaskulární intervence lze zařadit embolizace nádorů, intrakraniální PTA, embolizace piálních a durálních malformací, embolizace karotido-kavernózních píštělí, embolizace míšních malformací. Tyto intervence již vyžadují velké zkušenosti od celého intervenčního týmu a drahé pomůcky.

b) nevaskulární neurointervence

Mezi nevaskulární neurointervence patří výkony jako vertebroplastika či kyfoplastika, lumbální punkce či drenáž. Při vertebroplastice je snaha stabilizovat komprimovaný, a tedy bolestivý obratel, pomocí kostního cementu aplikovaného tlustou jehlou perkutánně do obratlového těla.

Variantou tohoto výkonu je kyfoplastika (zavedení vysokotlakého balónku do obratle) s následnou standardní výplní obratle cementem.

c) vaskulární intervence mimo CNS

Jde o velkou skupinu výkonů, které se provádějí na většině angiografických pracovišť.

Nejčastějším výkonem je angioplastika (PTA) tepen pánve a dolních končetin. Typickým nálezem je aterosklerotická stenóza či uzávěr tepny s klinickým obrazem klaudikací či kožního defektu. Cílem léčby je obnovit tok tepnou pomocí PTA balónku či stentu.

Obdobným způsobem se plastikují (stentují) renální tepny při renovaskulární hypertenzi nebo odstupy břišních větví (truncus coeliacus a arteria mesenterica superior) při známkách ischémie střev.

Velkou kapitolou je pak i ošetření aneuryzmat hrudní a častěji břišní aorty. Nález dilatace aorty nad 5 cm nebo nález disekce či známek prosakování aneuryzmatu vedou k urgentnímu řešení. Tím je zavedení tzv. stentgraftu, tedy potaženého stentu. Dochází ke stabilizaci stěny aorty a výrazně se minimalizuje riziko ruptury a fatálního krvácení. Endovaskulární perkutánní ošetření takových aneuryzmat je rychlé a pro pacienta mnohem méně zatěžující než otevřená břišní operace.

Náročným výkonem, se kterým se můžeme na některých pracovištích setkat je TIPS (transjugulární intrahepatální portosystémový shunt). Jak již název vypovídá, jde o vytvoření nové komunikace mezi portálním žilním řečištěm a odvodnými jaterními žílami. Cílem je zmenšit přetlak v portálním řečišti a zabránit krvácení z vytvořených portosystémových spojek.

V břišní i hrudní oblasti se můžeme setkat i s výkony, které mají za úkol tepnu uzavřít. Je to typicky v případech akutního krvácení z tumoru, po úrazu či při přítomnosti arterio-venózní malformace. Principem léčby je superselektivní zavedení mikrokatétru až k místu krvácení a embolizaci (uzávěru) tepny embolizačním materiálem. Tím mohou být spirálky, lepidlo polyvinylalkohol nebo spongostánová pěna. V onkologické problematice se využívá embolizačního materiálu s navázaným cytostatikem k tzv. chemoembolizaci. Typickým případem je chemoembolizace hepatocelulárního karcinomu (hematomu) či metastáz kolorektálního karcinomu. Embolizaci bez cytostatika lze využít i při embolizaci symptomatického děložního myomu.

Velmi raritní jsou pak embolizační výkony na tepnách horních končetin či na plicním řečišti.

d) nevaskulární intervence

Tyto intervence bývají doménou CT pracovišť. Jsou to zejména biopsie, tedy odběr histologických vzorků z patologických tkání pomocí semiautomatických, perkutánně zavedených jehel. Dále drenáže patologických tekutinových kolekcí a abscesů. Opichy jsou

realizovány nejčastěji v oblasti páteře, oblíbeným punkčním výkonem je tzv. PRT (periradikulární terapie), aplikace léčebné směsi k bolestivému nervovému kořenu na krční či bederní páteři.

Jednou ze základních a stále využívaných intervencí je ošetření stenóz na žlučovém stromu. Může jít o diagnostickou PTC (perkutánní transhepatální cholangiografii) či spíše o PTD (perkutánní transhepatální drenáž žlučovodů). Výkony jsou prováděny pod skiaskopickou (angiografickou) kontrolou. Jde o perkutánní nápich žlučovodů, zavedení instrumentária (drátů, katétrů) do dilatovaných žlučovodů se snahou přejít přes stenózu (nejčastěji maligní, méně často benigní po resekčních výkonech) a zajistit pomocí zevně-vnitřního drénu odtok žluči.

Na játrech lze terapeuticky využít i RFA (radiofrekvenční ablace).

Je snad pochopitelné, že nelze v této práci vyjmenovat všechny možné intervence, včetně těch velmi raritních, tímto základním rozdělením a výběrem jsem se snažila ukázat široké možnosti současných intervencí.

Jedné z méně prováděných intervencí se chci věnovat ve své práci. Je to terapie žilní trombózy na dolních končetinách. (KRAJINA, 2005)

2.1.5 Žilní trombóza dolních končetin

Hluboká žilní trombóza (flebotrombóza) dolních končetin patří mezi časté onemocnění. Vzniká v důsledku porušení koagulačních stavů, poškození cévní stěny nebo krevní stázy. (KRAJINA, 2005 str. 221)

Flebotrombózou trpí pacienti, kteří se dlouho nehýbali. Může nastat i po velkých chirurgických výkonech. Dále je větší pravděpodobnost vzniku u obézních lidí. Těhotenství může být dalším rizikovým faktorem. Poruchy srážlivosti nebo přítomnost zhoubného nádoru vedou také k tvorbě trombózy. (ŠTEFÁNEK, 2011)

U postižené končetiny se mění barva pokožky. Získává nafialovělou barvu a je napjatá. Pacient si také stěžuje na otok končetiny a bolest, která se zhoršuje při chůzi nebo pohmatu.

Je možný vznik ischémie. Dále může být přítomna dilatace žil a kolaterál. Příznak nebo spíše komplikací je plicní embolie, která je životu ohrožující. U posttrombotického syndromu trpí pacient bolestí, chronickým otokem končetiny, chorobným ztvrdnutím tkáně a tvořením bércových vředů. Příčinou posttrombotického syndromu je chronická obstrukce se zvýšením tlaku v žilách, zvýšení na podkladě refluxu při selhání žilních chlopní, případně je to kombinace uvedených stavů. (KRAJINA, 2005 str. 211; ŠTEFÁNEK, 2011)

Jednou z možností léčby je trombolytická léčba. Endovaskulární trombolytická léčba je indikována u pacientů trpící maximálně 10 dní ileofemoropopliteální trombózou nebo pokud nezabere konzervativní antikoagulační terapie u phegmasia cerulea dolens. (VOMÁČKA, 2015 str. 139)

Pojme-li lékař podezření na postižení žilního systému, pošle pacienta na dopplerovské sonografické vyšetření, na kterém lze zobrazit celý žilní systém a případné sraženiny. Používá se i ke kontrolám během a po výkonu. Někdy se tato metoda doplňuje o vyšetření MR či flebografií na CT. Pomocným laboratorním vyšetřením je vyšetření D-dimerů. Negativní výsledek trombózu téměř vylučuje. Pokud pacient trpí jinou nemocí, test může být i falešně pozitivní. (PROCHÁZKA, 2012 str. 161; VOMÁČKA, 2015 str. 139)

Antikoagulační léčba je standardní metoda při léčení akutní HŽT. Podává se tradiční Warfarin, nízkomolekulární heparin. Mezi novější léky na ředění krve jsou Pradaxa, Xarelto a Eliquis. V průběhu léčby by měl být pacient v klidu na lůžku a nohu by měl být zabandážovanou. Cílem této léčby není zničit existující trombus, ale snížit riziko vzniku nového a zabránit vzniku plicní embolie. (KRAJINA, 2005 str. 212; ŠTEFÁNEK, 2011)

Lepší léčebný účinek má trombolytická léčba. Rychleji zlepšuje a normalizuje žilní hemodynamiku. V povrchovém žilním systému, kde dochází k vývoji varixů, dochází ke snížení zatížení. Dále zajišťuje redukci postižení chlopní a snižuje tvorbu kolaterál.

V iniciální fázi výkonu je punktovaná vena poplitea. Průběh punkce je kontrolován ultrazvukem. Do žíly je zaveden různě dlouhý trombolytický katétr. Délka trombolytického katétru se vybírá podle délky uzávěru. Po dobu 24-72 hodin se aplikují infuzí do katétru trombolytika za angiografických kontrol. Léčebnou aplikovanou látkou bývá rtPA (rekombinační tkáňový plazminogen) s firemním názvem Actilyse. (KRAJINA, 2005 str. 212; PROCHÁZKA, 2012 str. 161)

Novou možností léčby HŽT je i mechanická trombektomie. Indikuje se u pacientů, kteří nemůžou být léčeni prolongovanou trombolytickou léčbou. Trombektomie má ve srovnání s chirurgickou trombektomií nebo trombolýzou řadu výhod. Patří sem odstranění sraženin a zlepšení hemodynamiky za několik minut. Tromby lze aspirovat (nasát) do širokých aspiračních katétrů, lze je mechanicky rozmělnit rotačními pomůckami nebo vzácně i stáhnout pomocí stentů. Pacient je po výkonu monitorován na lůžku a celkově hospitalizován kratší dobu. Počet flebografických kontrol je menší. Mechanickým výkonem se zmenšuje pravděpodobnost vzniku komplikací. Ve srovnání s chirurgickou trombektomií je snížená morbidita ale i mortalita. Ale i tento výkon má několik nevýhod. První je větší pravděpodobnost vzniku PE (často však asymptomatickou). A druhou nevýhodou je možné riziko poškození endotelu cév a možnost krvácení. (PROCHÁZKA, 2012 str. 161; KRAJINA, 2005 str. 212)

Následná léčba bývá jak farmakologická (antikoagulancia), tak rehabilitační s bandážemi. (ŠTEFÁNEK, 2011)

Součástí léčby je i prevence vzniku opakované trombózy. Pokud to lze, je dobré se vyhýbat rizikovým faktorům. Těmi jsou nejčastěji nedostatek pohybu, kouření, antikoncepce, nadváha. Velkou roli hraje i znalost anamnestických dat ohledně výskytu trombózy v rodině.

2.1.6 Příprava pacienta před výkonem

Pacient musí podstoupit přípravu, po které následuje vlastní intervenční výkon. Při přijetí pacienta se provádí bezpečnostní proces. Zahrnuje kontrolu identifikace, dokumentaci pacienta, kontrolu intervenované oblasti, přípravu instrumentárií, kontrolu alergie na jodovou kontrastní látku a léky a v neposlední řadě i od pacienta podepsaný informovaný souhlas. Lékař pacientovi vysvětlí výkon, který ho čeká. Probere s ním jeho onemocnění a seznámí ho s dalšími alternativními způsoby léčby. Pacient je informován o možných komplikacích a rizik výkonu, jež můžou nastat během nebo po provedení. V případě, že je pacientem odmítnut léčebný výkon, musí být místo informovaného souhlasu podepsán negativní reverz. Na obou těchto dokumentech musí být uveden datum, čas a již zmiňovaný podpis od pacienta, dále podpis lékaře a svědka.

Před vlastním výkonem musí být pacienti lační minimálně 4 hodiny, ale tekutiny mohou popíjet do jedné hodiny před výkonem.

Dalším postupem je kontrola hemokoagulačních parametrů (krevní obraz, Quickův čas, APTT, INR, trombocyty). U nevaskulárních výkonů musíme zkontrolovat navíc i hladiny obstrukčních enzymů a bilirubinu. Dále je nezbytné znát hladiny, které nám vypovídají o funkci ledvin (kreatin, urea). Musíme vědět, jaké léky pacient užívá a jak už bylo zmiňováno, musíme znát alergickou anamnézu. Pokud pacient používá Warfarin, musí se vysadit aspoň 3 dny před výkonem. Dále musí být vysazen i nízkomolekulární heparin a to 24 hodin před výkonem. Pokud nemocný trpí astmatem, léky pravidelně užívá. To platí i u braní léků kvůli onemocnění srdce nebo štítné žlázy. U diabetiků se plánují výkony na dopolední hodiny. Před výkonem se zkontroluje hladina glukózy. (KRAJINA, 2005 str. 28; VOMÁČKA, 2015 str. 61)

Když už máme všechny nutné informace, pacient je uložen na vyšetřovací angiografický stůl. Mělo by mu být zajištěno fyzické a tepelné pohodlí. Poloha pacienta může být odlišná na různých pracovištích. Hlavu, ruce a případně bolestivou končetinu podložíme, některé výkony vyžadují i fixační pomůcky. Nemocný je napojen na monitor vitálních funkcí a během výkonu měříme jeho puls, EKG, TK, SpO2, dechovou frekvenci, bolest pacienta). Pro eventuální aplikaci léků nebo infuzních roztoků je zavedena žilní kanyla. Dále se připravuje sterilní instrumentační stolek, bez kterého by nemohl být intervenční výkon proveden. Na ovládací konzoli se pacient zapisuje do systému, připravuje se injektomat s kontrastní látkou, která je vhodná pro vyšetřovanou oblast. Je nutné, aby celý intervenční tým během výkonu dodržoval zásady asepse a používal ochranné sterilní a nesterilní bariérové pomůcky. Sestra, případně lékař, provádějí antisepsi operačního pole, a to místa incize a punkce. Po úplném zaschnutí je nutné provést rouškování pacienta, které vykonává vždy lékař a sestra. Zásadně se rouškuje ve sterilním plášti a sterilních rukavicích. Po celou dobu vyšetření by se mělo dbát na dodržování intimity nemocného. Proti ionizujícímu záření se celý tým chrání ochrannými pomůckami (např. olověnými zástěrami, ochrannými brýlemi). (PROCHÁZKA, 2012 stránky 15, 132)

2.1.7 Péče o pacienta po výkonu

Po výkonu je pacient přeložen z angiografického stolu zpět na lůžko a je převezen do předsálí, kde se většinou vytáhne sheath z třísla. Místo vpichu je možno stlačit ručně (manuální komprese) nebo tlakovými pomůckami (Femostop) či je možno tříslo ošetřit šicím

zařízením (FemoSeal, AngioSeal aj). Sheath se neodstraňuje po výkonu např. pokud pokračuje aplikace léků nebo je zvýšené riziko krvácení. Katétr se fixuje ke kůži náplastí nebo jedním stehem a sterilně se překryje. Odstraní se, až když zmizí důvody, kvůli kterým byl ponechán.

Pacient je informován o průběhu výkonu a je převezen na lůžkové oddělení. Je nezbytné, aby byl cca 12-24 hodin v klidu. Na oddělení je pacient dále monitorován a sledován. Sestra kontroluje místo vpichu a pravidelně měří tlak krve a po neurovýkonech hodnotí i neurologický stav pacienta. Pacient by neměl krčit vyšetřovanou končetinu, i po propuštění by se měl 1-2 týdny šetřit. (VOMÁČKA, 2015 str. 61; PROCHÁZKA, 2012 str. 133)

2.1.8 Vybavení pracoviště intervenční radiologie

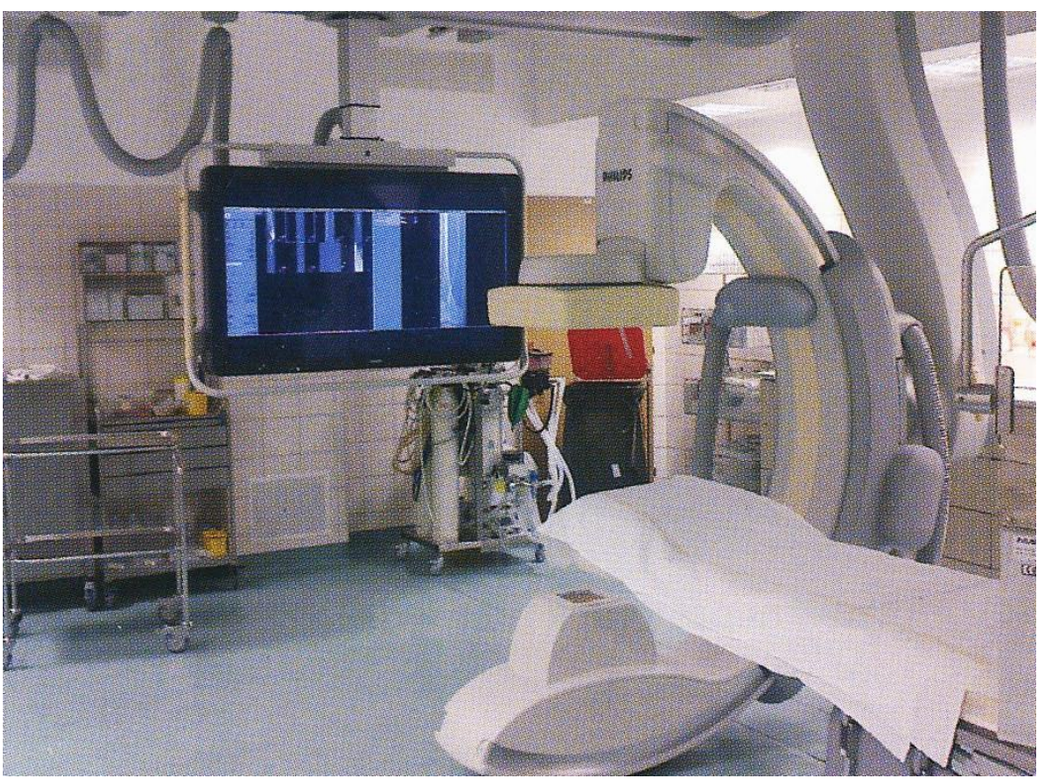
Pracoviště tvoří několik místností. A to intervenční sál, ovládací místnost, které se říká ovladovna, strojovna, přípravna, umývárna, sklad materiálu a kontrastních látek, archiv dokumentace. Pokud jde o kombinované cévní chirurgické nebo neurointervenční výkony, součástí je i jednosměrný filtr.

Intervenční sál je základ pro pracoviště intervenční radiologie. Musí být po každém výkonu řádně uklizený pomocí dezinfekčních prostředků.

Na sále nesmí chybět angiografický přístroj a tlakový injektor, pomocí kterého se aplikuje kontrastní látka. Angiografický přístroj se zhruba dělí na tři kategorie. První přístroj tvoří buď 40 cm zesilovač či plochý panel, který slouží k periferní intervenci a neurointervenci nebo 30 cm zesilovač pro koronární intervence a angiografii. Další, víceúčelový přístroj s C-ramenem, je využíván v menších nemocnicích a v jednosměrném provozu. Poslední přístroj s nezávislým C-ramenem je určený pro traumatologii, cévní chirurgii nebo pro implantace kardiostimulátorů. Samozřejmostí je taktéž přístroj pro monitoraci tlaku a EKG, pulzní oxymetr, defibrilátor, odsávačka, přívod medicinálních plynů (O2), prostředky k resuscitaci s anesteziologickým přístrojem. (VOMÁČKA, 2015 stránky 61-62)

Na prohlížení snímků se dříve používal negatoskop, v dnešní době jsou všechny zobrazovací metody plně digitální a obrázky jsou prohlíženy na monitorech počítačů či pracovních stanic. Dále jsou na intervenčním sále skříňky, v nichž jsou přehledně uložená instrumentária

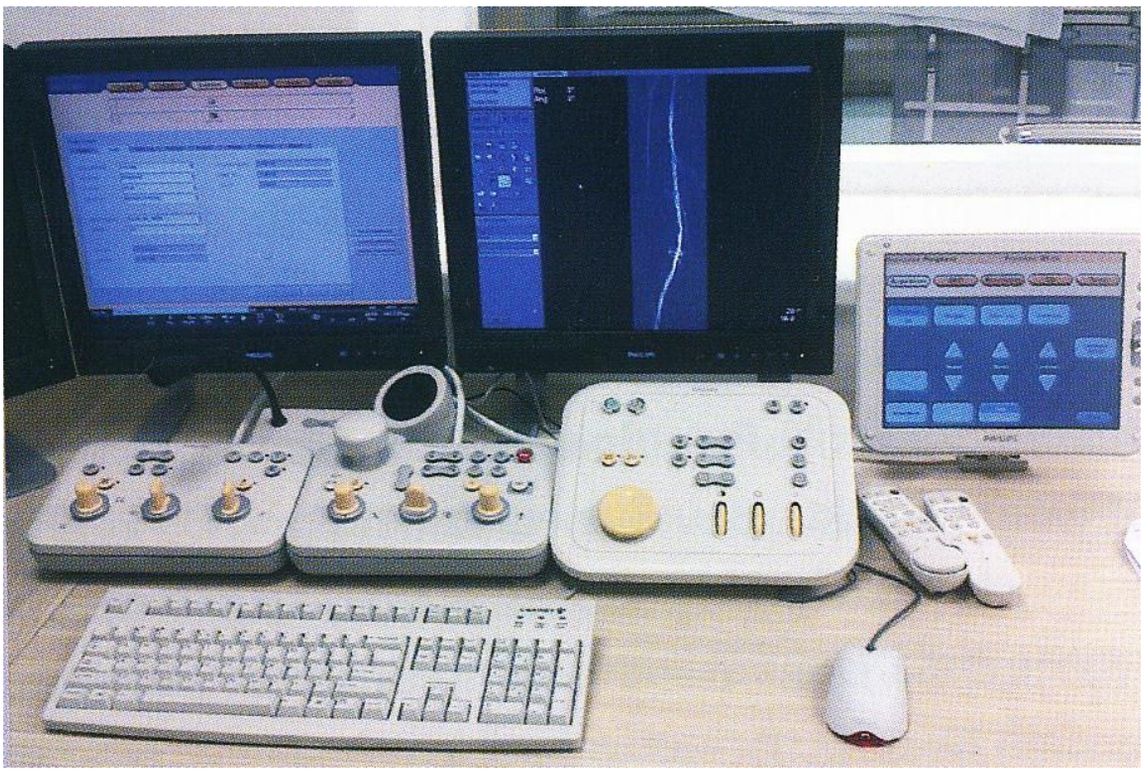
a léčiva. Máme několik druhů nástrojů, které se dělí hlavně podle určení. Mezi intervenční instrumentária patří např. různé typy jehel, vodičů, katétrů. Na moderních angiografických sálech jsou i ultrazvukové přístroje, které jsou umístěny samostatně či mohou být i součástí samotného AG přístroje. Nezbytnou součástí jsou ochranné pomůcky proti rentgenovému záření. Pacient leží při vyšetření na desce, která se pohybuje horizontálně a částečně i vertikálně. Rentgenka spojená C-ramenem s protilehlým detektorem se pohybuje kolem. (KRAJINA, 2005 str. 70; BOUDNÝ, 2000 str. 4)



Obrázek 5: Angiografická vyšetřovna s C - ramenem, stolem a monitorem

(VOMÁČKA, 2015 str. 62)

Pracoviště pro radiologické asistenty je ovladovna. Pro ovládání angiografického přístroje je zde hlavní pracovní konzole. Součástí ovladovny jsou i nezbytné počítače s monitory a napojení na NIS a PACS, systém pro archivaci dat, provozní deníky, kniha návštěv kontrolovaného pásma, tiskárny atd. (VOMÁČKA, 2015 str. 62)



Obrázek 6: Ovladovna - pracoviště radiologického asistenta

(VOMÁČKA, 2015 str. 62)

Další místností je strojovna. Zde je umístěn generátor s vysokým napětím a počítač, který zpracovává snímky z angiografického přístroje. Jelikož je tento počítač výrazně zahřívaný, je vhodné, aby místnost byla celoročně klimatizovaná a měla nastavenou nižší teplotu (kolem 15 °C). (VOMÁČKA, 2015 str. 62)

Radiologický asistent spolu se zdravotní sestrou připravují v přípravně sterilní stolek. Použité materiály závisí na typu výkonu.

Umývárna slouží k umytí rukou lékařů před výkonem. Obsahuje minimálně dvě umyvadla, kartáčky, jednorázové papírové ubrousky a nádobu s desinfekčním roztokem na ruce.

V sousedství intervenčního sálu by měl být umístěn sklad materiálu z důvodu rychlého podání potřebného materiálu. Aby se materiál nepoškodil, místnost by měla být klimatizovaná a bez oken. Z důvodu lepší orientace a rychlého naleznutí materiálu se celá místnost rozděluje podle určení materiálu. Materiál, který se nejvíce využívá, bývá nejčastěji přímo

na sále. Stejné podmínky a rozdělení skladu s materiálem splňuje i sklad s kontrastními látkami.

Čekárna je pro pacienty, kteří na výkon teprve čekají nebo ho mají za sebou. Jelikož musí mít radiologický asistent nebo sestra pacienta pod neustálým dohledem, je místnost hned vedle ovladovny. Pokud tomu tak není, čekárna je vybavena kamerami a pacient je sledován personálem na monitoru v ovladovně. Pacient zde sedí na polohovacích křeslech, díky kterým se docílí okamžité změny polohy hlavy a nohou při bolestech nebo komplikacích. Dále by měla být čekárna vybavena např. EKG monitorem, rozvodem kyslíku s kyslíkovou maskou.

V archivu jsou uložené RTG filmy a CD nosiče. Dále jsou zde veškeré informace o pacientovi, jako je žádanka na vyšetření, podané léky, popis výkonu atd.

Jelikož se pracoviště kombinovanými výkony stává operačním sálem, je zde i jednosměrný filtr. Tým je oblečen do sálových kalhot a haleny, na nohou má sálovou obuv, ústa má kryté ústenkou a na hlavě má operační čepici. Samozřejmě i zde se nesmí zapomínat na ochranné pomůcky. (VOMÁČKA, 2015 str. 61)

2.2 Úloha radiologického asistenta při intervenčních výkonech

„Radiologický asistent vykonává velmi odpovědnou a důležitou práci nejen na oddělení intervenční radiologie.“ (VOMÁČKA, 2015 str. 63) Asistent musí mít speciální přípravu a dostatečné odborné vědomosti. Měl by vědět, jaký je předpokládaný průběh u každého intervenčního výkonu. Měl by ovládat rentgenovou anatomii. Dále musí znát materiál, který se při výkonech používá. Požadavky od lékaře by měl plnit včas. Dále si musí být vědom, že mohou nastat komplikace, na které musí správně a hlavně včas reagovat. Obeznámení s ovládacím angiografickým přístrojem včetně injektoru je samozřejmostí každého radiologického asistenta. Jedním z klíčových úkolů radiologického asistenta je kontrolovat technický stav a provozní stálost rentgenového přístroje a připravovat ho k provozu. Dále připravuje vysokotlaké stříkačky, které se plní kontrastní látkou. Elektronické žádanky převádí do worklistu. Nastavuje vyšetřovací protokol podle vyšetřované oblasti. Automatickou tlakovou stříkačkou radiologický asistent provádí nástřiky do vyšetřované oblasti

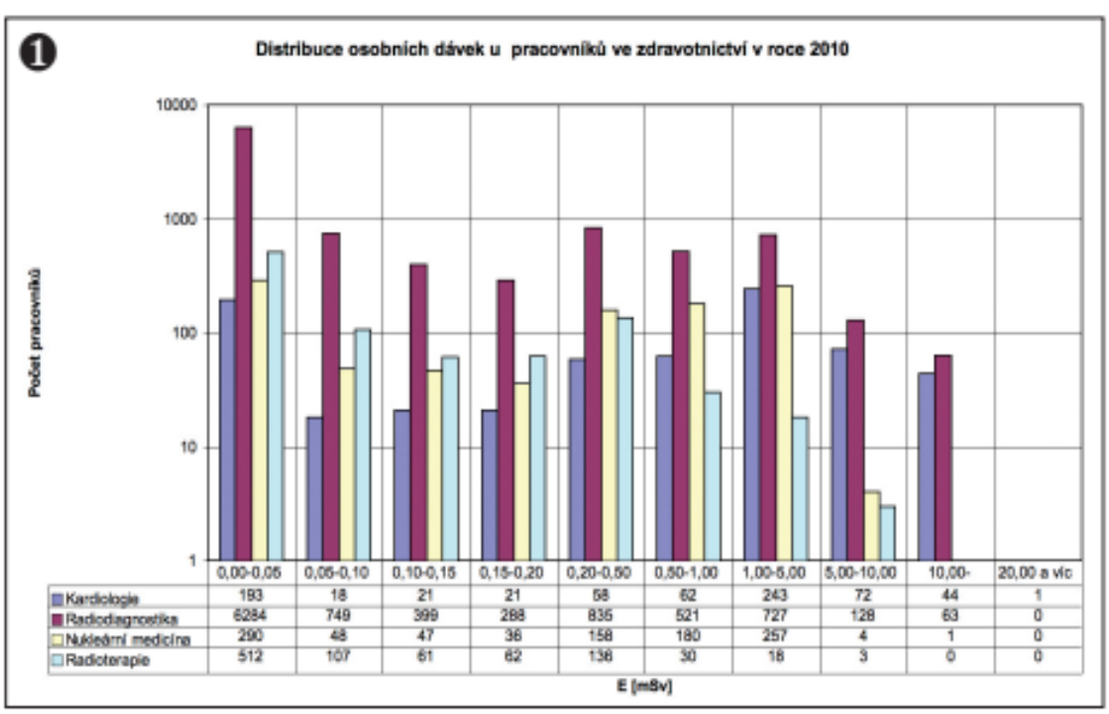
po zavedení instrumentária. Další povinností je zpracovat obrazovou dokumentaci. Archivuje a kontroluje dostupnost dat např. v PACSu, event. je zálohuje na DVD či CD. Jednou z činností je také administrativní práce, která zahrnuje např. tisk provozního deníku nebo vedení statistiky výkonů na určitém pracovišti. Nezastupitelná činnost radiologického asistenta je v dohledu nad radiační dávkou pro lékaře i pacienta. Zajišťuje tedy radiační ochranu a monitorování dávky. Poučuje osoby, které vstupují do kontrolovaného pásma. Pro radiologického asistenta je důležitá i správná komunikace s pacientem před, během i po výkonu. Měl by se k pacientovi chovat vstřícně a ne vulgárně. (DÁVIDOVÁ; PROCHÁZKA, 2012 str. 17; VOMÁČKA, 2015 stránky 63-64)

2.3 Radiační zátěž, radiační ochrana a monitorování

2.3.1 Radiační zátěž

V radiodiagnostice, radioterapii i nukleární medicíně se k vyšetřovacím postupům používá IZ. S tím je spojena radiační zátěž pacienta a riziko vzniku stochastických účinků. Ke stochastickým účinkům dochází v důsledku změn v buňkách přeživších ozáření. Dávka neurčuje závažnost, ale pravděpodobnost vzniku nádoru. Mohou se projevovat i u potomstva ozářených osob. (HUŠÁK, 2009 str. 75; PODZIMEK, 2013 str. 284)

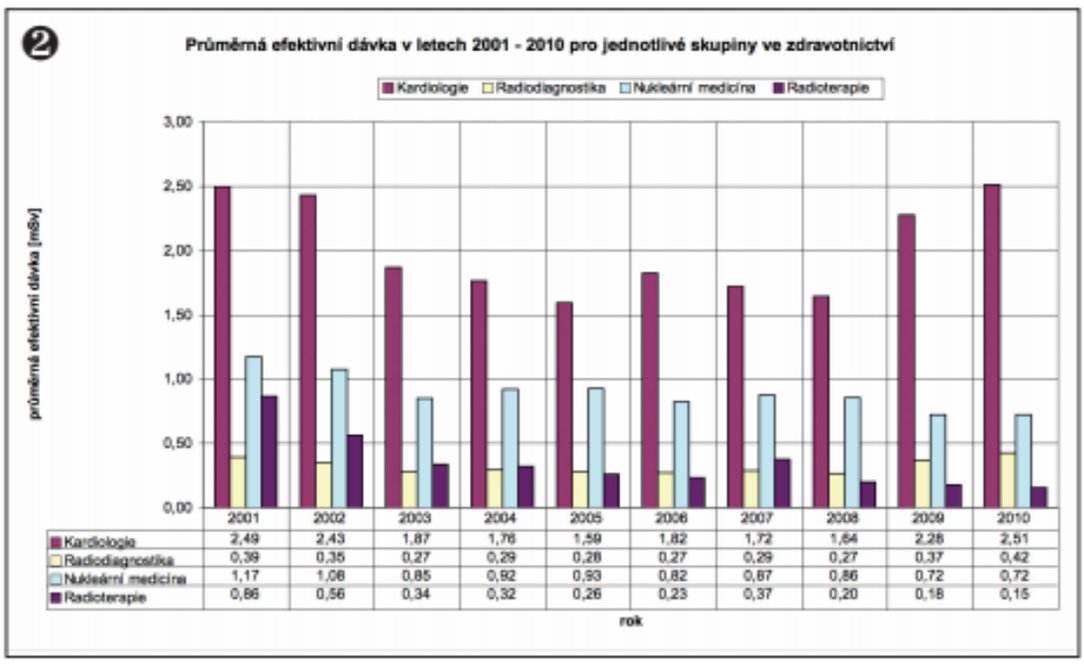
U středních absorbovaných dávek je předností informativnost. Naproti tomu má přednost efektivní dávka vyjádřena jediným číslem. To nám ale nedává dost informací o dávkách v jednotlivých orgánech. Proto se k popisu radiační zátěže používá jak soubor dávek v tkáních nebo orgánech, tak zároveň i efektivní dávka. (HUŠÁK, 2009 str. 75)



	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,50	0,50-1,00	1,00-5,00	5,00-10,00	10,00-	20,00 a víc
Kardiologie	193	18	21	21	58	62	243	72	44	1
Radiodiagnostika	6284	749	399	288	835	521	727	128	63	0
Nukleární medicína	290	48	47	36	158	180	257	4	1	0
Radioterapie	512	107	61	62	138	30	18	3	0	0

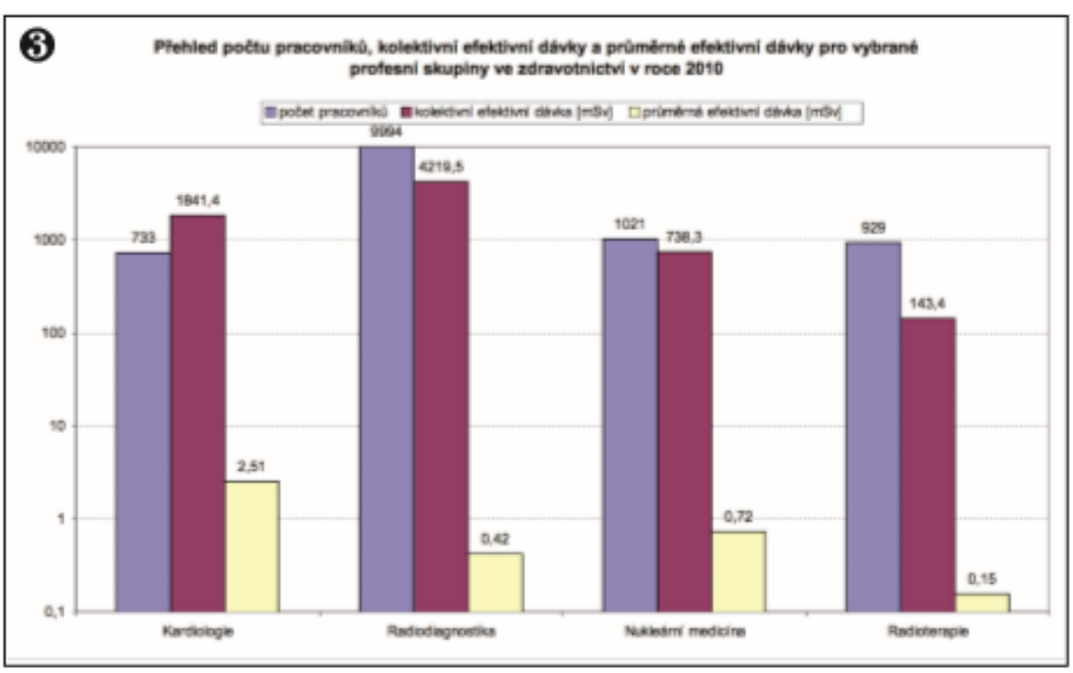
Obrázek 7: Distribuce osobních dávek u pracovníků ve zdravotnictví v roce 2010

(SÚRO, 2012)



Obrázek 8: Průměrná efektivní dávka v letech 2001 - 2010 pro jednotlivé skupiny ve zdravotnictví

(SÚRO, 2012)



Obrázek 9: Přehled počtu pracovníků, kolektivní efektivní dávky a průměrné efektivní dávky pro vybrané profesní skupiny ve zdravotnictví v roce 2010

(SÚRO, 2012)

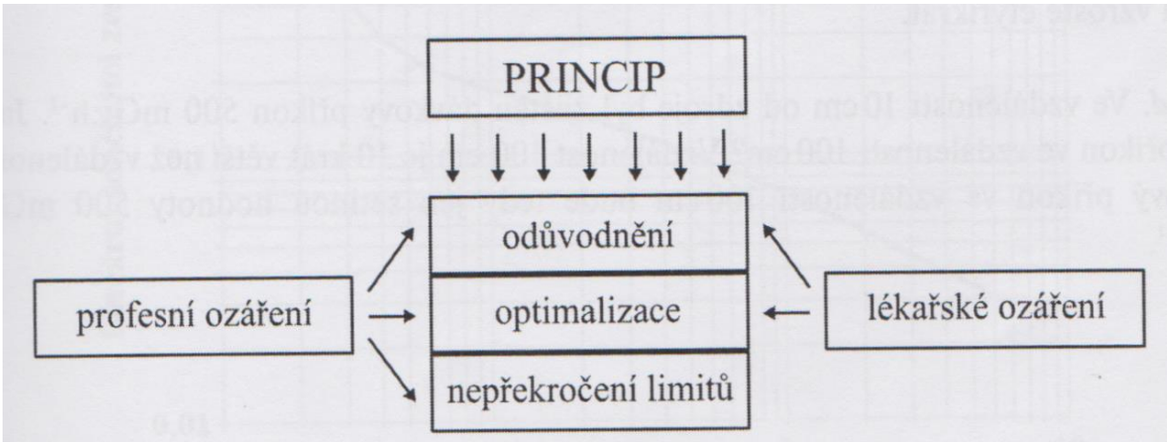
První výše uvedený graf nám ukazuje distribuci osobních dávek pracovníků ve zdravotnictví ve třech hlavních oblastí (radiagnostice, nukleární medicíně, radioterapii a kardiologii). Na druhém grafu je ilustrovaný ve stejných oblastech vývoj průměrné efektivní dávky radiačních pracovníků. Je zde patrné, že tento vývoj od roku 2001 do roku 2006 v nukleární medicíně a radioterapii výrazně klesá. Stabilní trend je v oblasti radiodiagnostiky, když se do toho nezapočte kardiologie. Z hlediska regulace ozáření je problematická omezená skupina lékařů, která v oblasti kardiologie či intervenčních výkonů provádí časově náročné a složité zákroky. Na rozdíl od CT, kde je velká radiační zátěž u pacientů, je v případě intervenčních výkonů velká zátěž i u personálu. Důvodem je sekundární záření, které je u nich hlavním zdrojem ozáření. I přesto, že tento personál tvoří z celkového počtu pracovníků pouze kolem 8 procent, jejich dávka se podílí na celkové kolektivní dávce až 30 procenty. Toto znázorňuje také graf č. 3.

Výše uvedená specifická skupina personálu má v radiační ochraně zásadní problém s regulací a optimalizací. Tito lékaři často zachrání lidský život za cenu, že jejich osobní efektivní dávka (celotělová) nebo ekvivalentní dávka (na určité části těla) dosahují na úroveň stanovených limitů. Z dlouhodobé perspektivy je tento stav nežádoucí a neakceptovatelný. Proto je snahou radiační ochrany s pomocí optimalizace snížit ozáření osob tak, aby se jejich dávky pohybovaly daleko od stanovených limitů. Je ale obtížné poučovat lékaře, jak pracovat a zároveň mu nekomplikovat nebo nebránit v práci. Proto byl v roce 2010 vypsán SÚJBem projekt zaměřující se na vyhledávání způsobů, kterými lze snížit dávky lékařů i pacientů při intervenčních výkonech nebo při některých specifických vyšetření. (SÚRO, 2012)

2.3.2 Radiační ochrana

„Cílem radiační ochrany je vyloučení deterministických účinků ionizujícího záření a snížení pravděpodobnosti stochastických účinků na rozumně dosažitelnou úroveň.“ (ULLMAN)

Do radiační ochrany byly zavedeny základní principy. Mezi ně patří princip zdůvodnění, optimalizace, limitování a fyzické bezpečnosti zdrojů.



Obrázek 10: Principy radiační ochrany

(HUŠÁK, 2009 str. 63)

Princip zdůvodnění říká, že každá činnost, která vede k ozáření, musí být zdůvodněná přínosem. A ten by měl vyvážit rizika vznikající při těchto činnostech. Principem optimalizace, z anglického názvu „As Low As Reasonably Achievable“ také označován jako princip ALARA, se rozumí dosažení a udržování takové úrovně radiační ochrany, aby rizika, která jsou spojená s riziky ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí byla tak nízká, jak lze dosáhnout, když se uváží hospodářská a společenská hlediska. V principu limitů jde o omezování ozáření osob, aby nedošlo při součtu k přesáhnutí stanovených limitů ozáření. *„Základní limity se vztahují na součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků této dávky z radioaktivních látek (SE+ SE50) přijatých do organizmu za stejné období (tímto způsobem se vykládá pojem „úvazek vnitřního ozáření“, použitý ve vyhlášce) popř. na ekvivalentní dávky v určitém orgánu či tkáni (HT).“* (SÚRO, 2018) Pro lékařské ozáření, jako je např. ozáření pacientů v rámci diagnostiky a léčby, tento princip neplatí. *„Limit ozáření je závazný kvantitativní ukazatel pro celkové ozáření osob z radiačních činností, jehož překročení není ve stanovených případech přípustné.“* (HUŠÁK, 2009 str. 43) Dělí se na limity obecné, pro radiační pracovníky a pro učně a studenty. Dále jsou limity odvozené, autorizované a pro omezení ozařování ve zvláštních případech. (HUŠÁK, 2009 stránky 43, 63)

Limity jsou uvedeny v atomovém zákonu, ve vyhlášce 422/2016. (SÚJB)

Obecné limity pro obyvatele za jeden kalendářní rok jsou pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 1 mSv, pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv a pro průměrnou ekvivalentní dávku na 1 cm^2 kůže hodnota 50 mSv bez ohledu na velikost ozářené plochy. Limity pro radiační pracovníky jsou pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 20 mSv za kalendářní rok nebo hodnota schválena Úřadem podle § 63 odst. 4 atomového zákona, nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních roků a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok. Dále jsou pro ekvivalentní dávku v oční čočce 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv v jednom kalendářním roce. Další limity jsou pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm^2 kůže 500 mSv za kalendářní rok bez ohledu na velikost ozářené plochy a pro ekvivalentní dávku na ruce až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 500 mSv za jeden kalendářní rok. Poslední skupinou jsou žáci a studenti ve věku 16-18 let. V rámci studia jsou povinni pracovat se zdrojem ionizujícího záření. Limity pro tuto skupinu jsou za jeden kalendářní rok pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 6 mSv, pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv, pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm^2 kůže 150 mSv bez ohledu na ozářenou plochu a pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 150 mSv.

Posledním principem je princip fyzické bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření. Musí být zabezpečeny tak, aby nedošlo za předvídatelných podmínek ke ztrátě kontroly na zdroji IZ. Mimo jiné zahrnuje opatření pro zábranu odcizení. Dále zabraňuje přístupu nepovolaným osobám ke zdroji, jen držitelům platného povolení může být zdroj předán. Zajišťuje technickou bezpečnost, dobrý stav aj. (HUŠÁK, 2009 str. 64)

Radiační ochrana pracovníků před vnějším ionizujícím zářením spočívá v použití tří fyzikálních metod. První metoda je ochrana časem. Platí, že čím kratší dobu bude pracovník trávit v blízkosti zdroje, tím menší bude jeho radiační zátěž. Je tedy důležité, aby byl pracovník v blízkosti ZIZ jen nezbytně nutnou dobu. Způsob, který zajistí snížení doby práce se zdrojem, je například střídání zaměstnanců na nejvíce exponovaných místech. Další metodou je ochrana vzdáleností. *„Ochrana vzdáleností vychází ze skutečnosti, že dávkový příkon klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje (používání dálkových manipulátorů, kleští a pin-*

zet).“ (PODZIMEK, 2013 str. 306) Východiskem je vhodné prostorové uspořádání pracoviště. Zářiče jsou umístěny co nejdál od pracovních prostorů. Ochrana stíněním je poslední metodou ochrany před vnějším IZ. *„Při průchodu ionizujícího záření absorpčním materiálem dochází k celé řadě interakcí, které ve svém důsledku vedou ke snížení jeho intenzity.“* (PODZIMEK, 2013 str. 307) Důležité je vybrat správnou vrstvu stínícího materiálu, která je vložena mezi zdroj záření a pracovníka. (PODZIMEK, 2013 stránky 306-307)

2.3.3 Monitorování

„Monitorováním se nazývá měření všech veličin, které se týkají radiační ochrany (např. pole ionizujícího záření, ozáření osob, povrchové kontaminace), zaznamenávání zjištěných hodnot a vyhodnocování naměřených dat.“ (HUŠÁK, 2009 str. 55) Provádí se na pracovišti, kde je ionizující záření nebo v okolí významnější zdroj tohoto záření.

Referenční úrovně hodnotí výsledky naměřené při monitorování a podle naměřené hodnoty se zahajuje příslušné opatření radiační ochrany. Jsou tři úrovně. Nejmenší detekovatelná hodnota monitorované veličiny nebo hodnota pozadí je stanovena záznamovou úrovní. Druh měřených veličin, konkrétní podmínky měření nebo také vlastnosti měřících přístrojů, které se používají k monitorování, ovlivňují velikost naměřené hodnoty. Druhou úrovní je vyšetřovací. Při této úrovni se zjišťují příčiny a důsledky. Stanovuje se zpravidla jako horní mez hodnot často se vyskytujících, 0,3 násobek náležitého limitu radiačních pracovníků nebo u osobních radiačních dávek. Dosažením třetí, tedy zásahové úrovně, jde o mimořádnou událost nebo radiační nehodu. V tomto případě je zvýšené radiační riziko, a to vede podle havarijního řádu pracoviště k provedení řadě kroků, které zajistí ochranu osob a prostředí. (ULLMAN)

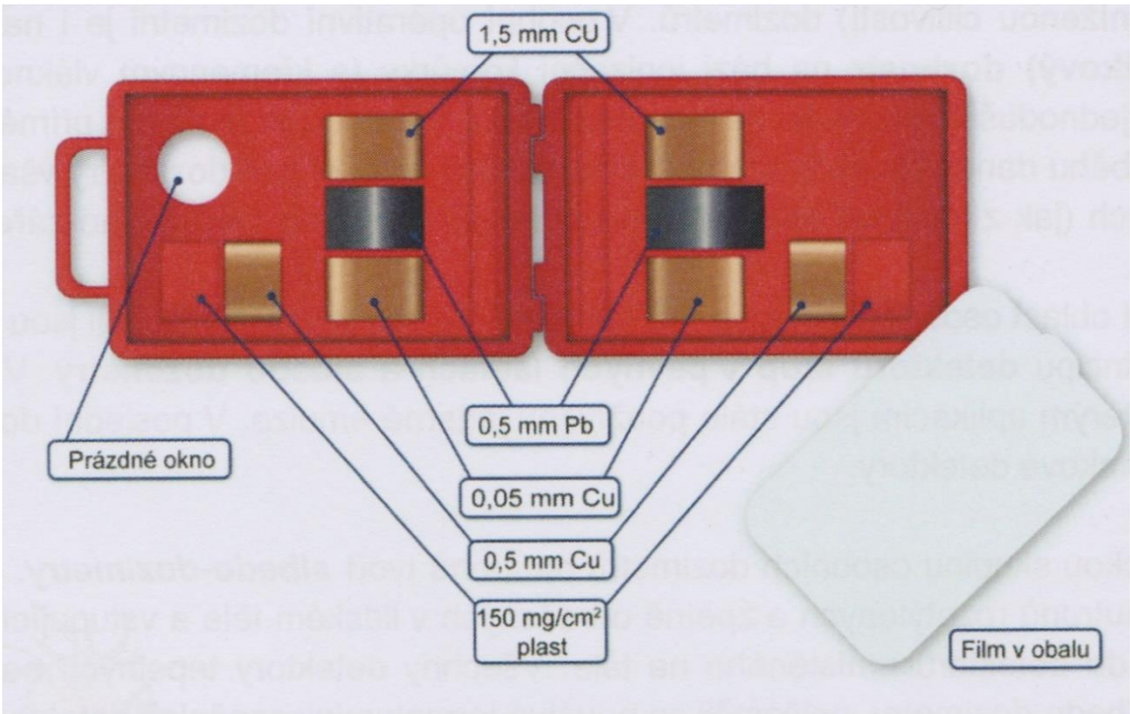
Každé intervenční pracoviště má vypracovaný program monitorování obsahující monitorování pracoviště a osobní monitorování. (HUŠÁK, 2009 str. 55)

Monitorování pracoviště se provádí na všech pracovištích sledovaného a kontrolovaného pásma. Na pracovištích se monitoruje hlavně příkon dávkového ekvivalentu, který charakterizuje pole záření. (HUŠÁK, 2009 str. 55) Sledovaná a kontrolovaná pásma jsou definovaná ve Vyhlášce 307/2012. ((SÚJB, 2002) Kontrolované pásmo se vymezuje všude tam, kde by

efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny stanoveného v § 20 odst. 1 písm. c) až e). Sledované pásmo se vymezuje všude tam, kde se očekává, že efektivní dávka by mohla být vyšší než 1 mSv ročně nebo ekvivalentní dávka by mohla být vyšší než jedna desetina limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny stanoveného v § 20 odst. 1 písm. c) až e).

Osobní monitorování je zajištěno pro všechny pracovníky kategorie A. Tyto dozimetry jsou ve stanovených časových intervalech (obvykle 1 měsíc) centrálně vyhodnocovány službami osobní dozimetrie. Celosvětově nejpoužívanějšími osobními dozimetry jsou termoluminiscenční (TL) dozimetry. „*Tyto dozimetry lze navrhnout podle konkrétních potřeb a podmínek daného pracoviště. Mohou být koncipovány buď jako komplexní celotělové dozimetry měřící Hp(10), Hp(3) i Hp(0.07) nebo jako různé jednodušší dozimetry podávající informaci o vybrané veličině Hp(d) v daném místě lidského těla.*“ (SÚRO, 2012) Je filmová dozimetrie, dozimetrie termoluminiscenční, opticky stimulovaná luminiscence, osobní neutronová dozimetrie nebo elektronické dozimetry, které jsou založené na polovodičových diodách či GM počítačích.

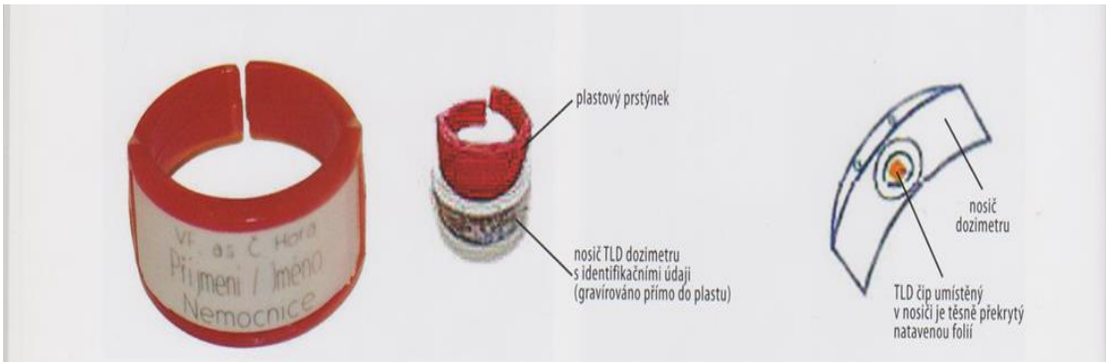
Filmový dozimetr je základním typem pro osobní dozimetrii v polích samotného záření gama nebo v polích s gama a beta zářením. Je založen na fotochemických účincích IZ. Základ tohoto dozimetru tvoří políčko fotografického filmu, které musí být světlotěsně zabalené v černém papíru. Při průchodu IZ obalem filmu a ve fotoemulzi dochází k tvorbě latentního obrazu, které zviditelní při vyvolání. „*Optická hustota zšednutí či zčernání filmu je pak mírou množství záření, které filmem prošlo během expozice, indikuje tím i obdrženou dávku záření.*“ (PROCHÁZKA, 2012 str. 111) Do plastového pouzdra je vloženo vlastní políčko filmu. V pouzdře je několik plíšků ve tvaru obdélníku z mědi a olova o různých tloušťkách. Slouží jako filtry. Podle energie záření toto záření pohlcují. Dá se zjistit druh i směr ozáření IZ. (PODZIMEK, 2013 stránky 272-273; PROCHÁZKA, 2012 stránky 110-111)



Obrázek 11: Filmový dozimetr

(PODZIMEK, 2013 str. 273)

Termoluminiscenční dozimetrie je metodou nahrazující filmovou dozimetrii. Výhodou TLD je jejich menší citlivost na vnější vlivy a jejich automatické vyhodnocování, které je zároveň nevýhodou, jelikož jde o komplikovaný způsob. *„Termoluminiscenční dozimetry jsou vhodné krystalické látky, v nichž ionizující záření vyvolává excitace a zachycení elektronů v energetických stavech.“* (PODZIMEK, 2013 str. 273) Při zahřátí dojde k uvolnění zachycených elektronů. *„Látka vyzařuje světlo, jehož celková energie je úměrná energii ionizujícího záření pohlceného v látce.“* (PODZIMEK, 2013 str. 273) TLD jsou nenahraditelné např. v dozimetrii extremit. Používají se prstencové dozimetry, díky kterým se měří ekvivalentní dávka na rukách. (PODZIMEK, 2013 str. 273; PROCHÁZKA, 2012 str. 111)

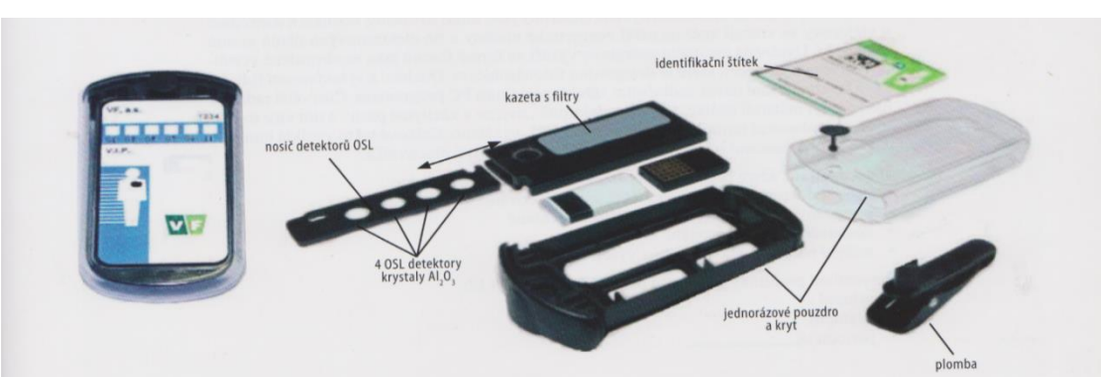


Obrázek 12: Konstrukce prstového TLD dozimetru

(PROCHÁZKA, 2012 str. 110)

Pro zjištění efektivní dávky u osob, které nespadají do kategorie A, slouží elektronické dozimetry pracující na principu křemíkové diody. Dále se používají v místě s příkonem radiační zátěže větším než 1 mSv/h. A to proto, že poskytují informace o aktuální dávce a umožňují nastavit upozornění pomocí alarmu při překročení nastavené úrovně. Nevýhodou je vyšší cena, jsou závislé na baterii a méně přesné při nízkých dávkách.

FD i TLD jsou během posledních pár let nahrazovány opticky stimulovanou luminiscencí. OSL je vysoce odolný dozimetr. Jeho vyhodnocení je nenáročné a rychlé. (PROCHÁZKA, 2012 str. 112; SÚRO, 2012)



Obrázek 13: OSL dozimetr

(PROCHÁZKA, 2012 str. 111)

Také při intervenčních výkonech by měla být týmu monitorována radiační zátěž pomocí speciálně upravených radiometrů, tedy dozimetrů. Pracovníci mají osobní dozimetr umístěný na takzvaném referenčním místě. Dozimetr je pověšený zevně na pracovním oděvu na levé straně hrudníku. Při použití ochranné stínící zástěry má pracovník dva dozimetry. Jeden je uložen normálně pod zástěrou, druhý je nad ní. *„V případě, že na osobním dozimetru umístěném na zástěře je vyhodnocena hodnota osobního dávkového ekvivalentu v hloubce 10 mm vyšší než10 mSv, musí být vyhodnocen též dozimetr umístěný pod ochrannou stínící zástěrou a na základě vyhodnocení obou dozimetrů musí být stanoven koeficient zeslabení použité ochranné stínící zástěry a efektivní dávka obdržená radiačním pracovníkem se zohledněním ozáření nekrytých částí těla.“* (PETROVÁ) Dozimetry jsou vyhodnocovány jednou za měsíc. Výsledkem je hodnota dávkového ekvivalentu v mSv. Na angiografickém pracovišti se k osobnímu dozimetru používá prstencový dozimetr. A to proto, že prsty pracovníků jsou vystaveny zvýšené expozici. Je umístěn na prsteníku ruky, jež je exponována více než druhá. (SEIDL, 2012 str. 95; HUŠÁK, 2009 str. 55; PETROVÁ)

2.4 Radiační ochrana při intervenčních výkonech

Pracoviště intervenční radiologie je zařazeno do kategorie II. a pracovníci patří do kategorie A.

Pro radiační ochranu je důležité zajistit dostatečnou kvalitu obrazu a krátký vyšetřovací čas. Podle tloušťky části těla, které se vyšetřuje, by se mělo na přístroji nastavit vhodné napětí, proud a filtrace. Pro personál je zdrojem záření sekundární záření. To je záření, které vzniká při průchodu primárního záření v ozařované části těla pacienta jako následek Comptonova jevu. Personál by měl stát přednostně u receptoru obrazu. Výhodnější je používat RTG záření, kdy je rentgenka pod stolem. Nemělo by se zapomínat na to, že pokud se sníží radiační zátěž pacienta, sníží se i radiační zátěž personálu. Toho se docílí např. prováděním skiaskopie pouze nezbytnou dobu. Pacient je zásadně vyšetřován pomocí pulzní skiaskopie. Kontinuální se využívá jen na žádost vyšetřujícího. *„Při kontinuální skiaskopii je záření produkováno v těsně za sebou navazujících pulzech o délce 33 ms s četností 30 pulzů/s. Zavedením pulzní skiaskopie, kdy je záření produkováno pulzy o délce cca 8 ms s četností 30 pulzů/s došlo ke zlepšení časového rozlišení.“* (SÚKUPOVA, 2015) Další krok ke snížení radiační zátěže je důsledné clonění. Jak už je napsáno výše, štítná žláza, ale např. i gonády patří mezi radiosenzitivní tkáně a orgány. Nesmí se tedy zapomínat na jejich stínění. Hlavně u dětí a dospělých, kteří jsou v reprodukčním věku. Mezi zesilovačem a objektem se dodržuje co nejkratší vzdálenost. Další zásadou je šetření s délkou DSA scén.

Z mé vlastní praxe na angiografických pracovištích jsem vypozorovala ještě další faktor, který jistě hraje podstatnou roli ve snížení radiační dávky – a to zkušenosti a zručnost vyšetřujícího lékaře. Stejný výkon prováděný zkušeným lékařem trval, v porovnání skiaskopických časů, mnohem kratší dobu, než výkon prováděný lékařem, který je na angiografii teprve „v zácviku“.

Ochranné pomůcky nám při intervenčních výkonech poskytují 90 procentní ochranu personálu. Intervenční tým by měl být oblečený do zástěry z olovnaté gumy s tloušťkou 0,25 – 0,5 mm Pb. Z téhož materiálu je vyroben i nákrčník stínící štítnou žlázu. Další ochrannou pomůckou jsou brýle. Mají olovnaté sklo, které absorbuje až 70 % rozptýleného záření. Velký účinek mají i přídatné clony. Z průhledného olovnatého plexiskla je tvořena horní clona. Závěs z olovnaté gumy tvoří dolní clonu, která je zavěšená z okraje stolu. Ruce by se

pod primární RTG svazek měly vkládat jen pokud je to naprosto nevyhnutelné. Aby se eliminovalo přímé ozáření rukou, používají se chirurgické rukavice s příměsí olova. Díky nim se může snížit dávka až o 40 %.

V neposlední řadě by se měl personál neustále vzdělávat v oblasti radiační ochrany. Měl by se dobře seznámit se všemi možnostmi zařízení. Ptát se, pokud mu není všechno jasné, jak ohledně radiační ochrany, tak přístroje. (PROCHÁZKA, 2012 stránky 108-110)

3 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jaká je radiační zátěž u pacientů a personálu při jednotlivých intervenčních výkonech. Zda má u pacientů na výši radiační zátěže vliv jejich hmotnost a jak ovlivňuje radiační zátěž personálu jejich vzdálenost od osy svazku a v jakých oblastech těla je personál nejvíce ohrožen.

4 METODIKA

Pro realizaci experimentální části jsem si zvolila Kliniku zobrazovacích metod ve Fakultní nemocnici v Motole. Svůj výzkum jsem zaměřila na vyhodnocení radiační zátěže pacientů a personálu při intervenčních výkonech.

Potřebná data jsem získala měřením při různé konfiguraci rentgenů. Radiační dávky u pacientů jsem si změřila sama. Měření jsem prováděla na angiografickém sále, který byl vybavený přístrojem Toshiba Infinix (INF X-8000V). Radiační dávky u personálu jsem získala z přejímací zkoušky X110609-41S Fakultní nemocnice v Motole.

Pro měření radiační zátěže u pacientů jsem použila ionizační komoru, vyhodnocovací zařízení a fantom. Ionizační komora je elektrodový systém, který slouží k detekci ionizujícího záření. Tvoří ji dvě kovové destičky (anoda a katoda). Může být izolovaná od prostředí nebo umístěná volně ve vzduchu. Já jsem při svém výzkumu měla k dispozici planparalelní ionizační komoru. Vyhodnocovací zařízení je napojeno na ionizační komoru. Tento přístroj slouží pro zobrazení naměřených hodnot ionizující komorou. Fantom jsou desky z polymethylmethakrylátu, které nahrazují lidské tělo a tkáně. Za použití fantomů jsem si vytvořila klasického a obézního pacienta. Na klasického pacienta jsem poskládala fantomy do výšky 16 cm, na obézního do výšky 30 cm.

Obrázek 14: Ionizační komora

(vlastní zdroj)

Obrázek 15: C rameno, fantom a ionizační komora

(vlastní zdroj)

Před měřením je nutné nastavit na počítači vhodný skiaskopický mód danému pacientovi, aby nedošlo k překročení prahové dávky. Při výběru programu se zohledňuje hmotnost pacienta a typ výkonu. Správné nastavení upraví potřebnou dávku, která by měla být co nejnižší. Zároveň zajistí potřebné prosvícení, aby byl získaný obraz co nejkvalitnější. Pacient by měl být uložen co nejdále od rentgenky a co nejblíže k receptoru obrazu. Rentgenka je uložena pod stolem z důvodu nižší radiační dávky personálu.

Mezi skiaskopické módy patří low, middle, normal, high a DSA. Každý skiaskopický mód má přednastavené elektrické napětí, elektrický proud, snímkovací rychlost, šířku pulzu a filtr. Tyto expoziční parametry jsou dány automaticky a samy se mění podle tloušťky prozařovaného objemu.

Elektrické napětí je definované jako rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body elektrického pole. Je to fyzikální veličina, která je značená písmenem U a její jednotkou je V (volt). (SVOBODA, 1996 str. 240)

Elektrický proud je uspořádaný pohyb volných částic s elektrickým nábojem. Tato fyzikální veličina je značená písmenem I, jejichž jednotkou je A (ampér). (SVOBODA, 1996 str. 246)

Pro skiaskopické módy se používá pulzní skiaskopie. U low a middle režimu je 7,5 expozic za sekundu a u normal a high je 15 expozic za sekundu.

Šířka pulzů určuje intenzitu záření. Čím je pulz delší, tím projde více záření.

Homogenní filtr je při výkonu velmi důležitý, neboť slouží k odstranění nízkodávkové složky, která nepřispěje k obrazu, ale zvyšuje dávku pacienta. K výrobě filtru se používají dva materiály, měď nebo hliník. Pro diagnostiku přibližně odpovídá 1 mm mědi 10 mm hliníku. Existují čtyři druhy filtrů lišící se materiálem a tloušťkou. Filtr 1 odpovídá 0,2 mm Cu, filtr 2 0,3 mm Cu, filtr 3 1,8 mm Al a filtr 4 odpovídá 0,5 mm Cu. Když se srovná materiál z hliníku a mědi a jeho využití, hliník je oproti mědi menší, zeslabuje méně, a proto se používá pro slabší filtrování. U obézních a dětských pacientů se doporučují filtrovanější svazky, při kterých ale zároveň dochází ke zvýšenému zatěžování rentgenky.

Pro měření radiační dávky u pacienta jsem si průběžně přednastavila všechny režimy rentgenů. Proměřovala jsem kermu, která nám ukazuje, jaký příkon jde do pacienta v místě vpichu.

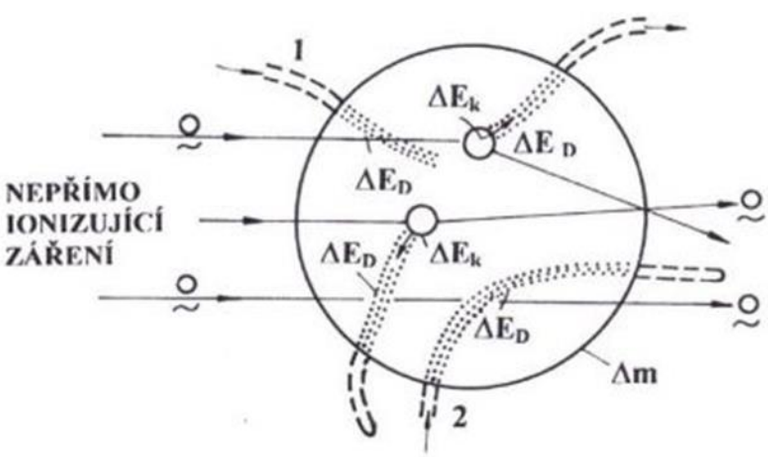
Kerma charakterizuje působení nepřímo ionizujícího záření z hlediska předání energie primárních nenabitých částic nabitým částicím v daném prostředí.

Je definována výrazem:

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

kde dEk je součet počátečních kinetických energií všech nabitých částic uvolněných nenabitými ionizujícími částicemi v určitém objemu látky o hmotnosti dm.

Stejně jako u absorbované dávky je jednotkou Gy. (PODZIMEK, 2013 str. 226)



Obrázek 16: Definice kermy

Kermový příkon (K) je přírůstek kermy (dK) za časový interval (dt).

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

Jednotka kermového příkonu je $Gy \cdot s^{-1}$. (PODZIMEK, 2013 str. 227)

U personálu jsem zjišťovala dávkový ekvivalent.

Dávkový ekvivalent (H) je veličina v radiační ochraně, která je určena pro měření a výpočty. Popisuje biologický účinek IZ. *„Závisí na absorbované dávce a typu záření. Vyjadřuje velikost dávky záření gama, která by vyvolala stejné poškození organismu, jako absorbované záření daného množství a typu.“* (WIKIPEDIE, 2018)

Je dán součinem:

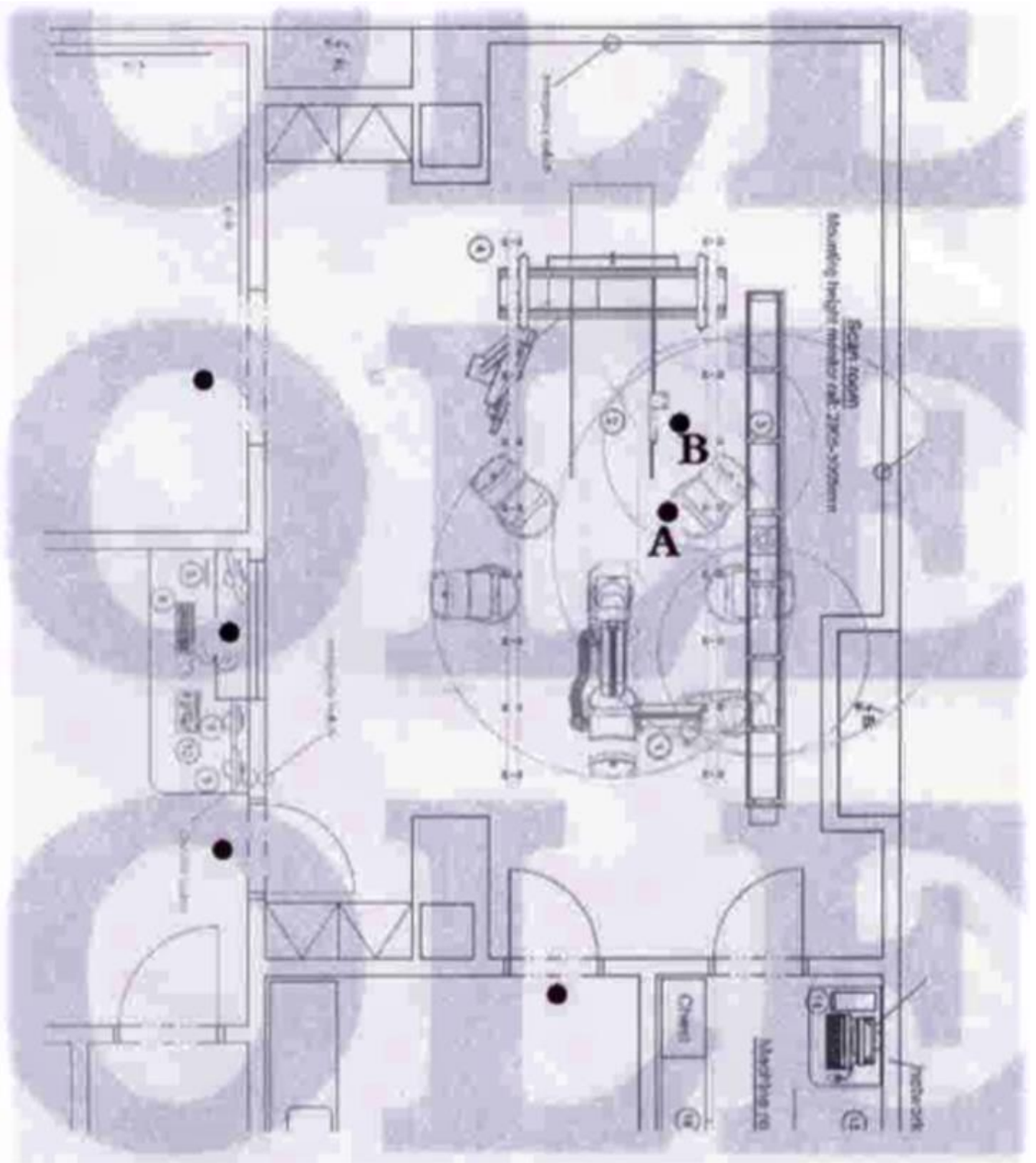
$$H = D \cdot Q$$

kde D je dávka v daném bodě ve tkáni a Q je bezrozměrný jakostní faktor v tomto bodě.

Jednotkou je sievert (Sv). (PODZIMEK, 2013 str. 232)

Pro zjištění dávkového ekvivalentu u personálu jsem použila data z přejímací zkoušky číslo X110609-41S, která byla provedena ve Fakultní nemocnici v Motole na Klinice zobrazovacích metod. V tomto protokolu je měřeno rozptylové záření ze dvou míst označenými body A a B. Bod A značí lékaře vykonávající intervenční výkony, bod B je pak ostatní personál (radiologický asistent, zdravotní sestra). Dávka se měří v 5 místech od země – 10 cm, 50 cm, 90 cm, 120 cm a 160 cm. Měření je provedeno s vodním fantomem o rozměrech 25 x 25 x 15 cm. Měřily se dva režimy, které mají nastavené různé hodnoty rtg přístroje. U fluora (normal) režimu s 15 exp/s je napětí rentgenky 70 kV, proud rentgenky 42 mA, šířka pulzu 4,5 ms a používá se filtr 2. Poslední je speciální režim DA 30 f/s. Tento režim má nastavené napětí rentgenky na 74 kV, proud rentgenky 156 mA, šířka pulzu 2,9 ms a zde je použitý filtr 3.

Radiační zátěž personálu ovlivňuje i stavba pracoviště. Pro tyto prostory se využívá barytová omítka, která má šířku 3 cm, dveře s 3 mm Pb, pozorovací okénko a ochranný štít jsou tvořeny z Pb skla.



Obrázek 17: Půdorys pracoviště

(přejímací zkouška X110609-41S)

5 VÝSLEDKY

Tabulky 1 - 5 znázorňují radiační zátěž u personálu, tabulky 6 – 12 se vztahují k pacientům.

Tabulka 1: naměřené hodnoty rozptýleného RTG záření

měřené místo	**výška nad zemí (cm)**	**změřeno H_x (10^{-6}·Sv·hod^{-1}) fluoro**	**změřeno H_x (10^{-3}·Sv·hod^{-1}) DA 30 f/s**
A - 70 cm od osy svazku měřeno s ochranným štítem Pb sklo (0,5 mm Pb)	10	340	4,5
	50	366	4,4
	90	331	3,9
	120	288	3,0
	120 se štítem	18,3	0,2
	160	258	3,2

Z tabulky vyplývá, že ve fluoro režimu jsou hodnoty prostorového dávkového ekvivalentu nejvyšší v bodu A (personál stojící 70 cm od osy svazku) v 50 cm nad zemí a nejnižší ve 160 cm nad zemí. Pokud se ve 120 cm použije ochranný štít, hodnota se výrazně sníží a to v režimu fluoro i v režimu DA 30 f/s.

Tabulka 2: naměřené hodnoty rozptýleného RTG záření

měřené místo	**výška nad zemí (cm)**	**změřeno H_x (10^{-6}·Sv·hod^{-1}) fluoro**	**změřeno H_x (10^{-3}·Sv·hod^{-1}) DA 30 f/s**
B - 110 cm od osy svazku pracoviště bude vybaveno ochrannou Pb zástěnou	10	258	4,1
	50	237	3,5
	90	256	3,8
	120	257	4,0
	160	232	4,1

Tato tabulka ukazuje získané dávky v bodu B (personál stojící ve vzdálenosti 110 cm od osy svazku). Zde je patrné, že za použití fluora i DA 30 f/s personál získá nejvyšší dávky v 10 cm nad zemí. U DA 30 f/s je navíc i nejvyšší dávka ve 160 cm nad zemí. Naopak tato vzdálenost je při režimu fluoro místo s nejnižší dávkou. DA 30 f/s má nejmenší radiační dávku v 50 cm.

Tabulka 3: srovnání hodnot v bodu A a B v režimu fluoro

měřené místo	**výška nad zemí (cm)**	**změřeno H_x 10^{-6}·Sv·hod^{-1} fluoro**	**měřené místo**	**výška nad zemí (cm)**	**změřeno H_x 10^{-6}·Sv·hod^{-1} fluoro**
A - 70 cm od osy svazku	10	340	**B - 110 cm od osy svazku**	10	258
	50	366		50	237
měřeno s ochran-ným štítem Pb sklo (0,5 mm Pb)	90	331	**pracoviště bude vybaveno ochrannou Pb zástěnou**	90	256
	120	288		120	257
	120 se štítem	18,3		-	-
	160	258		160	232

Ve fluoro režimu jsou dávky u personálu, který stojí ve vzdálenosti 70 cm od osy svazku (bod A) o několik desítek větší ve srovnání s personálem stojící ve vzdálenosti 110 cm od osy svazku (bod B). Pokud je ale u personálu v bodu A navíc použit ochranný štít, jsou zde naměřené dávky rozptýleného RTG záření viditelně nižší. Nejvýraznější rozdíl byl zaznamenán ve výšce 50 cm, nejnižší ve 160 cm.

Tabulka 4: srovnání hodnot v bodu A a B v režimu DA 30 f/s

měřené místo	**výška nad zemí (cm)**	**změřeno Hx 10^{-3}·Sv·hod^{-1} DA 30 f/s**	**měřené místo**	**výška nad zemí (cm)**	**změřeno Hx 10^{-3}·Sv·hod^{-1} Da 30 f/s**
A - 70 cm od osy svazku	10	4,5	**B - 110 cm od osy svazku**	10	4,1
	50	4,4		50	3,5
měřeno s ochran-ným štítem Pb sklo (0,5 mm Pb)	90	3,9	**pracoviště bude vybaveno ochrannou Pb zástěnou**	90	3,8
	120	3,0		120	4,0
	120 se štítem	0,2		-	-
	160	3,2		160	4,1

V DA 30 f/s režimu nejsou naměřené hodnoty v bodech A a B tak výrazné jako v režimu fluoro. Personál v bodu A dostane nejnižší dávku ve 120 cm, v bodu B v 50 cm. Nejvyšší dávka byla v obou bodech naměřená v 10 cm.

Tabulka 5: naměřené hodnoty rozptýleného RTG záření

měřené místo	**výška nad zemí (cm)**	**změřeno H_x (10^{-6}·Sv·hod^{-1})**
ovladovna - za Pb sklem (2,1 mm Pb/110 kV)	-	< 0,1
ovladovna - za dveřmi (3 mm Pb)	120	< 0,1
Příprava nástrojů - za dvěřmi (3 mm Pb)	120	< 0,1
Příprava pacientů - za dveřmi (3 mm Pb)	120	< 0,1

Z této tabulky je patrné, že díky stavebnímu materiálu, který obsahuje olovo se u personálu ve výšce 120 cm nad zemí nenaměří žádná dávka ve výše vypsaných místnostech.

Tabulka 6: naměřené hodnoty u klasického pacienta

měření	předvolba	desky (cm)	U kV	I mA	t ms	filtr	Ke^{-} mGy/min
1	low	16	80	23	3,8	4	0,8
2	middle	16	80	24	3,9	2	1,4
3	normal	16	70	34	4,5	1	4,6
4	high	16	80	19	3,2	3	5,5
5	DSA	16	78	400	16,5	3	117,1

V této tabulce jsou srovnány všechny skiaskopické módy – low, middle, normal, high a DSA při výkonech u klasického pacienta. U low, middle a high režimu se používá stejné napětí, a to 80 kV, o něco nižší v DSA režimu a nejnižší napětí je u normal režimu. Hodnoty elektrického proudu jsou v režimech low, middle a high v rozmezí 19 – 24 mA, u normal režimu je nastaveno 34 mA. Výrazně silnější elektrický proud je u DSA režimu, a to 400 mA. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou elektrického proudu je 381 mA. Doba pulzů se v jednotlivých režimech příliš neliší, kromě DSA režimu, kde je doba pulzů přibližně čtyřikrát delší. U každého režimu se používá i jiný druh filtru. Změřený kermový příkon je nejnižší u normal režimu, mnohonásobně vyšší byl pak zaznamenán v DSA režimu.

Tabulka 7: naměřené hodnoty u obézního pacienta

měření	**předvolba**	**desky (cm)**	**U kV**	**I mA**	**t ms**	**filtr**	**Ke⁻ mGy/min**
1	low	30	80	126	9,5	4	10,3
2	middle	30	80	132	9,7	2	20,2
3	normal	30	73	200	10,6	1	71,9
4	high	30	80	100	6,4	3	55,3
5	DSA	30	95	320	70,8	3	593

Z této tabulky vyplývá, že u obézního pacienta je ve srovnání všech skiaskopických režimů největší napětí, nejvyšší elektrický proud a nejdelší doba pulzů u DSA režimu. S tím souvisí i nejvyšší radiační zátěž. Nejnižší radiační zátěž je stejně jako u klasického pacienta v low režimu.

Tabulka 8: srovnání napětí u klasického a obézního pacienta ve všech režimech

klasický pacient	**předvolba**	**U kV**	**obézní pacient**	**předvolba**	**U kV**
1	low	80	**1**	low	80
2	middle	80	**2**	middle	80
3	normal	70	**3**	normal	73
4	high	80	**4**	high	80
5	DSA	78	**5**	DSA	95

V této tabulce je srovnáváno použité elektrické napětí v jednotlivých režimech u klasického a obézního pacienta. Napětí rentgenky se většinou nemění nebo jsou odchylky minimální. Low, middle a high režimy mají nastavené stejné napětí u klasického i obézního pacient. Normal režimy mají nejmenší napětí u obou pacientů.

Tabulka 9: srovnání elektrického proudu u klasického a obézního pacienta ve všech režimech

klasický pacient	předvolba	I mA	obézní pacient	předvolba	I mA
1	low	23	**1**	low	126
2	middle	24	**2**	middle	132
3	normal	34	**3**	normal	200
4	high	19	**4**	high	100
5	DSA	400	**5**	DSA	320

Rozdíly mezi klasickým a obézním pacientem jsou evidentní u elektrického proudu, kdy u obézního pacienta jsou nastaveny hodnoty mnohem vyšší, výjimkou je DSA režim, kde je naopak hodnota elektrického proudu nižší.

Tabulka 10: srovnání šířky pulzů u klasického a obézního pacienta ve všech režimech

klasický pacient	**předvolba**	**ms**	**obézní pacient**	**předvolba**	**ms**
1	low	3,8	**1**	low	9,5
2	middle	3,9	**2**	middle	9,7
3	normal	4,5	**3**	normal	10,6
4	high	3,2	**4**	high	6,4
5	DSA	16,5	**5**	DSA	70,8

Rozdílná je i šířka pulzů, delší doba je uváděna vždy u obézního pacienta. U klasického pacienta je šířka většinou o více jak polovinu kratší než u obézního pacienta. U obou pacientů je nejkratší v režimu high, nejdelší v režimu DSA.

Tabulka 11: srovnání filtru u klasického a obézního pacienta ve všech režimech

klasický pacient	**předvolba**	**filtr**	**obézní pacient**	**předvolba**	**filtr**
1	low	4	**1**	low	4
2	middle	2	**2**	middle	2
3	normal	1	**3**	normal	1
4	high	3	**4**	high	3
5	DSA	3	**5**	DSA	3

Výběr filtru je dán typem režimu, není ovlivněn, zda jde o obézního či klasického pacienta.

Tabulka 12: srovnání kermového dávkového příkonu u klasického a obézního pacienta ve všech režimech

klasický pacient	předvolba	Ke˙ mGy/min	obézní pacient	předvolba	Ke˙ mGy/min
1	low	0,8	**1**	low	10,3
2	middle	1,4	**2**	middle	20,2
3	normal	4,6	**3**	normal	71,9
4	high	5,5	**4**	high	55,3
5	DSA	117,1	**5**	DSA	593

Z této tabulky je nepochybné, že hmotnost pacienta má velký vliv na vyšší radiační zátěž. Dávky u obézního pacienta jsou mnohonásobně vyšší. Oba typy pacientů jsou nejvíce radiačně zatíženi v režimu DSA, nejméně v režimu low.

6 DISKUZE

Cílem bakalářské práce bylo zjistit radiační zátěž u pacientů a personálu při jednotlivých intervenčních výkonech. U radiační zátěže pacientů jsem proměřovala rozdíl naměřených hodnot kermy ve vzduchu na povrchu těla u klasického pacienta a pacienta obézního. U radiační zátěže personálu jsem zjistila dávkový ekvivalent a vyhodnocovala, jaký vliv na velikost radiační zátěž má vzdálenost personálu od osy svazku.

U pacientů jsem změřila kermový dávkový příkon získaný v režimu low, middle, normal, high a DSA. Dále jsem porovnávala i hodnoty napětí, elektrického proudu, šířky pulzů, použitý druh filtru v daných režimech. K měření jsem využila fantomy, které simulovaly klasického a obézního pacienta.

Na základě měření jsem došla k závěru, že největší radiační zátěž pro klasického i obézního pacienta představuje režim DSA. Je to z důvodu jeho speciálního využití. Používá se pro velké rozlišení u malých cév, proto tvoří vysoce dávkové snímky. Oproti tomu nejmenší radiační zátěž pro oba typy pacientů byla zaznamenána v režimu low. Ve všech režimech jsou naměřené dávky značně vyšší u obézního pacienta. Jak pro obézního, tak pro klasického pacienta se používalo stejné napětí na rentgence, tudíž stejná energie rtg záření. Evidentní rozdíl v souvislosti s váhou pacienta byl shledán u použitého elektrického proudu. U obézního pacienta je nutné použít vyšší příkon. Enormní nárůst je pak v režimu DSA, a to u pacienta klasického i obézního. Při srovnávání šířky pulzů jsem zjistila, že opět u obézního pacienta je doba působení přibližně o polovinu delší než u pacienta klasického. Nejvýraznější je šířka pulzů u obézního pacienta v režimu DSA. Výběr filtrů je dán typem režimu, zda se jedná o obézního nebo klasického pacienta nehraje roli. Celkově lze shrnout, že obézní pacienti se musí ozařovat vyšší intenzitou, aby se dostavil stejný výsledek. Proto je u nich významně vyšší radiační zátěž.

Také ve druhé části výzkumu byl personál rozdělen na dvě skupiny. V první skupině se personál nacházel ve vzdálenosti 70 cm od osy svazku, ve druhé skupině byl vzdálen 110 cm od osy svazku. U obou skupin jsem zjišťovala dávkový ekvivalent u režimu fluoro a DA 30 f/s. Hodnoty byly měřeny ve výškách 10 cm (oblast kontíku), 50 cm (oblast kolene), 90 cm (oblast pánve), 120 cm (oblast hrudníku) a 160 cm (oblast hlavy) nad zemí. Pro personál stojící ve vzdálenosti 70 cm bylo navíc přidáno měření ve výšce 120 cm s ochranným

štítem. Pomocí tohoto štítu se radiační zátěž značně snížila a byla zde naměřená nejnižší radiační zátěž u obou režimů.

Ze zjištěných dávek u fluoro režimu, které obdržel personál stojící ve vzdálenosti 70 cm od osy svazku, byla nejvyšší dávka naměřena v 50 cm od země, nejnižší ve 160 cm, v režimu DA 30 f/s byla nejvyšší dávka v 10 cm a nejnižší ve 120 cm. Jednotlivé dávky se v režimu fluoro pohybují v rozmezí $258 \cdot 10^{-6} \cdot Sv \cdot hod^{-1} – 340 \cdot 10^{-6} \cdot Sv \cdot hod^{-1}$, v režimu DA 30 f/s v rozmezí $3 \cdot 10^{-3} \cdot Sv \cdot hod^{-1} – 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot Sv \cdot hod^{-1}$.

Pokud stojí personál ve vzdálenosti 110 cm od osy svazku, nejnižší naměřené hodnoty rozptýleného RTG záření byly zaznamenány ve výšce 160 cm v režimu flouro, v režimu DA 30 f/s ve výšce 50 cm. Nejvyšší dávky u režimu fluoro ve výšce 10 cm, u režimu DA 30 f/s ve výškách 10 a 160 cm. V režimu flouro jde o dávky v rozmezí $232 \cdot 10^{-6} \cdot Sv \cdot hod^{-1} – 258 \cdot 10^{-6} \cdot Sv \cdot hod^{-1}$, v režimu DA 30 f/s od $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot Sv \cdot hod^{-1}$ do $4,1 \cdot 10^{-3} \cdot Sv \cdot hod^{-1}$.

V režimu fluoro je nejvíce ohrožen personál stojící ve vzdálenosti 70 cm od osy svazku v bodě 50 cm nad zemí a nejméně personál vzdálený od osy svazku 110 cm ve výšce 160 cm nad zemí. Vzdálenost personálu od osy svazku ovlivňuje jejich radiační zátěž. Největší rozdíl radiační zátěže jsem zaznamenala u personálu v bodě 50 cm nad zemí, kde blíže stojící personál dostane o $129 \cdot 10^{-6} \cdot Sv \cdot hod^{-1}$ více než personál stojící ve 110 cm. Nejmenší rozdíl je v oblasti 160 cm nad zemí, kde je rozdíl pouze $26 \cdot 10^{-6} \cdot Sv \cdot hod^{-1}$. Dávky radiační zátěže se enormně sníží za použití ochranného štítu, jsou přibližně patnáctkrát nižší.

V režimu DA 30 f/s je nejvíce ohrožen personál nacházející se 70 cm od osy svazku v oblasti 10 cm nad zemí a nejméně je zasažen v oblasti 120 cm nad zemí také personál stojící ve vzdálenosti 70 cm. Překvapivě byly naměřeny výrazně vyšší hodnoty radiační zátěže v bodech 120 a 160 cm nad zemí u personálu vzdálenějšího k ose svazku (110 cm) oproti blíže stojícímu personálu k ose (70 cm).

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce je tvořena dvěma částmi – teoretickou a experimentální.

Teoretická část má za úkol objasnit pojem intervenční radiologie. Zabývala jsem se vaskulární i nevaskulární intervencí a popsala přípravu pacienta před výkonem a následnou péči o pacienta po výkonu. Zaměřila jsem se na vybavení pracoviště intervenční radiologie. Podrobněji jsem se zabývala jednou z indikací pro intervenční výkony, a to žilní trombózou dolních končetin. V teoretické části jsem také přiblížila úlohu radiologického asistenta, která je při intervenčních výkonech specifická. Jádrem bakalářské práce je pojem radiační zátěž, která se stala předmětem výzkumu v experimentální části. Na konec teoretické části jsem zařadila kapitolu o radiační ochraně přímo pro intervenční radiologii.

V experimentální části jsem si stanovila za cíl zjistit, jaká je radiační zátěž pacientů a personálu při intervenčních výkonech. Největší radiační zátěž pro klasického i obézního pacienta představuje režim DSA. Oproti tomu nejmenší radiační zátěž pro oba typy pacientů byla zaznamenána v režimu low. U pacientů jsem došla k závěru, že radiační zátěž závisí na hmotnosti pacienta a na použitém skiaskopickém režimu. Radiační zátěž personálu také závisí na použitém skiaskopickém módu, ale navíc i na vzdálenosti personálu od osy svazku. Vyšší radiační zátěž je u režimu DA 30 f/s a u personálu nacházejícího se blíže k ose svazku. Nejméně je personál ohrožen radiační zátěží v oblasti hlavy a hrudníku. Nejohroženější je v oblasti nohou, kde je nejvíce rozptylového záření z důvodu umístění rentgenky pod stolem. Tato oblast není chráněna ochrannými pomůckami. Výsledky této práce vedou k zamyšlení, zda jsou ochranné pomůcky personálu dostatečné a zda není potřeba je doplnit, např. o delší zástěru a stínění kotníků.

Tato práce naplnila cíl, který byl na začátku stanoven. Byla objasněna problematika intervenční radiologie, vyhodnocena data získaná při intervenčních výkonech a také se podařila zjistit závislost proměnných na výši radiační zátěži.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CT - computed tomography – výpočetní tomografie

aj. – a jiný

PTA - perkutánní transluminální angioplastika

např. – například

TIPS - transjugulární intrahepatální portosystémový shunt

CNS – centrální nervový systém

PTC - perkutánní transhepatální cholangiografie

PTD - perkutánní transhepatální drenáž žlučovodů

RFA - radiofrekvenční ablace

DSA - digitální subtrakční angiografie

tzv. - takzvaný

PRT - periradikuloterapie

atd. – a tak dále

APTT - aktivovaný parciální tromboplastinový čas

INR - international normalized ratio - mezinárodní normalizovaný poměr

EKG - elektrokardiogram

TK – krevní tlak

Sp02 – saturace krve kyslíkem

cca - circa

cm – centimetr – jednotka délky

AG - angiografie

NIS - národní informační středisko

PACS - picture archiving and communication systém - systém obrazové archivace a komunikace

°C - Celsiův stupeň – jednotka teploty

RTG - rentgen

CD - compact disc – kompaktní disk

HŽT – hluboká žilní trombóza

MR – magnetická rezonance

PE – plicní embolie

EMT – emergency medical technician -

DVD – digital versatile disc - digitální víceúčelový disk

IZ – ionizující záření

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

ALARA – As Low As Reasonably Achievable – princip optimalizace radiační ochrany

HT – hypertenze

mSv – milisievert – jednotka dávkového ekvivalentu, ekvivalentní a efektivní dávky

ods. – odstavec

ZIZ – zdroj ionizujícího záření

písm. – písmeno

Gy - gray – jednotka absorbované dávky záření v soustavě SI

Hp – osobní dávkový ekvivalent - veličina pro osobní monitorování

GM – Geigerův-Müllerův počítač

TL – termoluminiscenční

TLD – termoluminiscenční dozimetr

FD – filmový dozimetr

mm – milimetr – jednotka délky

ms – milisekunda – jednotka času

Pb – chemický prvek olovo

I – označení elektrického proudu

A – označení napětí

Cu – chemický prvek meď

Al – chemický prvek hliník

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BOUDNÝ, Jaroslav, VÁLEK, Vlastimil. 2000. *Moderní diagnostické metody. IV. díl, Instrumentárium k intervenčním výkonům.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-298-1.

CMP-manuál. www.cmp-manual.cz/740-DSA.html. *Cerebrovaskulární manuál.* [Online] [Citace: 1. Březen 2018.]

ČLS, Výbor České společnosti intervenční radiologie. 2017. www.csir.cz/koncepce-oboru-intervencni-radiologie. *Česká společnost intervenční radiologie ČLS JEP.* [Online] 18. Říjen 2017. [Citace: 10. Únor 2018.]

DÁVIDOVÁ, Alena. www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/seminare/7_CT_intervence_zpohledu_RA_Davidova.pdf. *CT intervence z pohledu radiologického asistenta.* [Online] [Citace: 31. Březen 2018.]

HUŠÁK, Václav. 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0.

KRAJINA, Antonín, PEREGRIN, Jan H. a kolektiv. 2005. *Intervenční radiologie : Miniinvazivní terapie.* Hradec Králové : Olga Čermáková, 2005. ISBN 80-86703-08-8.

MACHOVÁ, Vanda. 2015. www.wikiskripta.eu/w/Seldingerova_technika. *Wikiskripta.* [Online] 2. Březen 2015. [Citace: 8. Březen 2018.]

NEKULA, Josef, HEŘMAN, Miroslav, VOMÁČKA, Jaroslav. 2001. *Radiologie.* Olomouc : Univerzita Palackého, 2001. ISBN 80-244-0259-9.

PETROVÁ, Karla, DAVÍDKOVÁ, Jana. www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/seminare/NAZ_IR/NAZ_NOVRO_2017_petrova_IR.pdf. *Nový atomový zákon a prováděcí předpisy.* [Online] [Citace: 30. Březen 2018.]

PODZIMEK, František. 2013. *Radiologická fyzika.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.

PROCHÁZKA, Václav, ČÍŽEK, Vladimír. 2012. *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony.* Praha : Maxdorf s.r.o., 2012. ISBN 978-80-7345-284-1.

SEIDL, Zdeněk, BURGETOVÁ, Andrea, HOFFMANOVÁ, Eva. 2012. *Radiologie pro studium i praxi.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

SÚJB. 2002. www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/307_po_novele.pdf. *Vyhláška 307/2002 Sb.* . [Online] 13. Červen 2002. [Citace: 5. Duben 2018.]

—. www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422. *Zákony pro lidi.* [Online] [Citace: 2. Duben 2018.]

SÚKUPOVA, Lucie. 2015. www.sukupova.cz/kontinualni-a-pulzni-skiaskopie/. [Online] 28. Únor 2015. [Citace: 25. Březen 2018.]

SÚRO. 2012. www.suro.cz/cz/publikace/lekarske-ozareni/rtg_bulletin_2012.pdf. *Rentgen bulletin.* [Online] duben 2012. [Citace: 1. Duben 2018.]

—. 2018. www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/principy-radiacni-ochrany. *Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.* [Online] 2018. [Citace: 31. Březen 2018.]

SVOBODA, Emanuel a kolektiv. 1996. *Přehled středoškolské fyziky.* místo neznámé : Prometheus, 1996. ISBN 80-7196-116-7.

ŠTEFÁNEK, Jiří. 2011. www.stefajir.cz/?q=tromboza. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK.* [Online] 2011. [Citace: 10. Březen 2018.]

ULLMAN, Vojtěch. astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm#3. *Astro Nukl Fyzika* . [Online] [Citace: 2. Březen 2018.]

—. astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm#4. *AstroNuklFyzika.* [Online] [Citace: 19. Březen 2018.]

VOMÁČKA, Jaroslav a kolektiv. 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

WIKIPEDIE. 2018. cs.wikipedia.org/wiki/Dávkový_ekvivalent. *WIKIPEDIE : Otevřená encyklopedie.* [Online] 24. Leden 2018. [Citace: 1. Duben 2018.]

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Seldingerova metoda 11
Obrázek 2: Perkutánní transluminální angioplastika 12
Obrázek 3: Digitální substrakce 13
Obrázek 4: Reálná digitální substrakce 14
Obrázek 5: Angiografická vyšetřovna s C - ramenem, stolem a monitorem 22
Obrázek 6: Ovladovna - pracoviště radiologického asistenta 23
Obrázek 7: Distribuce osobních dávek u pracovníků ve zdravotnictví v roce 2010 26
Obrázek 8: Průměrná efektivní dávka v letech 2001 - 2010 pro jednotlivé skupiny ve zdravotnictví 27
Obrázek 9: Přehled počtu pracovníků, kolektivní efektivní dávky a průměrné efektivní dávky pro vybrané profesní skupiny ve zdravotnictví v roce 2010 27
Obrázek 10: Principy radiační ochrany 29
Obrázek 11: Filmový dozimetr 33
Obrázek 12: Konstrukce prstového TLD dozimetru 34
Obrázek 13: OSL dozimetr 34
Obrázek 14: Ionizační komora 40
Obrázek 15: C rameno, fantom a ionizační komora 40
Obrázek 16: Definice kermy 42
Obrázek 17: Půdorys pracoviště 44

11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: naměřené hodnoty rozptýleného RTG záření 45
Tabulka 2: naměřené hodnoty rozptýleného RTG záření 46
Tabulka 3: srovnání hodnot v bodu A a B v režimu fluoro.....47
Tabulka 4: srovnání hodnot v bodu A a B v režimu DA 30 f/s.....48
Tabulka 5: naměřené hodnoty rozptýleného RTG záření 49
Tabulka 6: naměřené hodnoty u klasického pacienta 50
Tabulka 7: naměřené hodnoty u obézního pacienta.....51
Tabulka 8: srovnání napětí u klasického a obézního pacienta ve všech režimech 52
Tabulka 9: srovnání elektrického proudu u klasického a obézního pacienta ve všech režimech 53
Tabulka 10: srovnání šířky pulzů u klasického a obézního pacienta ve všech režimech .54
Tabulka 11: srovnání filtru u klasického a obézního pacienta ve všech režimech.....55
Tabulka 12: srovnání kermového dávkového příkonu u klasického a obézního pacienta ve všech režimech 56